

Mika Oksanen

Moottorinvaihdon vaatimat jarrumuutokset

Opinnäytetyö
Auto- ja kuljetusalan koulutusohjelma

Joulukuu 2011



MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences		Opinnäytetyön päivämäärä 6.12.2011	
Tekijä(t) Mika Oksanen		Koulutusohjelma ja suuntautuminen Auto- ja kuljetustekniikan koulutusohjelma	
Nimeke Moottorinvaihdon vaatimat jarrumuutokset			
Tiivistelmä Opinnäytetyössäni oli tarkoitus rakentaa tehokkaammat jarrut Ford Fiesta -henkilöautoon, johon on vaihdettu suurempi moottori. Autoa olen rakennellut jo parin vuoden ajan ja tämä työ oli luonteva sekä opettava jatko projektille. Oli hienoa yhdistää vapaa-ajan harrastus opinnäytetyöhön. Suuremman moottorin tuoma huippunopeus ja sitä myöten auton suurempi liike-energia on kompensoitava suuremmilla jarruilla. Huomioon oli otettava auton käyttötarkoitus sekä käytettävien osien rakenteen kestävyys. Työssäni käytin pohjana muutostarkastuksessa käytettävän vertailuauton jarruja, mutta muutokset on tarkoitus tehdä hieman reilummiksi, jotta toimintavarmuus säilyy. Työn toteutus on tehty vertailemalla saman valmistajan eri mallien jarruosien sopivuutta kohdeautoon ja valitsemalla niistä hyvin paikoilleen sopivat ja mitoitukseltaan riittävät osat etu- ja takajarruihin. Työn lopputuloksena autoon saatiin rakennettua mitoitukseltaan ja kestävyydeltään uuden moottorin tuomalle huippunopeudelle riittävät jarrut. Mitoituksessa mentiin jopa hieman yli tavoitemittojen, mikä tuo lisää toimintavarmuutta ja turvallisuutta.			
Asiasanat (avainsanat) jarrut, muutostarkastus, moottorinvaihdos			
Sivumäärä 20	Kieli Suomi	URN	
Huomautus (huomautukset liitteistä)			
Ohjaavan opettajan nimi Kari Ehrnrooth		Opinnäytetyön toimeksiantaja Mikkelin ammattikorkeakoulu	

DESCRIPTION

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences		Date of the bachelor's thesis 6.12.2011	
Author(s) Mika Oksanen		Degree programme and option	
Name of the bachelor's thesis Cars braking improvements required by engine changes			
Abstract The purpose of my thesis was to measure and build improved brakes for Ford Fiesta –passenger car required by an engine change. Bigger engine results in increased top speed and kinetic energy and they must be compensated by bigger brake elements. In this thesis, I discuss brake legislation and what are the necessary improvements required by the bigger engine. In addition, I specify also different braking components and their function. The changes that were made were bigger than required. I compared different brake components made by Ford and chose the best parts to front and rear brakes for this purpose. As a result, I created sufficient brakes by them dimensioning and their durability to match the increased top speed and kinetic energy. In dimensioning I exceeded the minimum set in the requirements, which I considered important from the point of view of safety and performance.			
Subject headings, (keywords) brakes, vehicle inspection, engine change,			
Pages 20	Language Finnish	URN	
Remarks, notes on appendices			
Tutor Kari Ehrnrooth		Bachelor's thesis assigned by Mikkeli University of Applied Sciences	

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO.....	1
2 HENKILÖAUTON JARRUJEN VAATIMUKSET.....	2
2.1 Jarrujen perusvaatimukset.....	2
2.2 Jarruvaatimukset muutostarkastuksessa.....	2
2.3 Muut vaatimukset.....	3
3 SUUREMMAN MOOTTORIN MUUTOSTARKASTUS.....	4
4 JARRUJÄRJESTELMÄN KOMPONENTIT.....	5
4.1 Jarrupoljin.....	5
4.2 Alipainetehostin.....	6
4.3 Jarrupääsylinteri ja nestesäiliö.....	7
4.4 Jarrupiirijako.....	7
4.5 Levyjarru.....	8
4.6 Rumpujarru.....	9
4.7 Seisontajarru.....	10
4.8 Jarrupaineensäädin.....	11
5 MUUTOSTYÖN SUUNNITTELU.....	11
5.1 Kohde- ja vertailuauto.....	11
5.2 Tavoitemitat.....	11
5.3 Jarrusuunnittelu.....	12
6 VARSINAINEN MUUTOSTYÖ.....	13
6.1 Sopivien osien hankkiminen.....	13
6.2 Toimenpiteet ennen paikoilleen asennusta.....	13
6.3 Osien asennus.....	15
7 TULOKSET JA NIIDEN ARVIOINTI.....	16
7.1 Täyttyivätkö tavoitemitat.....	16
7.2 Osien kestävyysarviointi.....	17
8 POHDINTA.....	18
LÄHTEET.....	21

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä on tarkoituksena selvittää henkilöauton moottorinvaihdon vaatimia jarrumuutoksia ja muuttaa tehokkaammat jarrut kohdeautoon. Lisäksi perehdytään hieman muutoskatsastuksen lainsäädäntöön ja rakentelun yleisiin sääntöihin.

Kohdeautoon olen jo aiemmin vaihtanut isomman moottorin ja tämä opinnäytetyö oli luonteva ja opettava jatko rakentamiselle. Työ lisäsi tietouttani jarrujärjestelmistä ja niiden suunnittelusta ja rakenteista.

Työssä käydään ensin läpi yleistä lainsäädäntöä, sekä ohjeita koskien suuremman moottorin vaihtoa ja siirrytään hiljalleen suunnitteluun. Suunnittelu ja töiden toteutus käydään läpi ennen loppuarviointia sekä pohdintaa.

Opinnäytetyön tavoitteena on olla selkeä, jotta siitä hyötyisi mahdollisimman moni. Lisäksi pyrin tiettyyn käytännönläheisyyteen.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään ainoastaan henkilöauton alipainetehostettuja, kaksipiirisiä nestejarrujärjestelmiä jättäen välistä ABS -järjestelmät.

