

**Sähköisesti ohjatuilla
paineilmajarrujärjestelmillä varustettujen
kuorma-autojen ja perävaunujen
katsastusvaatimusten määrittäminen**

Pekka Rahkola

Hannu Leppälä

ISBN 952-5324-02-8
ISSN 1456-4181

OY EDITA AB
Helsinki Helsingfors 2005

ALKUSANAT

Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulu/CENTRIA tutkimus ja kehitys on tehnyt Ajoneuvohallintokeskuksen (AKE) toimeksiannosta raskaiden kuorma-autojen ja perävaunujen jarrujärjestelmiin ja jarrutestauslaitteistoihin liittyviä tutkimushankkeita vuodesta 1999 alkaen.

Työn ohjauksesta on vastannut jarrutyöryhmä, jonka jäseninä ovat dosentti, tekn. tri Mauri Haataja, Oulun seudun ammattikorkeakoulu, kehitysinsinööri, fil.maist., ins. Hannu Leppälä, CENTRIA tutkimus ja kehitys, laboratorionjohtaja, ins. Aimo Pusa, Raute-MIKES, sekä työnjohtaja, teknikko Paavo Ratinen, Raskone Oy. Ajoneuvohallintokeskuksesta jarrutyöryhmään ovat osallistuneet tarkastusinsinööri Ahti Kalliomäki, tutkimusjohtaja Ove Knekt (pj) ja yksikönpäällikkö Hannu Pellikka.

Tässä tutkimusraportissa verrataan sähköisesti ohjattujen jarrujärjestelmien jarrudynamometri-mittausten ja sovitustarkastelujen antamien hidastuvuusennusteiden ja jarruvoimanjakaumien vastaavuutta tiemittauksista saatuihin hidastuvuusennusteisiin ja jarruvoimajakaumiin. Hankkeen tavoitteena on mittausten perusteella saada tietoa jarrumääräysten kehittämiseksi ja ajoneuvoyhdistelmien sähköisesti ohjattujen jarrujärjestelmien katsastusvaatimuksien täydentämiselle.

Jarrujärjestelmien tiehidastuvuusmittaukset ovat suorittaneet tekniikan ylioppilas Pekka Rahkola Oulun yliopistosta ja insinööriopiskelija Matti Moilanen Oulun seudun ammattikorkeakoulusta. Mittaustietojen käsittelyn ovat suorittaneet Matti Moilanen, Pekka Rahkola ja Hannu Leppälä. Raportoinnin ovat suorittaneet Pekka Rahkola ja Hannu Leppälä.

Helsingissä, maaliskuun 23. päivänä 2005

Ove Knekt

FÖRORD

Mellersta Österbottens yrkeshögskola/CENTRIA forskning och utveckling har på uppdrag av Fordonsförvaltningscentralen sedan år 1999 genomfört forskningsuppdrag gällande bromssystemen och bromskontrollutrustningen för tunga lastbilar och släpvagnar.

Arbetet har styrts av en bromsarbetsgrupp till vilken har hört docent, tekn.dr Mauri Haataja, Oulun seudun ammattikorkeakoulu (Uleåborgsnejdens yrkeshögskola), utvecklingsingenjör, fil.mag., ing. Hannu Leppälä, CENTRIA forskning och utveckling, laboratoriedirektör, ing. Aimo Pusa, RauteMIKES samt arbetsledare, tekniker Paavo Ratinen, Raskonc Oy. Från Fordonsförvaltningscentralen har i arbetsgruppen medverkat granskningsingenjör Ahti Kalliomäki, forskningsdirektör Ove Knekt (ordf.) och enhetschef Hannu Pellikka.

I denna forskningsrapport jämförs överensstämmelsen för rullbromsprovets och anpassningskontrollens retardationsprognoser och bromskraftsfördelning för elektroniskt styrda bromssystem med retardationsprognoser och bromskraftsfördelningar, som erhållits vid mätningar på väg. Projektets syfte är att med hjälp av mätningarna få information för att utveckla bestämmelserna om bromssystemen och komplettera besiktningskraven för fordonskombinationer med elektroniskt styrda bromssystem.

Bromssystemens retardationsmätningar på väg har utförts av tekn. stud. Pekka Rahkola från Uleåborgs universitet och ing.stud. Matti Moilanen från Oulun seudun ammattikorkeakoulu (Uleåborgsnejdens yrkeshögskola). Det insamlade datat har behandlats av Matti Moilanen, Pekka Rahkola och Hannu Leppälä. Rapporten har skrivits av Pekka Rahkola och Hannu Leppälä.

Helsingfors, den 23 mars 2005

Ove Knekt

TIIVISTELMÄ

Raskaiden ajoneuvojen paineilmajarrujärjestelmien sähköinen ohjaus nopeuttaa jarrujen toimintaa, pyrkii akseleiden yhtäaikaiseen jarrutuksen alkamiseen sekä optimoi jarrujen kulumista ja jarruvoimanjakoa vetoauton ja perävaunun välillä. Jarruvoimanjako määritetään ajoneuvon kuormituksen ja pyörien luiston perusteella. Sähköisesti ohjatun paineilmajarrujärjestelmän toimintakunnon toteamisessa esiin tulevana ongelmana on se, että jarrujen suorituskykyä ja akseleiden välistä sähköisesti ohjattua jarruvoimanjakoa ei välttämättä saada selville ajoneuvojen jarrusovitustarkastelulla. Suoritettujen mittausten tarkoituksena on verrata sähköisesti ohjattujen jarrujärjestelmien jarrudynamometrimittausten ja sovitustarkastelujen antamien hidastuvuusennusteiden ja jarruvoimanjakaumien vastaavuutta tiemittauksista saatuihin hidastuvuusennusteisiin ja jarruvoimajakaumiin. Hankkeen tavoitteena on mittausten perusteella saada tietoa jarrumääräysten kehittämiseksi ja ajoneuvoyhdistelmien sähköisesti ohjattujen jarrujärjestelmien katsastusvaatimusten täydentämiselle.

Johtopäätökset perustuvat tiehidastuvuus- ja jarrudynamometrimittausten antamien jarrupaineiden jakaumien ja jarrutussuhdekuvaajien eli hidastuvuusennusteiden vertaamiseen. Johtopäätöksinä todetaan seuraavat yhdistelmävariaatiot.

a) Sähköisesti ohjatut paineilmajarrujärjestelmät sekä vetoautossa että perävaunussa

Vetoauton ALB-testin antama jarrupaineiden jakauma ei vastaa todellista tieolosuhteissa saatavaa jarrupaineiden jakaumaa. Perävaunun ALB-testin antama jarrupaineiden jakauma vastaa todellista tieolosuhteissa saatavaa jarrupaineiden jakaumaa, jos perävaunun jarruvoimanjako perustuu kuormituksen mittaamiseen. Ajoneuvoyhdistelmän jarrudynamometrimittauksella määritetty jarrutussuhdekuvaaja ei vastaa tiehidastuvuusmittauksien perusteella määritettyä jarrutussuhdekuvaajaa. Tiehidastuvuus- ja jarrudynamometrimittausten vastaavuus ei ole riittävä.

b) Sähköisesti ohjattu paineilmajarrujärjestelmä vetoautossa ja kuormantuntevalla jarru-voimansäätimellä varustettu lukkiutumaton paineilmajarrujärjestelmä perävaunussa

Vetoauton ALB-testin antama jarrupaineiden jakauma ei vastaa todellista tieolosuhteissa saatavaa jarrupaineiden jakaumaa. Perävaunun ALB-testin antama jarrupaineiden jakauma vastaa todellista tieolosuhteissa saatavaa jarrupaineiden jakaumaa. Ajoneuvoyhdistelmän jarrudynamometri-mittauksella määritetty jarrutussuhdekuvaaja ei vastaa tiehidastuvuusmittauksien perusteella määritettyä jarrutussuhdekuvaajaa. Tiehidastuvuus- ja jarrudynamometrimittausten vastaavuus ei ole riittävä.

c) Kuormantuntevalla jarruvoimansäätimellä varustettu lukkiutumaton paineilmajarrujärjestelmä vetoautossa ja sähköisesti ohjattu paineilmajarrujärjestelmä perävaunussa

Sekä vetoauton että perävaunun ALB-testin antama jarrupaineiden jakauma vastaa todellista tieolosuhteissa saatavaa jarrupaineiden jakaumaa, jos myös perävaunun jarruvoimanjako perustuu kuormituksen mittaamiseen. Ajoneuvoyhdistelmän jarrudynamometrimittauksella määritetty jarrutussuhdekuvaaja vastaa tiehidastuvuusmittauksien perusteella määritettyä jarrutussuhdekuvaajaa. Tiehidastuvuus- ja jarrudynamometrimittausten vastaavuus on riittävä.

Jos perävaunun jarruvoimanjako määritetään luistoeron perusteella, niin ajoneuvoyhdistelmän jarrudynamometrimittauksella määritetty jarrutussuhdekuvaaja ei vastaa tiehidastuvuusmittauksien perusteella määritettyä jarrutussuhdekuvaajaa. Tiehidastuvuus- ja jarrudynamometrimittausten vastaavuus ei ole riittävä.

SAMMANFATTNING

Elektroniskt styrda tryckluftsbromsar på tunga fordon gör att bromsarna reagerar snabbare, strävar till att få bromsningen att börja samtidigt på samtliga axlar samt optimerar bromsslitaget och bromskraftens fördelning mellan dragbilen och släpvagnen. Fördelningen av bromskraften bestäms av fordonets last och hjulens glid. Då funktionsdugligheten för ett elektroniskt styrt tryckluftsbromssystem bestäms uppstår problemet att hjulens bromseffekt och det elektroniskt styrda kraftfördelningen mellan axlarna inte nödvändigtvis framgår vid fordonens bromsanpassningskontroll. Syftet med de genomförda mätningarna är att jämföra rullbromsproven för de elektroniskt styrda bromssystemens och anpassningskontrollens retardationsprognoser och bromskraftsfördelningar med de retardationsprognoser och bromsfördelningar, som erhållits vid mätningarna på väg. Projektets syfte är att utgående från mätningarnas data utveckla bromsbestämmelserna och komplettera besiktningskraven för fordonskombinationers elektroniskt styrda bromssystem.

