

Tuomas Määttä

EBS-jarrusimulaattorin suunnittelu

Opinnäytetyö

Syksy 2014

Tekniikan yksikkö

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Kone- ja tuotantotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Auto- ja työkonetekniikka

Tekijä: Tuomas Määttä

Työn nimi: EBS-jarrusimulaattorin suunnittelu

Ohjaaja: Hannu Ylinen

Vuosi: 2014

Sivumäärä: 67

Liitteiden lukumäärä: 3

Tässä opinnäytetyössä perehdytään raskaankaluston perinteiseen paineilmatoimiseen jarrujärjestelmään sekä sähköisesti ohjattuun jarrujärjestelmään eli EBS-jarrujärjestelmään. Teoriatiedon pohjalta suunnitellaan opetuskäyttöön tarkoitettu jarrusimulaattori, jota tullaan käyttämään Seinäjoen ammattikorkeakoulussa.

Työn alussa esitellään perinteisen paineilmatoimisen jarrujärjestelmän toiminta, paineilman tuotto, ohjausjärjestelmä, siirtojärjestelmä sekä itse pyöräjarrulaitteet.

Tämän lisäksi tutustutaan EBS-jarrujärjestelmään. EBS-jarruilla saadaan suuria etuja perinteiseen jarrujärjestelmään verrattuna ja ne ovat tulleet ensimmäisiin ajoneuvoihin 90-luvun puolessavälissä ja perävaunuihin ne tulivat vuonna 1998. Opinnäytetyössä esitellään EBS-jarrujärjestelmän toimintaa, etuja sekä käydään komponenttien toimintaa läpi.

Työn tuloksena syntyi suunnitelma EBS-jarrusimulaattorista. Osat simulaattoriin on valittu Seinäjoen ammattikorkeakoulun opetuskäyttöä silmälläpitäen. Komponenteille suunniteltiin teline, josta insinööriopiskelijat voivat tutustua EBS-jarrujärjestelmään.

Avainsanat: jarrujärjestelmät, ajoneuvoyhdistelmät, simulointi

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical and Production Engineering

Specialisation: Automotive and Work Machine Engineering

Author: Tuomas Määttä

Title of thesis: EBS simulator design

Supervisor: Hannu Ylinen

Year: 2014

Number of pages: 67

Number of appendices: 3

This thesis focuses on the traditional truck pneumatic brake system and electronically controlled braking system, or EBS braking system. The brake simulator for the educational use is planned on the basis of the theoretical knowledge and it will be used in Seinäjoki University of Applied Sciences.

At the beginning of this thesis the traditional pneumatic braking system, compressed air producing, control system, transfer system as well as the wheel brake equipment are presented.

In addition the EBS braking system will be studied. The EBS braking system provides major advantages compared to the conventional braking system. Those came to be used in the first vehicles in the middle of the 90's and in the trailers in 1998. The EBS brake system activities, benefits and the operations of the components are presented in this thesis.

The result was a plan for the EBS brake simulator. The parts of the simulator are selected to be used at Seinäjoki University of Applied Sciences for educational purposes. The rack was designed for the components and to be used by the engineering students for exploring the EBS brake system.

Keywords: brake systems, articulated vehicles, simulation

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet	8
1 JOHDANTO	9
2 PERINTEINEN PAINEILMAJARRUJÄRJESTELMÄ	10
2.1 Paineilman tuotto	11
2.2 Paineilman ohjausjärjestelmä	12
2.3 Paineilman siirtojärjestelmä	22
2.4 Pyöräjarrulaitteet	24
3 EBS-JARRUJÄRJESTELMÄ.....	33
3.1 EBS-jarrujärjestelmän rakenne	34
3.2 EBS-jarrujärjestelmän toiminta.....	35
3.3 EBS-jarrujärjestelmän komponentit.....	37
3.3.1 Kompressori.....	38
3.3.2 EBS-ohjainlaite	39
3.3.3 Poljinventtiili	39
3.3.4 Perävaunun ohjausventtiili	40
3.3.5 Elektroninen paineilmantuoton säätöyksikkö	41
3.3.6 Pyörän pyörimisnopeustunnistin	46
3.3.7 Akselikuormatunnistin	47
3.3.8 Seisontajarru- ja siirtelyventtiili hätäjarrutustoiminnolla	47
3.3.9 EBS-modulaattori.....	48
3.4 EBS-jarrujärjestelmän lisätoiminnot	49
3.4.1 Kulumissäätö	50
3.4.2 Lisäjarrujärjestelmät.....	51
4 SIMULAATTORIN SUUNNITTELU	55
4.1 Simulaattoriin sijoitettavat komponentit	56
4.2 Telineen suunnittelu	59
4.3 Komponenttikaavio.....	62
4.4 Osien kustannusarvio ja hankinta	63