2 HENKILÖAUTON JARRUJEN VAATIMUKSET

2.1 Jarrujen perusvaatimukset

StVZO, EU-ohjeen 71/320 EEC ja ECE-säännön 13 mukaan auton jarruilla tulee saada M1 -luokan ajoneuvo pysähtymään 80 km/h vauhdista 50,7 metrin matkalla, maksimissaan 500N:n poljinvoimalla. Keskimääräisen hidastuvuuden tulee olla vähintään 5,8m/s².

2.2 Jarruvaatimukset muutokatsastuksessa

779/1998 Liikenneministeriön päätöksen auton rakenteen muuttamisesta, §13 mukaan auton jarrut voidaan muuttaa seuraavin edellytyksin:

- ”a) jarrut ovat alkuperäisiä tehokkaammat ja peräisin autosta tai tarkoitettu autoon, jonka akselimassa tai valmistajan sallima akselimassa ja moottoriteho vastaavat vähintään muutettavaa autoa;
- b) jarrusatula tai -kilpi on kiinnitetty ruuviliitoksella suoraan tai asianmukaista soviteosaa käyttäen olka-akseliin tai vastaavaan taikka taka-akselistoon; omavalmisteisten soviteosien lujuudesta on tarvittaessa esitettävä luotettava selvitys;
- c) jarrupääsylinteri on toiminnalliselta mitoitukseltaan jarrujärjestelmään sopiva; tarvittaessa on käytettävä tehostusta;
- d) jarrupolkimen ja jarrupääsylinterin kiinnitykset ovat asianmukaiset;
- e) jarruvoiman jakaantuminen ei muutoksen seurauksena muutu alkuperäistä huonommaksi, mikä tulee tarkastaa katsastuksessa; jarruvoiman oikean jakautumisen aikaansaamiseksi jarrujärjestelmästä saa poistaa tai siihen saa asentaa

akselistokohtaisesti jarruihin vaikuttavan säätöventtiilin; asennettu säätöventtiili ei saa olla ajon aikana säädettävissä;

f) jarrujen lukkiutumisenestojärjestelmää ei poisteta eikä levyjarruja vaihdeta auton mallisarjaan kuulumattomiksi rumpujarruiksi; ja

g) jarrut, joiden on edellytetty auton käyttöönottoajankohtana olevan E-säännön, direktiivin tai FMVSS-standardin mukaiset, tulee muutoksen jälkeen osoittaa sanotut vaatimukset täyttäviksi.

Muutoksastuksessa saadaan hyväksyä myös yksipiirisen jarrujärjestelmän muuttaminen kaksipiiriseksi vaihtamalla alkuperäinen jarrupääsylinteri asennusmitoiltaan ja toimintaan vaikuttavalta mitoitukseltaan vastaavaksi kaksipiirijärjestelmän jarrupääsylinteriksi. Jarrupiirit on tällöin jaettava samalla tavalla kuin autoon asennettavaa pääsylinteriä vastaavassa järjestelmässä. Tarvittaessa on tehtävä uuden jarrupääsylinterin vanhaan jarrujärjestelmään edellyttämät muutkin muutokset.” (Finlex 779/1998.)

2.3 Muut vaatimukset

Autoon tehdyt muutokset eivät saa heikentää liikenneturvallisuutta eivätkä oleellisesti lisätä ohjauslaitteisiin, akselistoihin, jarruihin, voimansiirtoon tai kantaviin rakenteisiin ajon aikana kohdistuvia rasituksia. Lisäksi auton mallisarjalle asetetut suurimmat akselimassat, eikä suurin sallittu kokonaismassa saa muutoksen seurauksena ylittyä. Tarvittaessa auton massan lisäystä voidaan kompensoida auton rakenteita keventämällä, varusteita siirtämällä sekä henkilö- tai tavarankuljetuskapasiteettia pienentämällä.

Lisäksi autoa muutoksastettaessa auton jarrujen tulee vastata mitoiltaan muutoksastuksessa käytettävää vertailuautoa, saman mallisarjan tehokkainta autoa. (Finlex 779/1998 §2.)

Lisäksi jarruja koskevat seuraavat määräykset:

- Samalla akselilla sallitaan käyttöjarrulle kitkavaihtelujen takia 30 % heitto
- Etupyörien jarruvoimien tulee olla samalla poljinvoimalla mitattaessa takapyörien arvoja suuremmat
- Jarrut eivät saa antaa häiritsevää ääntä jarrutettaessa
- Käyttöjarrun toiminnan saman akselin jarruissa tulee alkaa ja päättyä samanaikaisesti
- Jarrut pitää säätää niin, että jarrut ovat kuormittamattomat, kun käyttöalue on lepoasennossa. Käyttölaitteissa ei saa olla liikaa välystä, eikä niitä saa korjata hitsaamalla
- Jarruputkien ja letkujen tulee olla pitimissään, eikä niissä saa olla hankaumia ja syöpymiä. Letkut eivät saa joustaa jarrutettaessa, eikä niissä saa olla murtumia
- Jarruputkissa ei saa olla korjattuja kohtia, vaan vialliset putket korvataan varaosaputkilla tai virallisesti hyväksytyllä jarruputkimateriaalilla

3 SUUREMMAN MOOTTORIN MUUTOSKATSASTUS

Moottorin vaihto suurempaan ja tehokkaampaan voidaan sallia Finlex 779/1998 §5:n mukaan seuraavin edellytyksin:

- Auton jarrut, voimansiirto ja muut liikenneturvallisuuteen vaikuttavat rakenteet vastaavat vertailumoottorilla varustettua autoa. Myös mahdollinen vakiovarusteena oleva lukkiutumaton jarrujärjestelmä, ns. ABS –järjestelmä.
- Autoon vaihdettavan vertailumoottoreita painavamman moottorin massa on korkeintaan 20 % suurempi kuin painavimman vertailumoottorin massa.
- Autoon vaihdettavan moottorin teho on korkeintaan 20 % suurempi kuin tehokkaimman vertailumoottorin teho.