Slutsatserna baseras på en jämförelse av bromstryckets fördelning vid vägretdations- och rullbromsprov-mätningarna samt en jämförelse av retardationsprognoserna. Följande slutsatser för olika typer av kombinationer konstateras:

a) Dragbil och släpvagn har vardera elektroniskt styrda tryckluftsbromsar

Den bromstrycksfördelning som fås vid dragbilens ALB-test motsvarar inte bromstrycket som fås vid reella vägförhållanden. Den bromstrycksfördelning som fås vid släpvagnens ALB-test motsvarar den bromstrycksfördelning som fås vid reella vägförhållanden, ifall släpvagnens bromskraftsfördelning grundar sig på mätning av belastningen. Fordonskombinationens gränslinje för bromsförhållandet, som bestämts vid rullbromsprovet motsvarar inte de gränslinjer för bromsförhållandet, som erhållits vid vägretdationsmätningarna. Överensstämmelsen mellan vägretdations- och rullbromsproven är inte tillräcklig.

b) Dragbil med elektroniskt styrt tryckluftsbromssystem samt släpvagn med låsningsfritt tryckluftsbromssystem som har lastkännande bromskraftsreglage

Bromstryckets fördelning vid ALB-testet motsvarar inte den bromstrycksfördelning, som erhålls vid test på väg. Bromstryckets fördelning vid släpvagnens ALB-test motsvarar den bromstrycksfördelning, som erhålls vid test på väg. Gränslinjen för bromsförhållandet, som bestäms vid rullbromsprovet på fordonskombinationen motsvarar inte den gränslinje för bromsförhållandet, som erhålls vid retardationsmätningarna på väg. Överensstämmelsen mellan retardationsmätningarna på väg och rullbromsproven är inte tillräcklig.

c) Dragbil med låsningsfritt tryckluftsbromssystem och lastkännande bromskraftsreglage samt släpvagn med elektroniskt styrt tryckluftsbromssystem

Bromstrycksfördelningen för både dragbilens och släpvagnens ALB-test motsvarar de bromstrycksfördelningar som fås vid reella vägförhållanden, i det fall att även släpvagnens bromskraftsfördelning baseras på mätningen av lasten. Gränslinjen för bromsförhållandet, som bestäms vid fordonskombinationens rullbromsprov motsvarar den gränslinje för bromsförhållandet, som uppmäts vid retardationen på väg. Överensstämmelsen mellan retardationsmätningarna på väg och rullbromsproven är tillräcklig.

Om släpvagnens bromskraftsfördelning bestäms utgående från glidskillnaden motsvarar fordonskombinationens gränslinje för bromsförhållandet, som bestämts vid rullbromsprovet inte den gränslinje för bromsförhållandet, som bestämts vid retardationsproven på väg. Överensstämmelsen mellan retardationsmätningarna på väg och rullbromsproven är inte tillräcklig.

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT	3
FÖRORD	5
TIIVISTELMÄ	7
SAMMANFATTNING	9
SISÄLLYSLUETTELO	11
1 JOHDANTO	13
2 PAINEILMAJARRUJÄRJESTELMIEN RAKENNE JA TOIMINTA	14
2.1 Raskaan kuorma-auton ja varsinaisen perävaunun paineilmajarrujärjestelmät	14
2.2 Lukkiutumaton jarrujärjestelmä	16
2.3 Raskaan ajoneuvoyhdistelmän jarrujen tarkastus katsastuksessa	17
2.4 Vetoauton sähköisesti ohjattu paineilmajarrujärjestelmä	18
2.5 Perävaunun sähköisesti ohjattu paineilmajarrujärjestelmä	20
2.6 Vetoauton ja perävaunun yhteensopivuus sähköisesti ohjatussa jarrujärjestelmässä	21
2.7 Sähköisesti ohjatun paineilmajarrujärjestelmän tarkastus katsastuksessa	22
3. TIEHIDASTUVUUS- JA JARRUDYNAMOMETRIMITTAUKSET	23
3.1 Tavoite	23
3.2 Testattujen ajoneuvojen tekniset tiedot	23
4. AJONEUVOILLA SUORITETUT MITTAUKSET	28
4.1 Mittaus- ja tiedonkeruujärjestelmä	28
4.2 Tiehidastuvuusmittaukset	29
4.3 Jarrudynamometrimittaukset	29
5. MITTAUSTIETOJEN KÄSITTELY	30
6. TULOKSET	31
6.1 Mercedes-Benz ja Kome KPV, kuormaamaton	31
6.2 Mercedes-Benz ja Kome KPV, kuormattu	33
6.3 Iveco Stralis (teli ylhäällä) ja Kome KPV, kuormaamaton	36
6.4 Iveco Stralis ja Kome KPV, kuormattu	39
6.5 Iveco Stralis (teli ylhäällä), kuormaamaton	42
6.6 Iveco Stralis, kuormattu	44
6.7 Scania R470, Tyllis dolly ja Krone PPV, kuormattu	45
6.8 Scania R470, kuormattu	48
6.9 MAN TGA (teli ylhäällä) ja Kome KPV, kuormaamaton	49
6.10 MAN TGA ja Kome KPV, kuormattu	52
6.10 MAN TGA, kuormattu	55
6.11 Volvo FH16 (telit ylhäällä) ja Kome KPV, kuormaamaton	56
6.12 Volvo FH16 ja Kome KPV, kuormattu	59

7. HAVAINNOT	63
7.1 Huomioita mitattavana olleista ajoneuvoista	63
7.2 Sähköisesti ohjatun jarrujärjestelmän toimivuus mittausten perusteella	63
7.3 Jarrudynamometrimittaus sähköisesti ohjatulla jarrujärjestelmällä varustetulle ajoneuvolle	64
8. JOHTOPÄÄTÖKSET	65
8.1 Sähköisesti ohjatut paineilmajarrujärjestelmät sekä vetoautossa että perävaunussa	65
8.2 Sähköisesti ohjattu paineilmajarrujärjestelmä vetoautossa ja kuormantuntevalla jarruvoimansäätimellä varustettu lukkiutumaton paineilmajarrujärjestelmä perävaunussa	65
8.3 Kuormantuntevalla jarruvoimansäätimellä varustettu lukkiutumaton paineilmajarrujärjestelmä vetoautossa ja sähköisesti ohjattu paineilmajarrujärjestelmä perävaunussa	65
LÄHTEET	66

1 JOHDANTO

Lähes kaikilla kuorma-auton valmistajilla on ollut tarjolla sähköisesti ohjatulla paineilmajarrujärjestelmällä varustettuja ajoneuvoja jo useita vuosia. Raskaiden ajoneuvojen paineilmajarrujärjestelmien sähköinen ohjaus nopeuttaa jarrujen toimintaa, pyrkii akseleiden yhtäaikaiseen jarrutuksen alkamiseen sekä optimoi jarrujen kulumista ja jarruvoimanjakoa vetoauton ja perävaunun välillä. Jarruvoimanjako määritetään ajoneuvon kuormituksen ja pyörien luiston perusteella.

Sähköisesti ohjatun paineilmajarrujärjestelmän toimintakunnon toteamisessa esiin tulevana ongelmana on se, että jarrujen suorituskykyä ja akseleiden välistä sähköisesti ohjattua jarruvoimanjakoa ei välttämättä saada selville edellä kuvatulla raskaiden ajoneuvojen jarrusovitustarkastelulla. Suoritetun mittauksen tarkoituksena on verrata sähköisesti ohjattujen jarrujärjestelmien jarrudynamometrimittauksen ja sovitustarkastelujen antamien hidastuvuusennusteiden ja jarruvoimanjakaumien vastaavuutta tiemittauksista saatuihin hidastuvuusennusteisiin ja jarruvoimajakaumiin. Hankkeen tavoitteena on mittauksen perusteella saada tietoa jarrumääräysten kehittämiseksi ja ajoneuvoyhdistelmien sähköisesti ohjattujen jarrujärjestelmien katsastusvaatimusten täydentämiselle.

Mitatut ajoneuvot ja niiden jarrujärjestelmän tyyppi on alla olevassa taulukossa.

<i>Ajoneuvo</i>	<i>Jarrujärjestelmä</i>
<i>Mercedes-Benz 3354 6x4</i>	<i>Wabco EBS</i>
<i>Iveco Stralis 6x2</i>	<i>Wabco EBS</i>
<i>Scania R470 6x2</i>	<i>Knorr EBS</i>
<i>MAN TGA 6x2</i>	<i>Knorr EBS</i>
<i>Volvo FH16 VTA 8x2</i>	<i>Knorr, paineilmajarrujärjestelmä, ALB, ABS</i>
<i>Kome KPV-3</i>	<i>Wabco EBS</i>
<i>Tyllis dolly</i>	<i>Wabco, paineilmajarrujärjestelmä, ALB, ABS</i>
<i>Krone PPV</i>	<i>Wabco, paineilmajarrujärjestelmä, ALB, ABS</i>

Ajoneuvoihin kytkettiin mittausjärjestelmä, joka tallensi jarrutuksen aikana ajoneuvon hidastuvuuden, jarrujärjestelmän ohjauspaineen sekä akselikohtaiset jarrupaineet. Tiehidastuvuusmittauksissa jarrutuksia suoritettiin ohjauspaineilla 1bar, 2bar ja 3bar. Jarrutukset suoritettiin eri ohjauspaineilla sekä kuormaamattomana että kuormattuna kahdesta kolmeen kertaan. Mitatuista arvoista määritettiin jarrupaineiden jakauma sekä pienimmän neliösumman menetelmällä ajoneuvoyhdistelmän jarrutussuhdekuvaaja. Jarrudynamometrillä suoritettiin ALB-testi sekä jarruvoimien mittausta näiden perusteella laskettiin ajoneuvoyhdistelmien jarrusovitus.