5 YHTEENVETO.....	65
LÄHTEET.....	67
LIITTEET.....	68

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Perinteinen paineilmajarrujärjestelmä (Mylläri, Rantala & Sirola 2003, 45).	11
Kuvio 2. Kompressori (Mylläri ym. 2003, 74).	12
Kuvio 3. Paineensäätöventtiili (Bosch 1982, 4).	13
Kuvio 4. Paineensäätöventtiili (Bosch 2003, 751).	14
Kuvio 5. Käyttöjarruventtiili (Mylläri ym. 2003, 16).	14
Kuvio 6. Käyttöjarruventtiilin rakenne (Bosch 2003, 754).	15
Kuvio 7. Jarruvoimansäädin (Mylläri ym. 2003, 91).	16
Kuvio 8. Jarruvoimansäätimen rakenne (Mylläri ym. 2003, 93).	17
Kuvio 9. Ilmajousitetun vetoauton kuormantunnistava jarruvoimaventtiili (Mylläri ym. 2003, 97).	18
Kuvio 10. Seisontajarruventtiili (Mylläri ym. 2003, 106).	19
Kuvio 11. Perävaunun ohjausventtiili (Bosch 1982, 42).	20
Kuvio 12. Perävaunun ohjausventtiilin rakenne (Bosch 2003, 755).	20
Kuvio 13. Nelipiirisuojaventtiili (Bosch 1982, 10).	21
Kuvio 14. Nelipiirisuojaventtiilin rakenne (Bosch 1982, 10).	22
Kuvio 15. Muoviputken liitinosat (Mylläri ym. 2003, 143).	23
Kuvio 16. Paineilmasäiliö (Bosch 1982, 11).	24
Kuvio 17. Jarrusylinteri (Mylläri ym. 2003, 102).	25
Kuvio 18. Rumpujarru jarrusylinterillä ja S-nokka levittäjällä (Mylläri ym. 2003, 126).	26
Kuvio 19. Duo-rumpujarrut ja levyjarru (Bosch 2003, 745).	27
Kuvio 20. Simplex S-nokkarumpujarru (Bosch 2003, 744).	28
Kuvio 21. Z-nokkalevittäjä (Mylläri ym. 2003, 132).	29
Kuvio 22. Kiilarumpujarru (Mylläri ym. 2003, 131).	30
Kuvio 23. Levyjarruysikkö ja rakenne (Mylläri ym. 2003, 138).	31
Kuvio 24. Jousijarrusylinteri (Bosch 1982, 38).	32
Kuvio 25. EBS- vs. perinteinen jarrujärjestelmän pysähtymisen etäisyydet (Wabco 2004, 17).	33
Kuvio 26. Ideaalinen jarruvoimajakauma akseleiden välillä (Wabco 2004, 14).	34
Kuvio 27. Tiedonsiirto sähköisessä jarrujärjestelmässä (Bosch 2003, 764).	35
Kuvio 28. Vetoauton EBS-järjestelmä (Mylläri ym. 2003, 190).	36