- Autoon vaihdettavan moottorin iskutilavuus on korkeintaan 25 % suurempi kuin iskutilavuudeltaan suurimman vertailumoottorin iskutilavuus.
- Moottorin vaihdon mahdollisesti edellyttämien uusien tai muutettujen kiinnikkeiden tulee olla asianmukaiset; tarvittaessa kiinnikkeiden lujuudesta on esitettävä luotettava selvitys.
- Mikäli autoon vaihdettavaan moottoriin on tehty alkuperäistä tehoa ilmeisesti lisääviä muutoksia, on muutetun moottorin tehosta tarvittaessa esitettävä luotettava selvitys.
- Jos autoon vaihdettavan moottorin käyntinopeusalue ja vääntömomentti poikkeavat huomattavasti vertailumoottorin vastaavista arvoista, on myös voimansiirto muutettava vastaavasti.

4 JARRUJÄRJESTELMÄN KOMPONENTIT

4.1 Jarrupoljin

Jarrupolkimen välityksellä saadaan ihmisen fyysinen voima välitettyä eteenpäin henkilöauton jarrujärjestelmään. Lainsäädäntö on rajoittanut maksimipoljinvoimaksi 500N. Tämä tarkoittaa, että noin 50 kilon painoinen henkilö saisi seistä koko painollaan polkimen päällä, ja jos auto pysähtyisi vaaditun matkan sisällä, olisi auton jarrut riittävät.

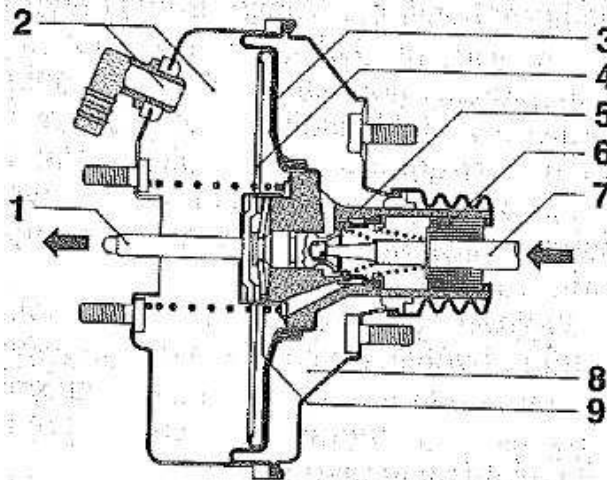
Jarrupolkimen poljintuntuma on tärkeä osa polkimen toimintaa, liian herkkä ja ylitehostettu poljin tekee jarruttamisesta töksähtelevää ja riskinä on pyörien tahaton lukkiutuminen. Liian heikolla poljintuntumalla, tai vajaalla tehostuksella taas jarrutusta saa ennakoida, jotta pysähdyminen on mahdollista ajoissa.

4.2 Alipainetehostin

Jarruvoimaa saadaan tehostettua alipainetoimisella jarrutehostimella. Alipainetehostin on halvan ja yksinkertaisen rakenteensa ansiosta suosituin vaihtoehto. Tehostimen tarvitsema alipaine otetaan ottomoohteilla varustetussa autossa moottorin imusarjasta, dieselkäyttöisessä autossa on tätä varten erillinen alipainepumppu. Kuvassa 1 on selitetty alipainetehostimen eri osat. Jarrupolkimesta tuleva tanko on kiinni jarrutehostimen kalvossa, jonka molemmilla puolilla on normaalitilantessa samansuuruinen alipaine. Poljinta painamalla kalvon toiselle puolelle johdetaan ilmanpaine ja syntyvä paine-ero saa aikaan tehostavan vaikutuksen. (Bosch 2003, 720.)

Alipainetehostin

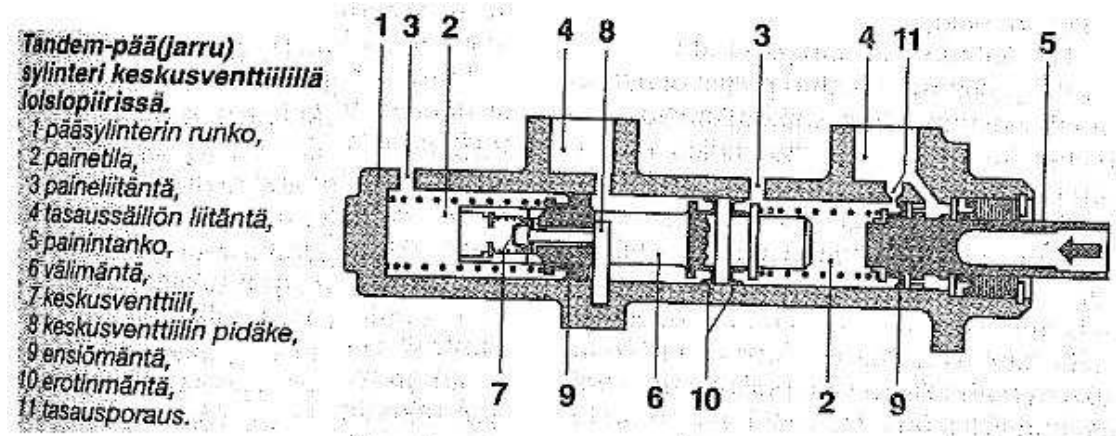
1 painintanko, 2 alipainekammio alipainelii-
tännällä, 3 kalvo, 4 työmäntä, 5 kaksoisvent-
tiili, 6 ilmansuodin, 7 männänvarsi, 8 ulko-
ilmanpaineinen työkammio, 9 vastareaktio-
elementti.