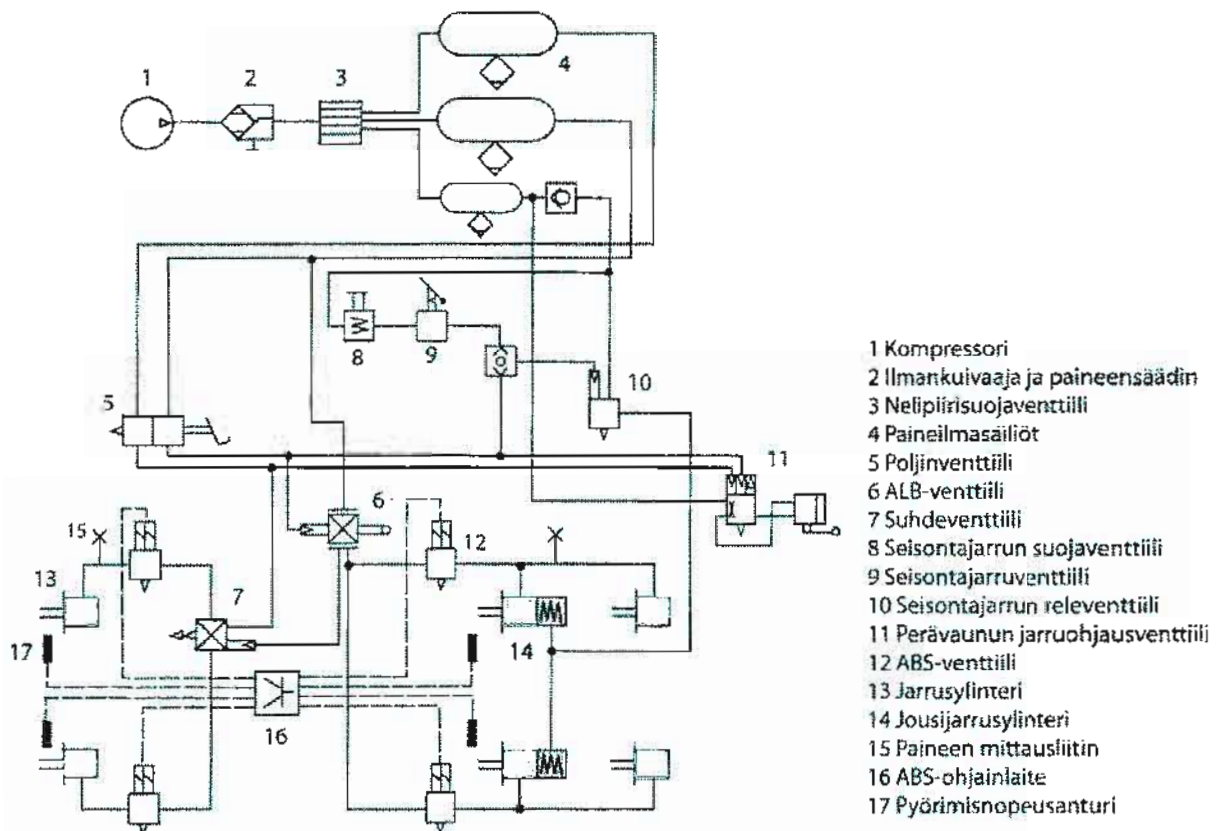
Jarrudynamometrimittaukset on suoritettu Ylivieskassa Vieskan katsastus Oy:n Maha IW4/1E-jarrudynamometrillä, jossa on Dymatic-laskentaohjelmisto. Kyseinen jarrudynamometrilaitteisto on testattu elokuussa 2004 mittausteknisellä perävaunulla ja sen ennustearvon on todettu täyttävän hyväksymiskriteerit. Tarkastuksessa poikkeama vertailumittauksesta oli 3,3 %.

2. PAINEILMAJARRUJÄRJESTELMIEN RAKENNE JA TOIMINTA

Seuraavassa esitetään lyhyesti raskaan kuorma-auton ja perävaunun paineilmajarrujärjestelmän rakenne ja toiminta sekä järjestelmän tarkastus katsastuksessa. Lisäksi kerrotaan sähköisesti ohjattujen paineilmajarrujärjestelmien rakenne ja toiminta sekä näiden järjestelmien ominaisuuksien vaikutuksia katsastusvaatimuksiin.

2.1 Raskaan kuorma-auton ja varsinaisen perävaunun paineilmajarrujärjestelmät

Kuvassa 1 on esitetty kuorma-auton (6x2) kaksipiirinen paineilmajarrujärjestelmä. Seuraavassa esitetään järjestelmän pääosat ja niiden toiminta.

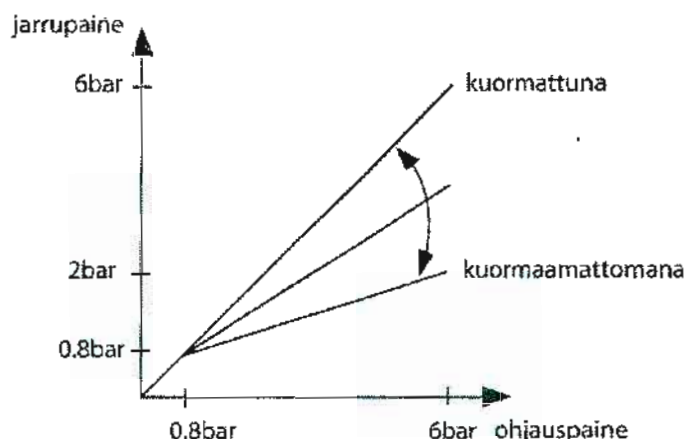


Kuva 1. Kuorma-auton (6x2) kuormantuntevalla jarruvoimansäätimellä varustettu lukkiutumaton paineilmajarrujärjestelmä (ALB ja ABS). /1/

Jarrujärjestelmän energiantuottojärjestelmän muodostavat paineilman tuottava kompressori (1) ja käyttöpaineen (noin 8bar) säättävä paineensäädin. Paineilman vedenpoistosta huolehtii ilmankuivaaja (2). Nelipiirisuojaventtiilin (3) tehtävänä on paineilmanjaon priorisointi. Ensimmäisenä täytetään etu- ja takajarrupiirit, seuraavaksi käsijarrupiiri ja viimeisenä lisälaittepiiri (ilmajousitus). Tämän lisäksi nelipiirisuojaventtiilin tehtävänä on yhden piirin rikkoutuessa estää muiden piirien tyhjeneminen. Paineilma varastoidaan säiliöihin, joita on piiristä riippuen erilainen määrä. Säiliössä on vedenpoistovenyttiili. Jarrujen käyttölaite on jarrupoljin ja siihen liittyvä kaksipiirinen poljinventtiili (5), joka asettaa etu- ja takapiirien ohjauspaineen. Perävaunun jarruohjausventtiili (11) saa ohjauksensa sekä etu- että takajarrupiireiltä.

Jarruvoiman säätölaitteena käytetään kuormituksen tuntevaa jarruvoimansäädintä (ALB) (6). ALB-säätimen tehtävänä on mm. muuttaa jarruvoimanjako pienillä ajoneuvon kuormituksilla ja siten estää pyörien enneaikainen lukkiutuminen. ALB-säädin vähentää poljinventtiililtä tulevaa ohjauspainetta ajoneuvon kuormituksesta riippuen (kuva 2). Säätimen ohjaussuure saadaan lehtijousitteissa ajoneuvoissa vivuston välityksellä jousien painumasta ja ilmajousittisissa autoissa jousipalkeen paineesta.

ALB-säädin on pakollinen kuorma-auton taka-akselilla ja perävaunun akseleilla, jos kuormattujen ja kuormaamattomien kokonaismassojen suhde ylittää viisi kolmasosaa lukuun ottamatta lukkiutumattomalla jarrujärjestelmällä varustettuja ajoneuvoja. /3/



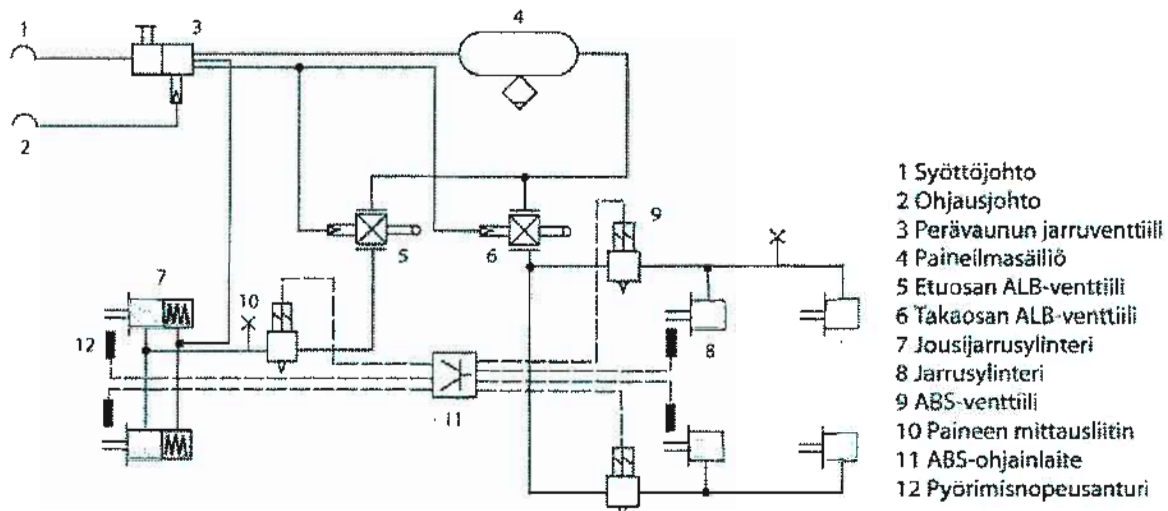
Kuva 2. ALB-venttiilin paineen riippuvuus ohjauspaineesta sekä ajoneuvon kuormituksesta.