Kuvio 29. EBS-jarrujärjestelmän mukainen käyttölaitteisto (Bosch 2003, 767).....	37
Kuvio 30. Kompressorin toiminta (Air Production Management 2005, 28).....	38
Kuvio 31 EBS-ohjainlaite (Wabco 2004, 7).	39
Kuvio 32. Poljinventtiili sähkö- ja paineilmakeytöntöineen (Mylläri ym. 2003, 191).	40
Kuvio 33. Perävaunun ohjausventtiilin sijainti vetoautossa (Mylläri ym. 2003, 194).	41
Kuvio 34. Paineilmajärjestelmän rakenne APM (Air Production Management 2005, 4).....	41
Kuvio 35. Piirien ensimmäinen täyttö vaihe (Air Production Management 2005, 17).....	43
Kuvio 36. Piirien toinen täyttö vaihe (Air Production Management 2005, 18).	43
Kuvio 37. Kuivainpatruunan elvytys (Air Production Management 2005, 20).....	44
Kuvio 38. Kuivainpatruunan elvytys (Air Production Management 2005, 30).....	45
Kuvio 39. Mekaaninen kuivain (Air Production Management 2005, 26).....	46
Kuvio 40. Pyörimisnopeustunnistin (Mylläri ym. 2003, 162).....	47
Kuvio 41. Seisonta- ja siirtelyventtiili hätäjarrutustoiminnolla (Mylläri ym. 2003, 196).....	48
Kuvio 42. EBS-modulaattori (Wabco 2011, 23).....	49
Kuvio 43. Kulumissäädön toiminta-alueet (Bosch 2003, 765).....	50
Kuvio 44. Kulumistunnistimet (Wabco 2010, 73).....	51
Kuvio 45. Pakokaasujarru (Mylläri ym. 2003, 201).....	52
Kuvio 46. Turbiinihidastin (Mylläri ym. 2003, 203).....	53
Kuvio 47. Sähkömagneettisen pyörrevirtahidastimen toiminta (Mylläri ym. 2003, 205).....	54
Kuvio 48. Havainnekuva simulaattorista.	60

Käytetyt termit ja lyhenteet

EBS	(eng Electronically controlled Braking System) Elektronisesti ohjattu jarrujärjestelmä
CAN-väylä	(eng Controller Area Network) Automaatioväylä
ABS	(eng Antilock Brake System) Lukkiutumaton jarrujärjestelmä
ASR	(eng Acceleration Slip Regulator) Vetoluistonrajoitus
ECU	(eng Electronic Control Unit) Ohjainlaite
APM	(eng Air Product Management) Elektroninen painetuoton säätöyksikkö

1 JOHDANTO

Kuorma-autojen jarrujärjestelmät ovat viime vuosina kehittyneet nopeasti. Seinäjoen ammattikorkeakoulun autolaboratoriossa oleva jarrusimulaattori on jo vanhentunutta tekniikkaa, joten se ei ole enää ajanmukainen opetustarkoitukseen. Työn tarkoituksena on suunnitella Seinäjoen ammattikorkeakoululle nykyaikaisen kuorma-auton perävaunujarrusimulaattori, jota tullaan käyttämään opetusvälineenä insinööriopiskelijoiden laboratorioharjoituksissa. Suunnitelma sisältää myös kustannusarvion laskemisen. Suunniteltava jarrujärjestelmä on elektronisesti ohjattu jarrujärjestelmä eli EBS. Elektronisesti ohjatuilla jarruilla saadaan suuria etuja perinteiseen jarrujärjestelmään verrattuna ja ne ovat tulleet ensimmäisiin ajoneuvoihin 90-luvun puolessavälissä ja perävaunuihin ne tulivat vuonna 1998.

Työ jakautuu kahteen osaan: teoriaosuuteen ja suunnitteluosuuteen. Teoriaosuudessa käydään läpi perinteinen jarrujärjestelmä sekä EBS-jarrujärjestelmä. Suunnitteluosuudessa valitaan komponentit sekä suunnitellaan valituille osille teline.

Opinnäytetyön alkuosassa käsitellään perinteisen paineilmatoimisen jarrujärjestelmän toiminta, taustaa, tavoitteita ja rakennetta. Toisessa osiossa esitellään EBS-järjestelmä sekä yleisimmät EBS-jarrujärjestelmän osat.