KUVA 1. Alipainetehostin (Bosch 2003, 719)

4.3 Jarrupääsylinteri ja nestesäiliö

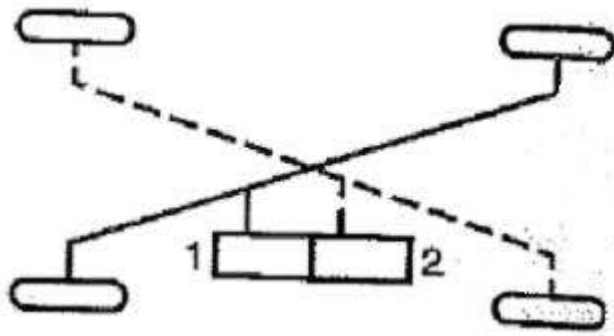
Jarrupääsylinteri muuttaa tehostimelta tulevan mekaanisen voiman hydrauliseksi paineeksi samalla jakaen sen kahteen eri piiriin. Jarrupääsylinterin yhteyteen kuuluu myös jarrunestesäiliö, viralliselta nimeltään tasaussäiliö (kuva 2).



KUVA 2. Jarrupääsylinterin läpileikkaus (Bosch 2003, 719)

4.4 Jarrupiirijako

Edellä mainittu jarrupiirijako on kehitetty lisäämään jarrujen turvallisuutta. Jarrupiirijako mahdollistaa auton jarrujen toiminnan, vaikka jossain osaa järjestelmää olisi isokin vuoto. Jarrujärjestelmä on jaettu kahteen osaan, ja yleisin jako onkin niin sanottu K-jako (kuva 3) , jossa toinen piiri jarruttaa esim. vasenta etupyörää ja oikeaa takapyörää ja toinen piiri oikeaa etupyörää ja vasenta takapyörää. Tällä ratkaisulla saadaan pienennettyä jarrujen ohjaavaa vaikutusta verrattuna siihen, että jarrutettaisiin pelkästään toisen puolen pyöriä. (Bosch 2003, 718.)

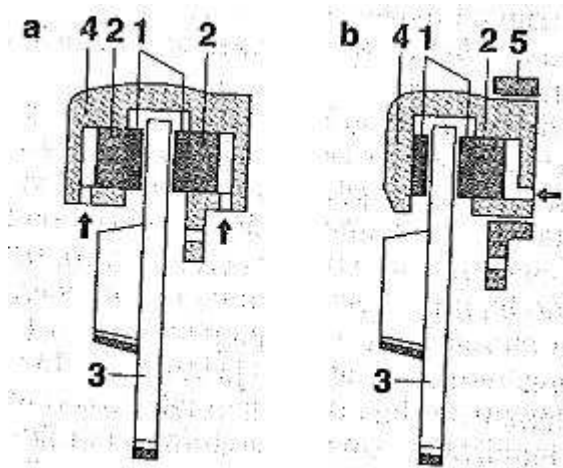


KUVA 3. Jarrujärjestelmän K-tyyppinen piirijako (Bosch 2003, 718)

4.5 Levyjarru

Levyjarrut ovat etujarruina nykyisin joka autossa edessä, ja taaksekin ne ovat yleistyneet viime vuosina huomasti. Levyjarrujärjestelmä koostuu jarrusatulasta ja siihen kiinnitetystä jarrumännästä, jarrupaloista ja jarrylevystä, joka kulkee satulan sisässä, jarrupalojen välissä. Jarrupääsylinteriltä jarruputkea ja letkua pitkin tuleva hydraulinen paine saa männän (tai männät) painamaan jarrupaloja niiden välissä pyörivää levyä vasten. Levyjarrujärjestelmiä on kahdenlaisia, joista yleisempi on niin sanottu uiiva satula –tyyppinen järjestelmä. Siinä on vain yksi jarrumäntä ja satulan liikkuvalla rakenteella saadaan molemmat palat jarruttamaan levyä (kuva 4).

Toinen käytetty systeemi on ns. kiinteän satulan järjestelmä. Siinä satula ei pääse liikkumaan, ja kummallakin jarrupalalla on ainakin yksi oma mäntänsä. (Bosch 2002 s.721) Useamman männän ratkaisua käytetään usein kilpa-autoissa. Laskennallisesti katsottuna uiiva yhden männän satula on yhtä tehokas kuin kiinteä kahden männän satula.



a) kiinteä satula b) uiiva satula

1.Jarrupinnat(palat) 2.Männät 3.Jarrulevy 4.Runkokappale 5.Kannatin

KUVA 4. Jarrusatularakenteet (Bosch 2003, 721)

4.6 Rumpujarru

Rumpujarrut ovat vanha keksintö, joita levyjarrujärjestelmät eivät ole onnistuneet syrjäyttämään, koska varsinkin takajarrukäytössä rumpujarrut ovat pitkäikäiset, huoltovapaat ja kestävät. Rumpujarrurakennetta voidaan käyttää myös seisontajarrukäyttöön levyjarrujen rinnalla. Tässä rakenteessa jarrulevyn keskiössä on pieni jarrurumpu, jota vasten seisontajarrukengät jarruttavat.

Rumpujarrujärjestelmä koostuu jarrurummusta, jarrukengistä, jarrusylinteristä ja palautusjousista. Lisäksi rakenteeseen voi kuulua seisontajarruvaijerilla toimiva jarrukenkien levitin. Henkilöautokäytössä on kahdenlaisia rakenteita; Simplex ja Duplex. Nimensä mukaisesti simplex-rakenne on yksinkertaisempi, yhden sylinterin rakenne, kun taas duplexissa on kaksi sylinteriä. Jarrusylinteri(t) sijaitsee jarrukenkien välissä, jolloin yhdellä sylinterillä voidaan käyttää kahta jarrukenkää.