Vetoautossa ALB-säädin asennetaan takajarrupiiriin. Kuvan 1 järjestelmässä etupiiriin asennettu suhdeventtiili (7) saa ohjauksen takajarrupiiriin ALB-säätimeltä, jolloin myös etujarrupiiriin jarrupainetta pienennetään kuormituksen keventyessä. Joissakin ajoneuvoissa etujarrupiiriin on asennettu taittoventtiili, joka ei saa ohjausta takajarrupiiriin ALB-säätimeltä. Taittoventtiilillä rajoitetaan etuakselin jarrupainetta pienillä ohjauspaineilla.

Seisontajarru vaikuttaa akseleihin, joilla on jousijarrusylinterit (14). Käsijarruventtiilillä (9) ohjataan seisontajarrun releventtiiliä (10), joka vapauttaa paineen jousijarrusylintereistä aiheuttaen jarrun kytketymisen. Seisontajarrupiirissä on lisäksi suojaventtiili (8), joka estää tyhjän järjestelmän täyttyessä seisontajarrun tahattoman vapautumisen. Seisontajarru toimii myös järjestelmän varajarruna.

Jarrutettaessa poljinventtiili päästää halutun ohjauspaineen sekä etu- että takajarrupiireihin. Tämä ohjauspaine ohjaa releventtiiliä, jonka tehtävänä on huolehtia jarrusylintereille (13 ja 14) menevien suurten ilmamäärien nopeasta syöttämisestä sekä poistamisesta. Kuvan 1 järjestelmässä releventtiilit ovat rakennettu etujarrupiirissä suhdeventtiilin yhteyteen ja takajarrupiirissä ALB-säätimen yhteyteen.

Kuvassa 3 on kolmiakselisen varsinaisen perävaunun paineilmajarrujärjestelmä. Perävaunun jarrujen ohjaukseen ja energiantuottoon käytetään kaksijohtojärjestelmää. Syöttöjohdossa (1) on aina paine ja se tuo paineilmaa perävaunun jarrujärjestelmän säiliöihin. Ohjausjohdossa (2) on paine jarrutettaessa. Jarruventtiilin (3) tehtävä on jarruttaa perävaunua vetoautosta tulevan ohjausjohdon paineen perusteella.



Kuva 3. Kolmiakselisen varsinaisen perävaunun kuormantuntevilla jarruvoimansäätimillä varustettu lukkiutumaton paineilmajarrujärjestelmä (ALB ja ABS). /1/

Sekä edessä että takana on omat ALB-säätimet (5) ja (6), jotka vähentävät jarruventtiililtä tulevaa painetta perävaunun kuormituksesta riippuen. ALB-säätimen yhteyteen rakennetut releventtiilit huolehtivat jarrusylinterien (7) ja (8) jarrupaineen syöttämisestä ja poistamisesta.

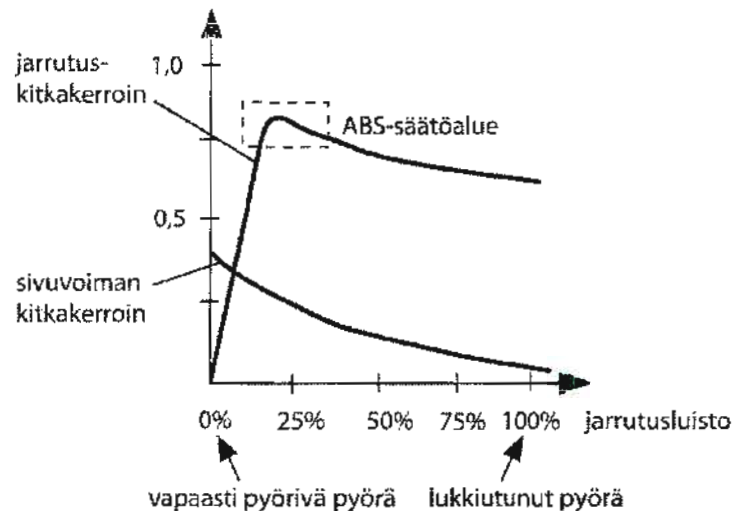
Perävaunun seisontajarru kytkeytyy ohjausjohdon ollessa paineeton ja vaikuttaa etuakselin jousijarrusylintereihin (7). Jarruventtiilissä olevalla siirtelyventtiilillä irtikytetyn perävaunun seisontajarru voidaan vapauttaa.

2.2 Lukkiutumaton jarrujärjestelmä

Lukkiutumattoman jarrujärjestelmän (ABS) tehtävänä on estää pyörien lukkiutuminen vähentämällä jarrupainetta silloin, kun pyörät alkavat lukkiutua. Tällöin ajoneuvon suuntavakavuus ja ohjattavuus säilyy myös täysjarrutuksessa liukkaalla ajoradalla. Erityisesti ajoneuvoyhdistelmissä lukkiutumaton jarrujärjestelmä estää perävaunun linkkuun menon. Suomessa mm. linja-autot ja säiliöajoneuvot on varustettava lukkiutumattomalla jarrujärjestelmällä.

Kuvassa 4 on esitetty jarrutuskitkakerroin ja sivuvoiman kitkakerroin jarrutusluiston funktiona. ABS-järjestelmän tehtävänä on säätää jarrupaineet siten, että pyörien luisto on kitkakertoimen kannalta optimialueella noin 20%:ssa.

Paineilmajarrullisen ABS-järjestelmään kuuluvat pyörien pyörimisnopeusanturit, sähköinen ohjauslaite sekä jarrupaineenohjausventtiilit, jotka ovat esitetty kuvissa 1 ja 3. Akselikohtaisten jarrupaineiden säätötapa voi olla yksilöllinen (molemmilla pyörillä oma paineensäätöventtiili ja jarrupaine) tai mukautettu yksilöllinen (akselilla yksi paineensäätöventtiili ja molemmilla pyörillä sama jarrupaine, kuvassa 3 perävaunun etuakselilla).



Kuva 4. Jarrutuskittakerroin ja sivuvoiman kitkakerroin jarrutusluiston funktiona. /1/

Järjestelmässä on sekä vetoautolle että perävaunulle varoitusvalo, joka ilmaisee kuljettajalle järjestelmien kunnon. Varoitusvalojen on syyttävä vähintään kahdeksi sekunniksi kytkettäessä ajoneuvon virta päälle. Järjestelmän vioittuessa jarrut toimivat normaalisti kuitenkin ilman ABS-toimintoa. Eri valmistajien ABS-varustettuja vetoautoja ja perävaunuja voidaan kytkeä halutusti, kun vetoauto ja perävaunu ovat varustettuja ISO 7638 –standardin mukaisella 5-napaisella pistokeella. /1/

2.3 Raskaan ajoneuvoyhdistelmän jarrujen tarkastus katsastuksessa

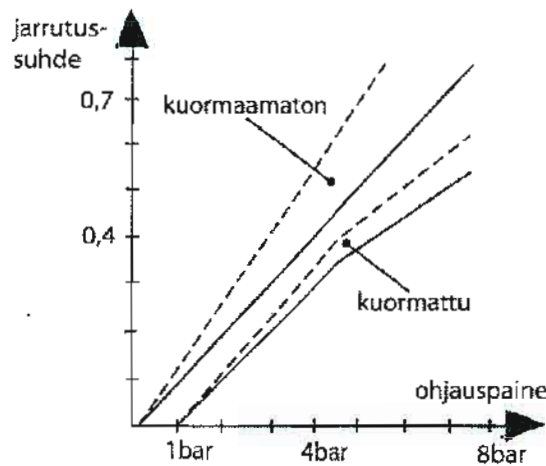
Kuorma-auton ja täysperävaunun yhdistelmän (ALB ja/tai ABS) katsastuksessa suoritetaan jarrukomponenttien visuaalinen tarkastus, jarruvoimien mittaaminen jarrudynamometrillä sekä venttiilien toimintatavan ja säätöjen tarkastus. Lisäksi määrätään jarruvoimien jakauma- ja sovitustarkastelu kuormaamattomalle ja kuormatulle ajoneuvoyhdistelmälle. Tämä tarkoittaa jarruvoimajaon määrittämistä eli kuinka syntyvät jarruvoimat jakaantuvat ajoneuvo ja akselikohtaisesti suhteessa syntyviin akselipainoihin. /2/

Jarrusylinteripaineen ja pyörältä saatavan jarruvoiman keskinäinen riippuvuus mitataan akseleittain jarrudynamometrillä. Paineen mittauskohdat on merkitty kuvissa 1 ja 3.