4.7 Seisontajarru

Seisontajarru on pakollinen auton varuste ja sillä sadaan auto pysymään paikoillaan esim. pysäköitynä mäessä. Seisontajarrun tulee olla toiminnaltaan mekaaninen ja hyvin yleinen käytössä oleva ratkaisu onkin vaijereilla toimiva seisontajarru. Seisontajarrua käytetään pääosin käsikahvalla, joka sijaitsee usein auton etuistuinten välissä, mutta joissain autoissa seisontajarrua käytetään pienellä polkimella (mm. tietyt Mercedes Benz –mallit), joka sijaitsee kytkinpolkimen vasemmalla puolella. Tällaisen järjestelmän vapautusvipu sijaitsee useimmiten auton kojelaudassa ohjauspyörän vasemmalla puolella.

Seisontajarru vaikuttaa yleensä auton taka-akselille, poikkeuksena ainakin tietyt Saab-mallit. Käsijarru on jonkin verran helpompi toteuttaa rumpujarrujen, kuin levyjarrujen yhteyteen, koska jarrusatulaan tarvitaan seisontajarrun kanssa nesteoiminnan rinnalle myös mekaaninen toiminta. Rumpujarruun tarvitaan ainoastaan mekaaninen jarrukenkien levitin, jota ohjataan seisontajarrun käyttövivulla. Joissain automalleissa onkin seisontajarrulle tehty pieni jarrurumpu jarrulevyn keskelle ja siellä toimivat erilliset seisontajarrukengät.

Nykyään mekaanisten seisontajarrujen rinnalle on tullut sähköinen seisontajarru. Joissain malleissa sähkömoottori kiristää jarruvaijereita, ja joissain kalliimmissa malleissa tietokoneohjattu moottori liikuttaa jarrusylintereitä.

Seisontajarrun tehon tulee olla sellainen, että auto pysyy paikoillaan ylä- tai alamäessä, jonka kaltevuus on 18% ja tien ja renkaan välinen kitkakerroin on 0,6. Tämä vaatimus edellyttää seisontajarrulta kokonaisvoimaa joka on 16 % auton kokonaispainovoimasta tai 20 % auton oman massan painovoimasta. Lisäksi auton

4.8 Jarrupaineensäädin

Jarrutettaessa tehokkaasti ja suurella poljinvoimalla on vaarana, että takapyörät menevät lukkoon ennen etupyöriä, jolloin auton hallinta vaikeutuu huomattavasti. Saman ilmiön huomaa, kun etuvetoisella autolla ajettaessa käyttää käsijarrua auto pyrkii pyörähtämään ympäri. Tätä estämään on kehitetty jarrupaineensäädin, jolla rajoitetaan taka-akselille menevää jarrupainetta. Jarrupaineensäädin voi olla ns. kuormantunteva, jolloin auton jousituksesta on mekaaninen yhteys säätimeen jolloin lisääntynyt kuorma muuttaa taka-akselille menevää painetta. Jarrupaineensäädin ei saa olla säädettävissä ajon aikana. (Finlex 779/1998.)

5 MUUTOSTYÖN SUUNNITTELU

5.1 Kohde- ja vertailuauto

Kohdeautona tässä työssä käytetään vuosimallin 1983 Ford Fiesta –henkilöautoa, johon on vaihdettu 90 hevosvoimainen moottori vm. -86 Ford Escortista. Tämä muutos vaatii siis parantamaan auton jarruja vertailuautoa vastaavaksi. Työssä käytetään vertailuautona Mk1 Fiestan mallisarjan tehokkainta mallia, XR2:ta, jossa on 84 hevosvoimainen moottori.

5.2 Tavoitemitat

XR2–mallissa on tietenkin suuremmat jarrut, ja tässä työssä pyritään pääsemään ainakin niihin mittoihin, jopa hieman yli, jotta jarrujen mitoitus olisi varmasti riittävä. Suurimmat erot löytyvät etujarruista: satulat ovat suuremmat, samoin levyt. XR2–mallissa etujarrulevyt ovat myös jäähdytetyt (Haynes 1988, Luku 9, 1). Takajarruihin riittää näiden mittojen perusteella pelkät suuremmat jarrusylinterit. Seuraavalla sivulla kuvassa 5 on vertailu, josta näemme jarrujen kokoerot. Punaisella merkityt ovat pakollisia vähimmäismittoja.

Fiesta 1.1

- Pääsylinteri $\varnothing$ 19 mm
- Jarrulevy $\varnothing$ 221 mm, jäähdyttämätön
- Jarrumäntä $\varnothing$ 48 mm
- Jarrurumpu $\varnothing$ 178 mm
- Takajarrusylinteri $\varnothing$ 17,5 mm

Fiesta xr2

- Pääsylinteri $\varnothing$ 19 mm
- Jarrulevy $\varnothing$ 239 mm, jäähdytetty
- Jarrumäntä $\varnothing$ 54 mm
- Jarrurumpu $\varnothing$ 178 mm
- Takajarrusylinteri $\varnothing$ 19 mm

KUVA 5. Mittojen vertailu kohde- ja vertailuauton välillä

Tavoitemittoina ovat siis jäähdytetyn etujarrulevyn halkaisija 239 mm, etujarrumännän halkaisija 54 mm ja takajarrusylinterin halkaisija 19 mm. Jarrurumpu saa pysyä samankokoisena enkä halua vaihtaa taakse levyjarruja, koska silloin jarruista saattaisi tulla liian takapainotteiset.

5.3 Jarrusuunnittelu

Suunnittelun pohjana käytetään siis vertailuautoa, ja vertailuauton jarrujen mitat ovat ne, joihin tässä työssä pyrin. Kovin tarkkaan toteutukseen ei ole mahdollisuuksia, koska osia on olemassa vain tiettyjä kokoja, joten jarruosien valinta perustuukin kahteen kriteeriin: osien sopivuuteen ja osien koon ja lujuuden riittävyyteen. Eli valitsen osiksi sellaiset, jotka ovat sovitettavissa tähän autoon ja jotka ovat mitoitukseltaan riittävät. Jarrujen rakentamisessa ei ole haitaksi, mikäli osat hieman ylilimitoittaa, sillä ne lisäävät turvallisuutta mm. paremman lämmönkestävyyden kautta.

Koska tämä niin sanottu ensimmäisen korimallin Fiesta on yksi pienimmistä Fordin malleista, muiden mallien jarruosat ovat varmasti suurempia ja mitoitukseltaan riittäviä. Yksi keino varmistua osien riittävyydestä onkin katsoa auton huippunopeutta ja kokonaismassaa, koska jarrut on mitoitettu pysäyttämään niiden muodostama liike-energia.

6 VARSINAINEN MUUTOSTYÖ

6.1 Sopivien osien hankkiminen

Muutos olisi tietysti ollut helpoin toteuttaa ostamalla valmiit Fiesta XR2:n jarrut, jotka sopisivat suoraan paikoilleen ilman mitään ongelmia. Mutta niiden huonon saatavuuden takia sopivat osat joudutaan haalimaan ja sovittamaan muista autoista. Etsiminen aloitettiin suuremmista Fordin malleista, koska minulta löytyi omasta takaa paljon eri jarruosia mm. Escortista ja Mondeosta. Suunnittelu alkoi ottamalla mittoja eri komponenteista ja kokeilemalla niiden sopivuutta Fiestaan.

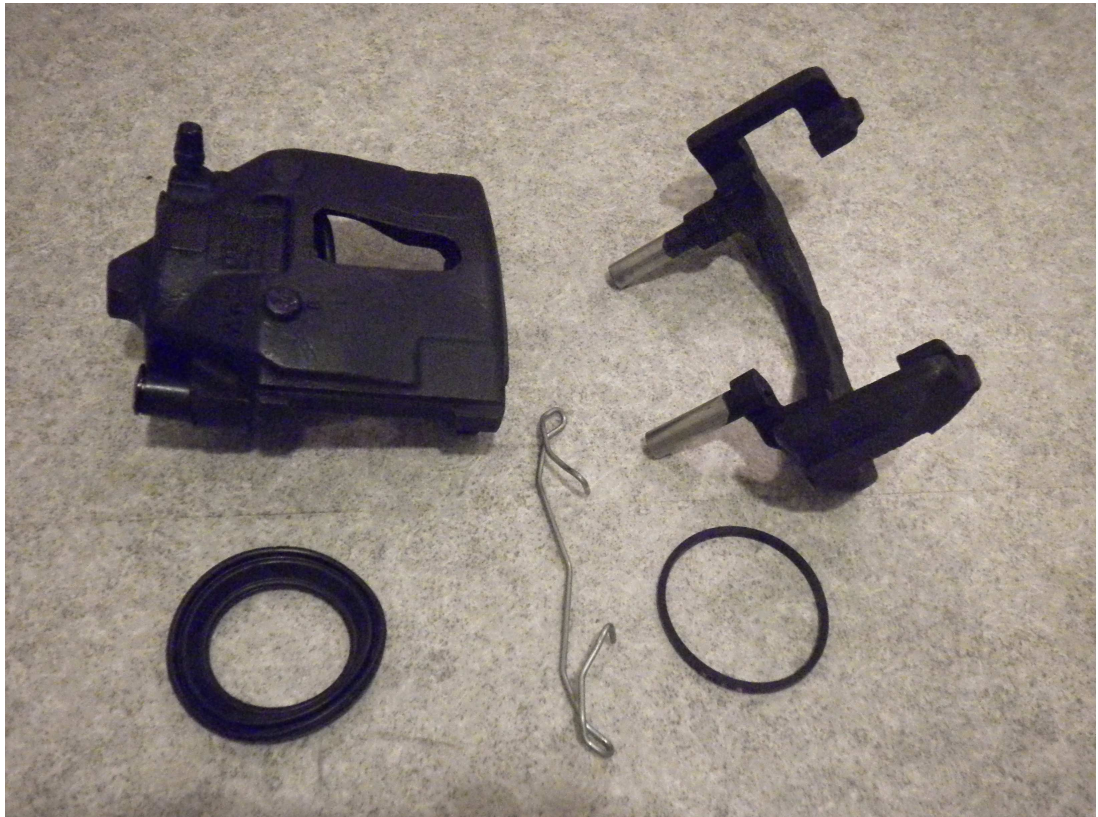
Kaikenlaisia eri yhdistelmiä kokeiltuani huomasin, etteivät ainakaan -86 Escortin osat käy millään paikoilleen. Jarrulevy mahtui, mutta tällöin satulan kiinnitysrauta otti kiinni olkakappaleeseen. Ainoastaan jarrusatulan kiinnitysraudan pulttien reiät täsmäsivät. Näiden reikien etäisyys oli kaikissa kokeilemissani Fordin osissa 90mm.

Sopiva jarrusatula-kiinnitysrauta -yhdistelmä löytyi purkaamolta Ford Scorpiosta. Scorpion satula mahdollistaa vaadittua 239 mm suuremman jarrulevyn käytön, levyn maksimihalkaisijan noustessa 246 millimetriin. Tämä satula täyttää myös jarrumännän 54mm kokovaatimuksen mennessä jopa 6mm yli. Sopivat jarrupalat löytyivät Sierran etujarruista, ja takajarrujen ainoa muutostarve, isommat jarrusylinterit, hoidettiin hankkimalla Sierran 20,64 mm jarrusylinterit. Oikeiden osien löytymisessä auttoi paljon myös erään autotarvikeliikkeen internetsivut, jossa eri varaosien mitat ja sopivuudet eri autoihin oli näkyvillä. Osat myös hankittiin ns. tarvikeliikkeistä, jolloin mahdollinen osien sopimattomuus ei olisi tuonut suurta taloudellista tappiota.