Ajoneuvojen jarruvoiman jakoon vaikuttavien säätöventtiilien (ALB-, suhde-, taittoventtiili) toiminta mitataan ns. ALB-testissä. Vetoauton ja perävaunun jarrupiirien paineet mitataan perävaunun ohjauspaineen funktiona kuormaamattomassa ajotilassa nostettavien akseleiden ollessa ylösnostettuna. Näin saadaan selville kuormaamattoman ajoneuvoyhdistelmän jarrusylinteripaineet ohjauspaineen funktiona. Mitatuista painearvoista määritetään sekä vetoauton että perävaunun mahdolliset paine-ennakot. Lisäksi mitataan jarrujärjestelmän kytkentä- ja vapautusviiveet. /2/

Näiden tietojen perusteella määritetään ajoneuvoille (vetoauto ja perävaunu) jarrutussuhteet, joka kertoo kuinka suuri ajoneuvon kokonaisjarruvoima on suhteessa ajoneuvon painoon. Vetoauton ja perävaunun jarrutussuhteet lasketaan perävaunun ohjauspaineen funktiona sekä kuormatulle että kuormaamattomalle ajoneuvoyhdistelmälle ja ne esitetään koordinaatistossa, johon on merkitty hyväksymisrajat eli ns. jarrukäytävä (kuva 5). Kun sekä vetoauton että perävaunun jarrutussuhdekuvaajat ovat jarrukäytävässä, niin tällöin molempien ajoneuvojen jarruvoimat jakautuvat riittävällä

tarkkuudella kokonaispainojensa suhteessa, joten kumpikaan ajoneuvo ei ole liian yli- tai alijarrutettu.

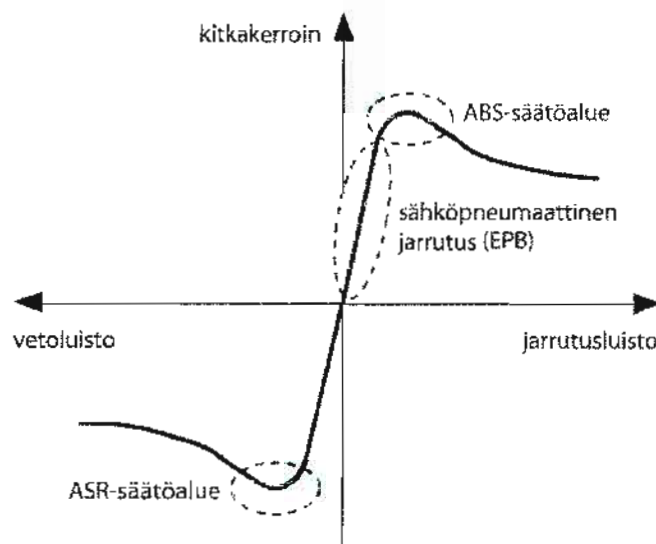


Kuva 5. Varsinaisen perävaunun vetoauton ja varsinaisen perävaunun jarrukäytävä. /3/

Yhtä tärkeää jarruvoiman jakamisen ohella ajoneuvoyhdistelmän jarrutuskäyttämisen kannalta on jarrutuksen alkuvaiheella eli sillä, että vetoauto ja perävaunu alkaisivat jarruttaa yhtäaikaaisesti. Tämä toteutuu, kun ajoneuvojen jarrutussuhdekuvaajat ovat jarrukäytävässä. Lisäksi vetoauton ja perävaunun kaikkien akselien tulisi alkaa jarruttaa samanaikaisesti.

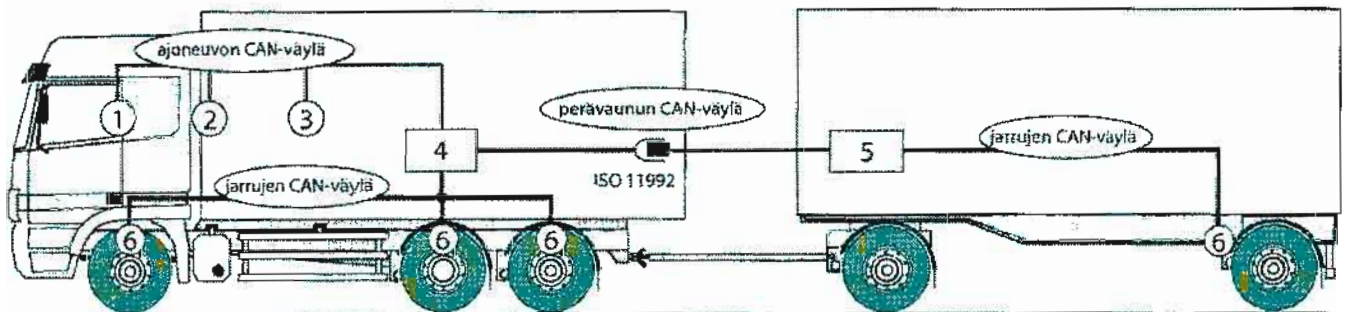
2.4 Vetoauton sähköisesti ohjattu paineilmajarrujärjestelmä

Sähköisesti ohjattu jarrujärjestelmä (EBS) on paineilmajarrujärjestelmän sähköinen ohjausjärjestelmä. Sen tehtävänä on nopeuttaa ja optimoida jarrutustapahtumaa lyhyemmän jarrutusmatkan, paremman jarrutusstabiliteetin ja tasaisemman jarrujen kulumisen kannalta. Järjestelmässä on varmistuksena paineilmaohjaus, joka on käytössä vain, jos sähköiseen ohjausjärjestelmään tulee häiriö. Sähköinen ohjausjärjestelmä yksinkertaistaa jarrujärjestelmän rakennetta, koska monimutkaiset toiminnot suoritetaan elektronisesti. /1/



Kuva 6. Kitkakerroin luiston funktiona jarrutuksessa ja vedossa. /1/

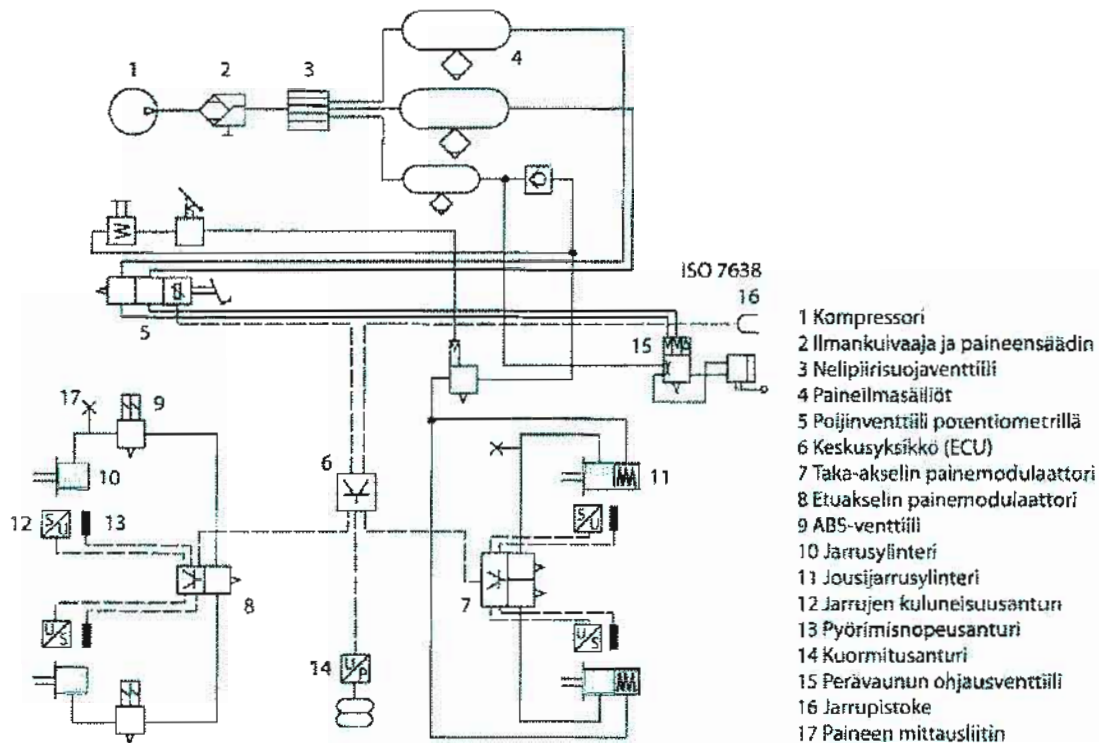
Sähköisesti ohjattu paineilmajarrujärjestelmä (EBS) sisältää sähköpneumaattisen jarrujärjestelmän lisäksi vähintään lukkiutumattoman jarrujärjestelmän (ABS) ja luistonestojärjestelmän (ASR). Nämä toiminnot ovat toteutettu EBS-järjestelmällä. Kuvassa 6 on esitetty osajärjestelmien toiminta-alueet kitkakerroin-luistokuvaajalla. Sähköpneumaattinen jarrutus toimii stabiilin kitkan alueella ja tällöin järjestelmä optimoi pyörä- tai akselikohtaiset jarrupaineet jarrujen tasaisen kulumisen ja jarruvoimanjaon kannalta. Pienillä hidastuvuuksilla järjestelmä vain havahduttaa pyöräjarrut ja pyrkii saavuttamaan halutun hidastuvuuden moottorijarrun tai hidastimen avulla. Hätäjarrutuksen tapauksessa järjestelmä säättää jarrupaineita maksimaalisen stabiilin jarrutuksen aikaan saamiseksi ABS-säätöalucella. Jarrujärjestelmän toiminta määrätään jarrutusalgoritmissa, jonka toteutuksessa on ajoneuvokohtaisia eroja.