6.2 Toimenpiteet ennen paikoilleen asennusta

Sopivien osien löytyttyä oli aika tehdä tarvittavat siistimiset ja muutostyöt ennen paikoilleenasennusta. Koska jarrusatulat ja kannatinraudat olivat peräisin romuttamolta eivätkä enää aivan parhaassa kunnossa, ne hiekkapuhallettiin, maalattiin sekä kasattiin uudelleen uusilla tiivisteillä (kuva 6). Jarrulevyjä pienennettiin

sorvaamalla levyjen halkaisijasta pois 14 mm (kuva 7). Tällä toimenpiteellä saatiin asennettua autoon suurin mahdollinen jarrulevy, 246 mm



KUVA 6. Hiekkapuhalletut osat ja uudet tiivistet



KUVA 7. Jarrulevyn sorvaus

6.3 Osien asennus

Osien paikoilleenasennus aloitettiin olkakappaleen kevyellä puhdistuksella ja tarkistamalla, että kaikki on kunnossa uusia osia varten. Ensin paikoilleen meni jarrulevy, joka asennusvaiheessa kiinnitettiin paikoilleen parilla pyöränpultilla. Tämän jälkeen uudet jarrupalat laitettiin paikoilleen siistittyihin jarrusatuloihin. Valmis satulapaketti kiinnitettiin paikoilleen olkakappaleeseen, ja tässä vaiheessa todettiin jarrulevyn sopivan hyvin pakettiin, eivätkä jarrupalatkaan hanganneet mihinkään väärään paikkaan. Takajarrujen osalta muutos oli helpompi. Jarrurummun poistamisen jälkeen irroitettiin vanha jarrusylinteri ja asennettiin uusi paikoilleen. Tämä toimenpide vaati ainoastaan pientä viilailua, että uusi osa mahtui paikoilleen. Luonnollisesti taakse asennetaan koeajon jälkeen myös uudet jarrukengät. Kuvassa 8 näkyy vielä kuva valmiista etujarrupaketista.



Kuva 8. Valmiit etujarrut

Edellä mainittujen muutosten lisäksi autoon tehtiin muitakin jarruominaisuuksia parantavia muutoksia. Autoon vaihdettiin isompi jarrutehostaja ja pääsylinteri samasta autosta, josta suurempi moottorikin on peräisin. Tämän uskon tuovan paremman poljintuntuman, koska samalla poljinvoimalla saadaan nyt jarruista enemmän tehoa. Tämä lisää mukavuutta arkiajoון, koska alkuperäiset jarrut olivat melko tehottoman oloiset ja tuntuma oli niissä aika huono.

7 TULOKSET JA NIIDEN ARVIOINTI

7.1 Täyttyivätkö tavoitemitat

Tulosten arviointi aloitetaan katsomalla, päästiinkö vaihdetuilla osilla työn alkupuolella esitettyihin tavoitemittoihin. Jarrulevyille asetettu vaatimus jäähdytetystä levystä täyttyi, samoin sille asetettu halkaisijaminimi 239 mm. Halkaisija ylittyikin peräti 7 millimetriä. Jarrusatulan ja männän vaatimukset täyttyivät myöskin, männän halkaisija kasvoi 6mm yli vaaditun ollen nyt 60 mm. Takajarruihin asetettu 19 mm sylinterin kokovaatimus ylittyi myös (kuva 9).

Mitä vaadittiin

- Pääsylinteri $\varnothing$ 19 mm
- Jarrulevy $\varnothing$ 239 mm, jäähdytetty
- Jarrumäntä $\varnothing$ 54 mm
- Jarrurumpu $\varnothing$ 178 mm
- Takajarrusylinteri $\varnothing$ 19 mm

Mihin päädyttiin

- Pääsylinteri $\varnothing$ 22.2 mm
- Jarrulevy $\varnothing$ 246 mm, jäähdytetty
- Jarrumäntä $\varnothing$ 60 mm
- Jarrurumpu $\varnothing$ 178 mm
- Takajarrusylinteri $\varnothing$ 20.64 mm

Kuva 9. Lopulliset mitat

Osien tavoitemitat täyttyivät siis helposti ja menivät jonkin verran yli vaadituista. Tämä on varmasti hyvä ominaisuus ajatellen auton jarrujen lämmönkestoa, yleistä suorituskykyä sekä toimintavarmuutta. Lisäksi autoon vaihdetut suuremmat pääsylinteri ja alipainetehostin ovat mitoitukseltaan linjassa autoon vaihdettujen osien kanssa ja tulevat toimimaan mutkattomasti yhteen.

7.2 Osien kestävyysarviointi

Laki sanoo vaihdettavista osista seuraavaa: ”jarrut ovat alkuperäisiä tehokkaammat ja peräisin autosta tai tarkoitettu autoon, jonka akselimassa tai valmistajan sallimat akselimassa ja moottoriteho vastaavat vähintään muutettavaa autoa” (Finlex 779/1998).

Tässä työssä käytetyt osathan olivat peräisin paljon Fiestaa suuremmista Fordin malleista, joten edellä mainitut osat riittävät varmasti mitoituksensa puolesta. Esimerkiksi Ford Mondeon, josta tähän työhön otettiin jarrulevyt, kokonaispaino on n. 1300 kg tietämällä ja huippunopeus n.180 km/h. Myöskin Ford Scorpion kokonaispaino on yli 1300 kilon ja huippunopeus samaa luokkaa Mondeon kanssa, joten Fiestan arvot n.1000 kilon kokonaismassasta ja huippunopeudesta n. 160-170 km/h jäävät selkeästi alle edellämainittujen mallien.

Auton jarrujen riittävyyttä voidaan myös arvioida pysäytettävän liike-energian ja jarrupinta-alojen suhtella, niin sanotulla w/A -arvolla. Tässä työssä auton paino ei lisääntynyt, mutta moottorin tuoma huippunopeuden kasvu tuo lisää liike-energiaa, joka pitää kompensoida jarrujen suurentamisella. Tehdyillä toimenpiteillä saimme etujarrujen kitkapinta-alaa kasvatettua hieman yli 30 %. Jarrupalojen pinta-alat on helppo laskea, kun jäljentää ensin halutun jarrupalan ruutupaperille ja laskee palan peittämien ruutujen pinta-alat yhteen.

Lisäksi auton jarrulevyn vaihtaminen suurempaan tuo varmasti lisää tehoa, mutta kasvanutta halkaisijaa enemmän jarrujen paremmuuteen vaikuttaa jarrulevyn jäähdytys. Jarruttaminenhan on liike-energian muuttamista lämmöksi ja jäähdytetty levy haihduttaa lämmön paremmin pois. Jarrulevyyn tehty pieni sorvaus ei varmasti vaikuta levyn kestävyYTEEN eikä mitenkään muutenkaan haitallisesti auton jarrujen toimintaan sillä eri jarruosat ovat reilusti ylimitoitettuja.

Tietenkin sataprosenttinen toimintavarmuus saavutettaisiin hankkimalla suoraan tähän tarkoitukseen tehdyt jarruosat. Kuitenkin auton ollessa näin vanha ja suhteellisen pieni sekä kun otetaan huomioon jarrujen mitoituksessa yli menneet komponentit, on saatu aikaan varmasti riittävät ja turvalliset jarrut, jotka kestävä hieman vauhdikkaampaakin ajoa. Alkuperäisosien käyttäminen toisi muitakin etuja jatkoa ajatellen. Esimerkiksi jatkossa pitää olla tarkkana hankittaessa jarruosia, koska niitä on niin monesta eri autosta.

8 POHDINTA

Tätä opinnäytetyötä tehdessäni tulin käyneeksi läpi kaiken mitä olin opiskelujeni aikana jarruista oppinut ja kirjannut ylös. Apunani oli vanhoja tuntiharjoituksia jarrujen suunnittelusta, lukuisia power point-esityksiä sekä eri opintojaksoilta mukaan tarttuneet muistiinpanot. Näitä eri tietoja yhdistellen lähteisiini sain aikaan tämän opinnäytetyön.

Toivoisin, että tästä työstä olisi hyötyä jollekin oman autonsa parissa työskentelevälle tekijälle ja että tästä saisi edes hieman ohjeita ja vihjeitä jarrujen rakenteluun sekä suunnitteluun. Työ saattaa myös rohkaista jotain henkilöä toteuttamaan visioitaan autojen rakentelussa.

Tätä työtä voisi laajentaa tutkimalla muita moottorin vaihtamisen vaatimia muutoksia autoon. Esimerkiksi muutokset voimansiirtoon, alustaan tai vaikkapa moottorinkannakkeiden lujuuksiin. Voimansiirron muutoksien tutkimiseen voisi vertailla vaikkapa eri mallien vetoakseleiden mitoituksia ja mahdollisesti tutkia niiden kestävyyttä. Alustamuutoksista tähänkin työhön olisi voinut kirjoittaa yhden erillisen opinnäytetyön. Vaihtoon ovat menneet iskunvaimentimet ja jouset, alustan puslat sekä autoon on lisätty takakallistuksenvakaaja. Nämä ovat olleet jarrujen vaihdon ohella pakollisia muutoksia, mitä suurempi moottori on vaatinut. Jatkoa tähän työhön saisi myös auton käyttämisestä oikeassa muutoskatsastuksessa ja tutkimalla mihin kaikkeen katsastuksessa kiinnitettiin huomiota ja mitä mieltä katsastuskonttorilla oltiin mieltä muutoksien toteutuksista.

Toinen kokonaan erillinen opinnäytetyön aihe, mikä tuli mieleen tätä työtä tehdessäni olisi ollut ajotilapiirroksat autosta ennen ja jälkeen muutostöiden. Olisi ollut mielenkiintoista nähdä, miten koko auton kulku ja toiminta muuttuu moottorin ja vaihdelaatikon vaihtamisen seurauksena. Lisäksi edellä mainittu työ olisi antanut mahdollisuuden suunnitella todella tarkat vaihteiston välitykset kohdeautoon.

Työ rakentui lopulliseen muotoonsa jo alkuvaiheessa. Halusin kertoa henkilöauton jarrujärjestelmien perusvaatimuksista ja muutoskatsastuksen lainsäädännöstä ennen, kuin alan itse muuttamaan mitään. Lisäksi jarrujärjestelmän komponentit oli hyvä kerrata heti työn alkupuolella. Työn suunnittelusta ja toteutuksesta kirjoitin siinä järjestyksessä, missä toteutuskin tapahtui. Ensimmäinen suunniteltiin ja sitten tehtiin.

Jos tekisin tämän työn uudelleen, ottaisin siihen hieman enemmän laskennallisen ja ehkä tietyllä tapaa insinöörimäisemmän otteen. Nyt suunnittelu oli suurelta osin sopivien osien hakemista ja sovittelua tähdäten tavoitemittoihin. Lisäksi auton olisi voinut käyttää jarrumittauksessa ennen työn aloittamista ja työn valmistuttua. Sitä ei vain tällä kertaa pystynyt toteuttamaan auton ollessa pois ajosta. Jarrutehon lisäksi olisi voinut arvioida alipainetehostimen vaihdon aiheuttamaa muuttunutta poljintuntumaa sekä jarrutehon jakautumista etu- ja taka-akselin välillä.

Kaiken kaikkiaan tästä opinnäytetyöstä tuli sellainen, kuin etukäteen odotin. Tiesin, ettei X2-mallin jarruja oikein löydy suomesta, eikä niitä ulkomailtakaan tahdo helpolla löytää, joten jarrut oli tehtävä joistain muista osista. Työssä oli suurta apua Haynesin korjausoppaasta, josta tähän työhön löytyi mm. vertailumitat. Lisäksi kyseinen opas on ollut hyvänä apuna koko projektin tähänastisissa vaiheissa.

LÄHTEET

Bosch 2003. Autoteknillinen taskukirja. 6. Painos. Jyväskylä: Gummerus Oy 2003
ISBN: 951-9155-17-1

Haynes J.H 1988 Ford Fiesta 1976-83 Service and repair manual (Haynes Service and
Repair manuals) ISBN: 1859602347

Tieliikennelaki 779/1998. WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi>. Ei päivitystietoa.
Luettu 15.11.2011