Kuva 7. Ajoneuvoyhdistelmän sähköisesti ohjatun jarrujärjestelmän CAN-väylät. /3/

Kuvassa 7 on esitetty ajoneuvoyhdistelmän sähköisesti ohjatun jarrujärjestelmän väylärakenne. Jarrutustapahtumaa ohjaava keskusyksikkö (ECU) (4) on yhteydessä pyöräkohtaisten jarrupaineiden säätäviin painemodulaattoreihin (6) jarrujen CAN-väylän avulla. Perävaunun keskusyksikköön (5) vetoauton keskusyksikkö liittyy perävaunun CAN-väylällä, jossa käytetään ISO 11992 –standardin mukaista tiedonsiirtoa. Perävaunun keskusyksikkö on yhteydessä perävaunun painemodulaattoreihin omalla CAN-väylällä. Vetoauton keskusyksikkö liittyy vetoauton muihin elektroniisiin järjestelmiin, kuten moottorin (1), vaihteiston (2) ja hidastimen (3) ohjausjärjestelmiin, ajoneuvon CAN-väylän avulla. /1/

Kuvassa 8 on esitetty kuorma-auton (4x2) EBS-järjestelmä. Paineilman tuotto, varmistus (nelipierisuojaventtiili) ja varastointi sekä pyöräjarruvarusteet ovat samanlaisia kuin edellä kuvatussa paineilmajarrujärjestelmässä. EBS-järjestelmä koostuu keskusyksiköstä (ECU), poljinventtiilin anturista sekä painemodulaattoreista. Jarrutettaessa poljinventtiilin anturi (5) lähettää keskusyksikölle (6) polkimen painamista vastaavan indeksiarvon. Tämän perusteella keskusyksikkö laskee haluttua hidastuvuutta vastaavat painemodulaattoreille lähetettävät indeksiarvot. Etuakselin jarrutuspaineen säättää yksikanavainen painemodulaattori (8), jolloin jarrutuspaine on molemmilla pyörillä yhtäsuuri. Painemodulaattorin jälkeen on ABS-venttiilit (9), joten etuakselin säätötapa on yksilöllinen. Taka-akselin jarrutuspaineen säättää kaksikanavainen painemodulaattori (7), joten jarrupaineet ovat yksilölliset. Taka-akselin ABS-säätö on toteutettu painemodulaattorissa. Kaikkien jarrutuspaineiden asettamiseen käytetään painemodulaattoreissa takaisinkytkettyä säätöä, jolloin sylinteripaine saavutetaan tarkasti. /4/



Kuva 8. Kuorma-auton (4x2) sähköisesti ohjattu paineilmajarrujärjestelmä. /1/

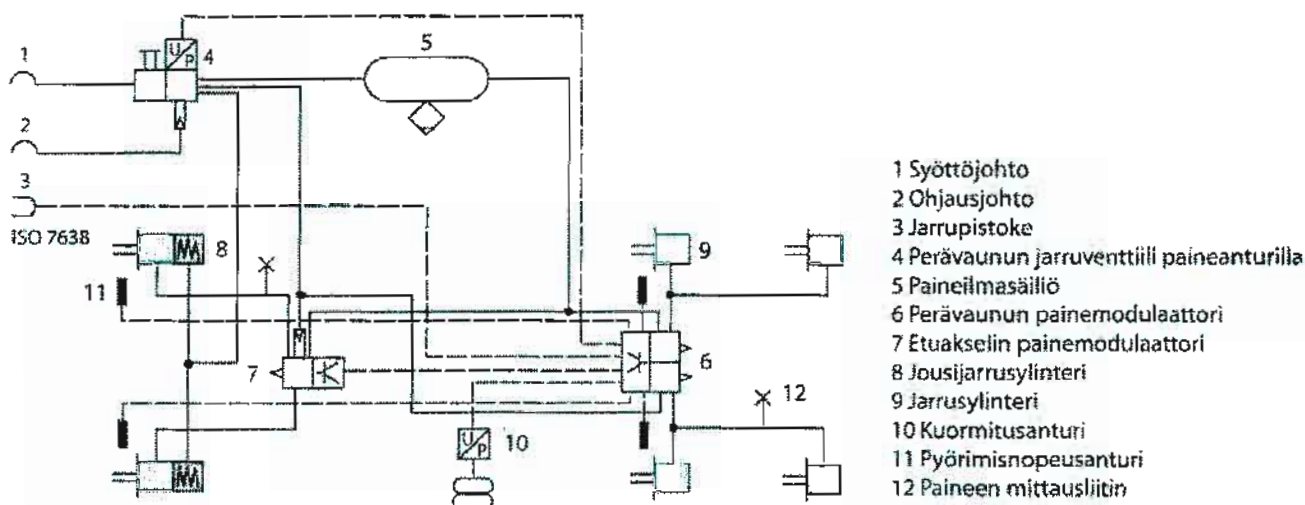
Perävaunun jarruohjausventtiilin ohjaus tapahtuu joko sähköisellä ja pneumaattisella signaalilla tai kahdella pneumaattisella signaalilla.

Vetoauton jarruvoimanjako määritetään järjestelmästä riippuen kuormitusta mittaavan anturin avulla (14) tai renkaiden pyörimisnopeusantureiden (13) arvoista saatavan pyörien luiston perusteella. Jälkimmäisessä tapauksessa ajoneuvon kuormitusta mittaavaa anturia ei ole, vaan jarruvoimanjako saavutetaan minimoimalla akselien välinen luistocoro. Jarruvoiman jakoon vaikuttaa suuresti jarrujen kulumisaste, joka pyritään saamaan mahdollisimman tasaiseksi. Pyrkimys ideaaliseen jarruvoiman jakoon korostuu vasta sellaisilla jarrutuspaineilla, jolloin pyörät ovat lähempänä lukkiutumisrajaansa. Pienen kitkan olosuhteissa tämä tilanne saavutetaan jo pienillä jarrutuspaineilla.

EBS-järjestelmä valvoo tunnistimien ja painemodulaattoreiden toimintaa sekä tiedonsiirtoa CAN-väylillä. Häiriöistä ilmoitetaan kuljettajalle varoitusvaloin. Vikatapauksessa paineilmajarrut toimivat, mutta tällöin ABS-toiminto ja jarruvoimanjakoa varten tarvittava luiston mittausta ja kuormituksen tunnistus eivät toimi.

2.5 Perävaunun sähköisesti ohjattu paineilmajarrujärjestelmä

Kuvassa 9 on esitetty kolmiakselisen varsinaisen perävaunun sähköisesti ohjatun paineilmajarrujärjestelmän (EBS) (4S/3M) pääkomponentit. Järjestelmässä on pyörimisnopeustunnistimet (11) neljällä pyörällä ja jarrujärjestelmä on kolmikanavainen. Tämä tarkoittaa sitä, että etuakselin jarrupaineet ovat molemmilla puolilla samat ja taka-akselilla yksilölliset.



Kuva 9. Kolmiakselisen varsinaisen perävaunun sähköisesti ohjattu paineilmajarrujärjestelmä. /1/

Järjestelmää ohjataan EBS-vetoauton tapauksessa CAN-tiedonsiirtorajapinnan kautta lähettämällä jarrutussignaali. Jarrupistoke on 7-napainen ja ISO 7638 –standardin mukainen. Paineilmaohjatun vetoauton tapauksessa perävaunun sähköinen jarrutussignaali määritetään painetunnistimella perävaunun jarruventtiiliin (4) tulevasta ohjauspaineesta.

Akselikohtaisten jarrutuspaineiden säädön suorittaa EBS-perävaunumodulaattori (6), joka ottaa huomioon kuormituksen sekä pyörimisnopeustunnistimien signaalit. Jarruvoimanjako on staattinen ja se lasketaan yhdeeltä akselilta mitatun kuormituksen perusteella.

Perävaunun jarrujen sähköisen ohjausjärjestelmän vikaantuessa paineilmajarrut toimivat, mutta tällöin ABS-toiminto ja jarruvoimanjakoa varten tarvittava kuormituksen tunnistus eivät toimi. Tällöin vetoauton varoitusvalo informoi kuljettajalle perävaunun jarrujärjestelmän häiriöstä. Vedettäessä sähköisesti ohjatulla jarrujärjestelmällä varustettua perävaunua kuormantuntevalla jarruvoimansäätimellä ja lukkiutumattomalla jarrujärjestelmällä varustetulla vetoautolla (ALB ja ABS) informoi vetoautossa oleva perävaunun ABS-merkkivalo perävaunun sähköisen ohjausjärjestelmän häiriöstä. /1/

2.6 Vetoauton ja perävaunun yhteensopivuus sähköisesti ohjatussa jarrujärjestelmässä

Ajoneuvoyhdistelmän jarrutusvoimajakama on ideaalinen silloin, kun jokainen akseli jarruttaa kokonaisjarruvoimasta dynaamisten akselikuormitusten suhteessa. Tällöin luisto kaikilla aksleilla on sama ja ne tulevat lukkiutumisrajalle yhtä aikaa. Tällaisessa ideaalisessa tapauksessa vetoaisavoima on nolla. Tällöin myös vetoauton ja perävaunun jarrutussuhdekuvaajat ovat yhtenevät eli ajoneuvojen havahtumispaineet ja kuvaajien jyrkkyydet ovat samansuuruiset.

Vetoauton EBS-keskusyksikkö säättää jarrupaineita siten, että vetoauton jarrutussuhdekuvaaja on jarrukäytävän keskellä. Oikein säädettyinä myös EBS-perävaunujen tulisi olla keskellä jarrukäytävää. Kuitenkin käytännössä tilanne ei ole tällainen, vaan havahtumispaineet ja kuvaajien jyrkkyydet ajoneuvojen välillä ovat erilaisia. /4/

EBS-järjestelmä pyrkii saamaan yhdistelmän jarrusovituksen optimaaliseksi. Käytännössä tämä tarkoittaa vain vetoauton havahtumispaineen muuttamista, koska säännösten mukaan jarrutustapahtuman aikana saa muutoksia tapahtua vain vetoauton jarrutussuhdekuvaajan sijainnissa. Näin ollen

vetoauton järjestelmä muuttaa mahdollisuuksien mukaan havahtumispaineensa perävaunun havahtumispainetta vastaavaksi. Koska järjestelmä ”oppii” ajoneuvojen havahtumispaineet, saadaan kaikkien pyörien jarrukosketus samanaikaiseksi jokaisella jarrutuksella. Tämä havahtumispaineiden samansuuruisuus on myös oleellista jarrujen kulumisen kannalta, koska useimmin käytetyillä pienillä jarrutuspaineilla jarruvoiman jakautuminen on tällöin lähellä ideaalista tapausta. /4/

2.7 Sähköisesti ohjatun paineilmajarrujärjestelmän tarkastus katsastuksessa

Sähköisesti ohjatun paineilmajarrujärjestelmän toimintakunnon toteamisessa esiin tuleva ongelmana on se, että jarrujen suorituskykyä ja akseleiden välistä sähköisesti ohjattua jarruvoimanjakoa ei välttämättä saada selville edellä kuvatulla raskaiden ajoneuvojen jarrusovitustarkastelulla. Tämä johtuu siitä, että jarrudynamometrimittauksessa vain yhden akselin pyörät ovat kerrallaan liikkeessä muiden ollessa paikallaan. Tällöin luistocroon perustuvat jarruvoimanjaon säätömenetelmät eivät toimi.

3. TIEHIDASTUVUUS- JA JARRUDYNAMOMETRIMITTAUKSET

3.1 Tavoite

Lähes kaikilla kuorma-auton valmistajilla on ollut tarjolla sähköisesti ohjatulla paineilmajarrujärjestelmällä varustettuja ajoneuvoja jo useita vuosia. Tulevaisuudessa jarrujärjestelmät ovat yhä enenevässä määrin sähköisesti ohjattuja paineilmajarrujärjestelmiä. Suoritetujen mittausten tarkoituksena on verrata sähköisesti ohjattujen jarrujärjestelmien jarrudynamometrimittausten ja sovitustarkastelujen antamien hidastuvuusennusteiden ja jarruvoimajakaukien vastaavuutta tiemittauksista saantuihin hidastuvuusennusteisiin ja jarruvoimajakauksiin. Hankkeen tavoitteena on mittausten perusteella saada tietoa jarrumääräysten kehittämiseksi ja ajoneuvoyhdistelmien sähköisesti ohjattujen jarrujärjestelmien katsastusvaatimuksien täydentämiselle.

Testattavana oli viisi ajoneuvoyhdistelmää, joiden kenttäkokeet suoritettiin Ylivieskassa 4-5.10, 27.10 ja 4-5.11.2004. Mukana oli kolme ajoneuvoyhdistelmää, jotka olivat varustettu sähköisesti ohjatuilla jarrujärjestelmillä. Lisäksi testattavana oli ajoneuvoyhdistelmät, joissa vetoauton jarrujärjestelmä oli sähköisesti ohjattu ja perävaunu kuormantuntevalla jarruvoimansäätimellä varustettu sekä vetoauto kuormantuntevalla jarruvoimansäätimellä ja perävaunu sähköisesti ohjatulla jarrujärjestelmällä varustettu. Testatut ajoneuvot sekä niiden jarrujärjestelmän tyyppi ja valmistaja on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Testatut ajoneuvot ja niiden jarrujärjestelmien tyyppi ja valmistaja.

Ajoneuvo	Jarrujärjestelmä
Mercedes-Benz 3354 6x4	Wabco EBS
Iveco Stralis 6x2	Wabco EBS
Scania R470 6x2	Knorr EBS
MAN TGA 6x2	Knorr EBS
Volvo FH16 VTA 8x2	Knorr, paineilmajarrujärjestelmä, ALB, ABS
Kome KPV-3	Wabco EBS
Tyllis dolly	Wabco, paineilmajarrujärjestelmä, ALB, ABS
Krone PPV	Wabco, paineilmajarrujärjestelmä, ALB, ABS

3.2 Testattujen ajoneuvojen tekniset tiedot

Kuvissa 10-16 on esitetty testatut ajoneuvot ja niiden tekniset tiedot.

Mercedes-Benz Actros 3354 6x4, vuosimalli 2004:

Jorpe-kasettivarustus

Jarrujärjestelmä: Wabco EBS

Etuakseli: paraabelijouset, levyjarrut, jarrusylinterin koko 30 neliötuumaa

Vetävä teli: paraabelijouset, levyjarrut, jousijarrusylinterien koko 24 neliötuumaa

Oma massa: 16020kg

Sallitut akselimassat: 7500kg + 19000kg

Sallittu kokonaismassa: 26000kg



Kuva 10. Mercedes-Benz Actros 3354 6x4

Iveco Stralis 260S480FP, 6x2, vuosimalli 2004:

Kylkiaukeava umpikori

Jarrujärjestelmä: Wabco EBS

Etuakseli: ilmajouset, levyjarrut, jarrusylinterin koko 24 neliötuumaa

Vetävä akseli: ilmajouset, levyjarrut, jousijarrusylinterien koko 20 neliötuumaa

Teliakseli: ilmajouset, levyjarrut, jarrusylinterin koko 14 neliötuumaa

Oma massa: 11200kg

Sallitut akselimassat: 7500kg + 11500kg + 7500kg

Sallittu kokonaismassa: 26000kg



Kuva 11. Iveco Stralis 260S480FP, 6x2

Scania R470 LB 6x2, vuosimalli 2004:

Kylkiaukeava umpikori Ekeri

Jarrujärjestelmä: Knorr EBS

Etuakseli: ilmajouset, levyjarrut, jarrusylinterin koko 24 neliötuumaa

Vetävä akseli: ilmajouset, levyjarrut, jousijarrusylinterien koko 24 neliötuumaa

Teliakseli: ilmajouset, levyjarrut, jarrusylinterin koko 20 neliötuumaa

Sallitut akselimassat: 7500kg + 11500kg + 7500kg

Sallittu kokonaismassa: 26000kg



Kuva 12. Scania R470 LB 6x2.

MAN TGA 260.430 6x2, vuosimalli 2004:

Multilift-koukkulavalaite, rautalava

Jarrujärjestelmä: Knorr EBS

Etuakseli: paraabelijouset, levyjarrut, jarrusylinterin koko 24 neliötuumaa

Vetävä akseli: ilmajouset, levyjarrut, jousijarrusylinterien koko 24 neliötuumaa

Teliakseli: ilmajouset, levyjarrut, jarrusylinterin koko 10 neliötuumaa

Oma massa: 15800kg

Sallitut akselimassat: 7500kg + 11500kg + 7500kg

Sallittu kokonaismassa: 26000kg



Kuva 13. MAN TGA 260.430 6x2.

Volvo FH16 610 8x2 VTA, vuosimalli 2004:

Kome-alumiinikasettivarustus

Jarrujärjestelmä: Knorr, paineilmajarrujärjestelmä, kuormantuntevalla jarruvoimansäädin (ALB), etuakselilla taittoventtiili

Etuakseli: paraabelijouset, rumpujarrut, jousijarrusylinterien koko 24 neliötuumaa

Trippeliakseli: ilmajouset, rumpujarrut, jarrusylinterin koko 16 neliötuumaa

Teli: paraabelijousitteinen nostoteli, vetävällä akselilla jousijarrusylinterien koko 24 neliötuumaa, teliakselin jarrusylinterin koko 20 neliötuumaa

Oma massa: 12740kg

Sallitut akselimassat: 8600kg + 6000kg + 9400kg + 8600kg = 32600kg (siltasäännön rajoittama kokonaismassa 31250kg)



Kuva 14. Volvo FH16 610 8x2 VTA.

Kome KPV-31A, vuosimalli 2004:

Alumiinilavalla varustettu varsinainen automaattikasettiprävaunu

Jarrujärjestelmä: Wabco 4S/3M

Akselit: BPW, ilmajouset, levyjarrut, etuakselin jarrusylinterin koko 24 neliötuumaa, taka-akselien jousijarrusylinterien koot 20 neliötuumaa

Oma massa: 6680kg

Sallitut akselimassat: 10000kg + 10000kg + 10000kg

Sallittu kokonaismassa: 30000kg



Kuva 15. Kome KPV-31A.

Tyllis Dolly, vuosimalli 2004:

Jarrujärjestelmä: lukkiutumaton paineilmajarrujärjestelmä (ABS), kuormantunteva jarruvoimansäädin (ALB)

Akselit: BPW, ilmajouset, rumpujarrut, jarrusylinterien koko 30 neliötuumaa, jarruvivut 135mm

Sallitut akselimassat: 9000kg + 9000kg

Sallittu kokonaismassa: 18000kg

Krone SDP 27, vuosimalli 2004:

Vyökapellipuoliperävaunu

Jarrujärjestelmä: lukkiutumaton paineilmajarrujärjestelmä (ABS), kuormantunteva jarruvoimansäädin (ALB)

Akselit: BPW, ilmajouset, rumpujarrut, jarrusylinterien koko 24 neliötuumaa, jarruvivut 150mm

Sallitut akselimassat: 8000kg + 8000kg + 8000kg

Sallittu kokonaismassa: 24000kg



Kuva 16. Tyllis Dolly ja Krone SDP 27.

4. AJONEUVOILLA SUORITETUT MITTAUKSET

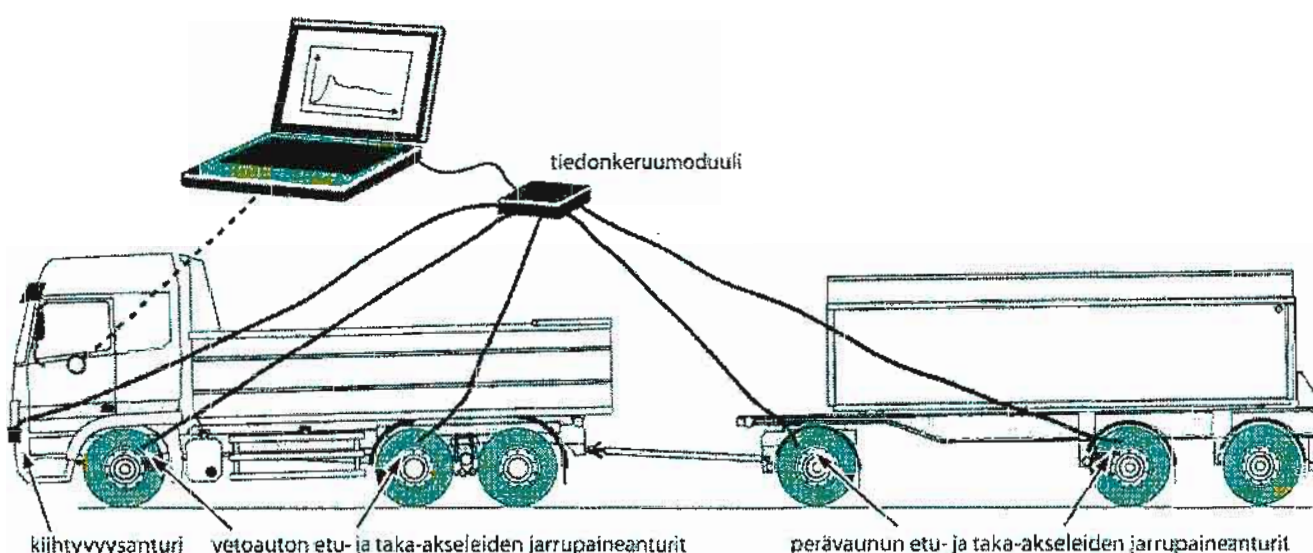
Teknisessä esittelyssä mainituille ajoneuvoille suoritettiin tiehidastuvuus- ja jarrudynamometrimitaukset. Tiehidastuvuusmittaukset suoritettiin hyväkuntoisella asfalttitiellä, tieosuudella Ylivieska - Sievin asemakylä. Tien pinta oli mittausten aikana kostea tai märkä. Ilman lämpötila oli 4-5.10.2004 +9 °C, 27.10 +6 °C ja 4-5.11 +5 °C. Jarrudynamometrimitaukset suoritettiin Vieskan Katsastus Oy:llä. Mitattavina olleiden ajoneuvoyhdistelmien kokonaismassat on esitetty taulukossa 2. Ajan puutteen vuoksi mittaukset suoritettiin kahdella kuormavariaatiolla: kuormaamattomana ja kuormattuna:

Taulukko 2. Mitattujen ajoneuvojen ja -yhdistelmien kokonaismassat.

Ajoneuvon merkki	Kuormaamaton (kg)	Kuormattu (kg)
Mercedes-Benz ja Kome	$16020 + 6680 = 22700$	$25830 + 18930 = 44760$
Iveco	11200	17120
Iveco ja Kome	$11200 + 6680 = 17880$	$17120 + 18930 = 36050$
Scania	-	23160
Scania, Tyllis ja Krone	-	$23160 + 33120 = 56280$
MAN	-	26420
MAN ja Kome	$15800 + 6680 = 22480$	$26420 + 22140 = 48560$
Volvo ja Kome	$12740 + 6680 = 19420$	$32540 + 22140 = 54680$

4.1 Mittaus- ja tiedonkeruujärjestelmä

Ajoneuvoon kytkettiin PC-pohjainen mittausjärjestelmä (kuva 17), johon kuului kannettava PC Compaq Armada 1700 ja siihen USB-liitännällä kytketty tiedonkeruumoduuli DT9803. Ajoneuvon etuosaan runkopalkkiin kiinnitettiin hidastuvuusanturi ja jarrupiirien mittausliittimiin paineanturit (vetoauton etu- ja taka-akseleiden jarrupaine sekä perävaunun etu- ja taka-akseleiden jarrupaine), jotka olivat kytkettynä tiedonkeruumoduuliin. Mittausohjelma on toteutettu HP-VEE mittaus- ja tiedonkeruuohjelmistolla.



Kuva 17. Tiehidastuvuusmittausten mittausjärjestelmä.

4.2 Tiehidastuvuusmittaukset

Tiehidastuvuusmittauksessa mittausohjelma ja tiedonkeruujärjestelmä käynnistettiin ajoneuvon nopeuden ollessa 80km/h. Ajoneuvo jarrutettiin pysähdyksiin vakio ohjauspaineella ja mittausohjelma tallensi saavutetut hidastuvuus- ja jarrupaineiden arvot taulukkoon. Jarrutukset suoritettiin kolmella eri ohjauspainetasolla: 1bar, 2bar ja 3bar. Kuormatulla ajoneuvolla ohjauspaine nousi jopa 4bar:iin. Jarrutuksia toistettiin kahdesta kolmeen kertaan. Vetoauton hidastin- ja pakokaasujarru kytkettiin mittausten ajaksi pois toiminnasta.

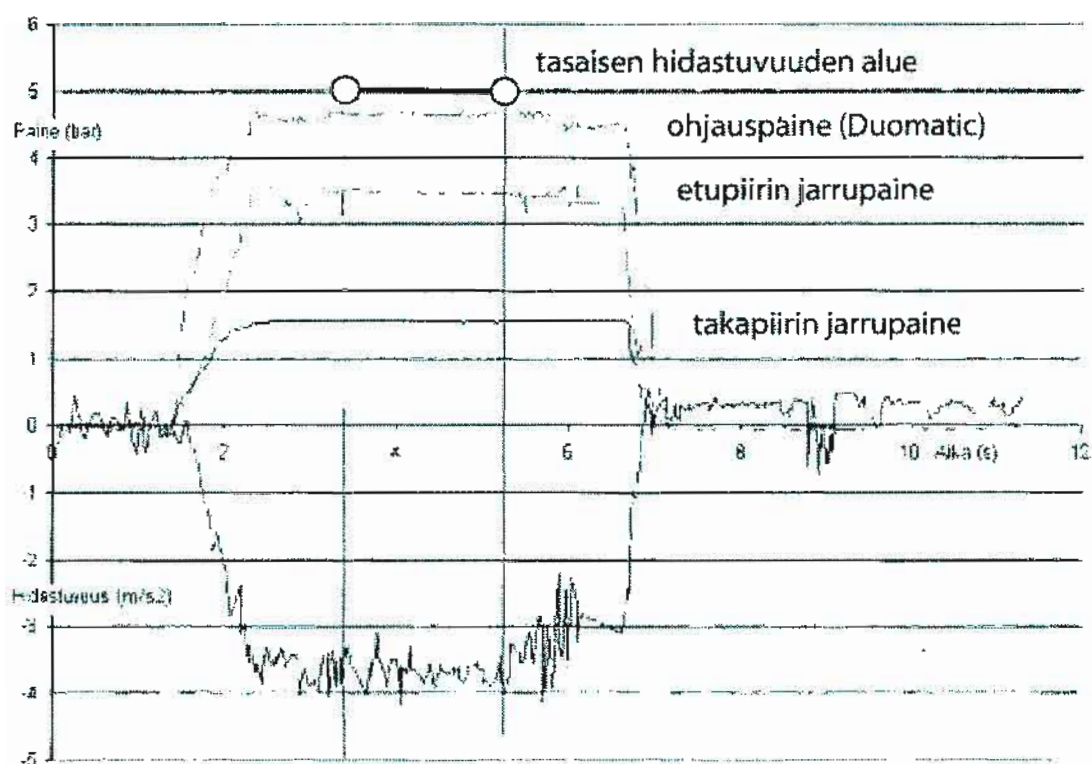
4.3 Jarrudynamometrimittaukset

Jarrudynamometrimittaukset suoritettiin Maha -jarrudynamometrillä, joka on kytketty Dymatic-laskentaohjelmaan. Mittaukset suoritettiin noudattaen AKE:n laatimaa ”Raskaiden ajoneuvojen paineilmajarrujen tarkastus katsastuksessa” -ohjetta nro 36/2000. Jarrudynamometrin kalibrointi on suoritettu 5.11.2004.

ALB-testi suoritettiin sekä virrallisena että virrallisena, jotta järjestelmien toiminta saataisiin selville molemmissa tapauksissa. Virraton testaus vastaa sähköisen ohjausjärjestelmän häiriötä, jolloin akselien jarrupaineiden suhde ohjauspaineeseen pysyy vakiona.

5. MITTAUSTIETOJEN KÄSITTELY

Tiehidastuvuusmittauksista saadut tulokset on käsitelty taulukkolaskentaohjelmalla. Kunkin jarrutuksen mittausdatasta on piirretty paine- ja hidastuvuuskuvaajat ajan funktiona (kuva 18). Kuvaajista on määritetty tasaisen hidastuvuuden alue, josta on määritetty vastaavat jarrupiirien paineet sekä ohjauspaine (Duomatic) laskemalla aikakeskiarvo yli tarkastellun aikavälin. Saaduista hidastuvuus- ja ohjauspaine-arvoista on määritetty pienimmän neliösumman sovituksella ajoneuvon tai ajoneuvoyhdistelmän jarrutussuhdekuvaaja, joka on piirretty suhteessa ajoneuvoyhdistelmään sovelletta- vaan jarrukäytävään. Jarrudynamometrimittauksessa määritetyt jarrutussuhdekuvaajat on piirretty erikseen sekä vetoautolle että perävaunulle.



Kuva 18. Tiehidastuvuusmittauksen paine- ja hidastuvuuskuvaaja sekä tasaisen hidastuvuuden alue.