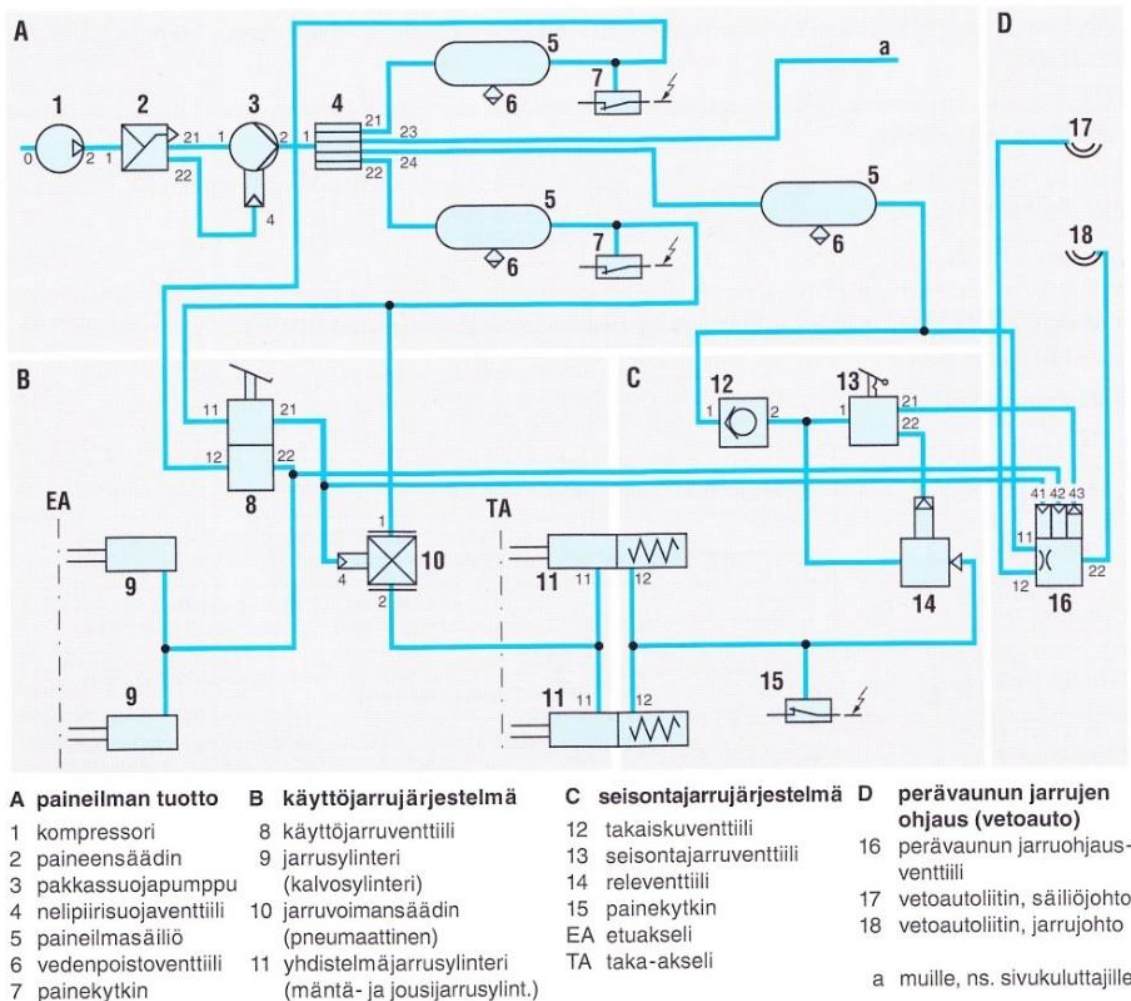
Työn loppupuolella on perävaunusimulaattorin suunnittelusta oma osio. Siinä pohditaan, mikä olisiärkevin osavalinta ratkaisu opetuskäyttöön Seinäjoen ammattikorkeakoululle. Valituille osille suunnitellaan teline, johon osat sijoitetaan. Tulevaisuudessa valmistuva perävaunusimulaattori tulee Seinäjoen ammattikorkeakoulun tiloihin, jossa insinööriopiskelijat voivat tutustua käytännön kautta EBS-jarrujärjestelmään.

2 PERINTEINEN PAINELMAJARRUJÄRJESTELMÄ

Raskaan kaluston jarrujärjestelmiä on toteutettu kolmella eri tavalla: normaalilla paineella, korkealla paineella sekä paineilmahydraulisesti toimivilla jarrujärjestelmillä. Näistä viimeisimpänä mainittu jarrujärjestelmä on poistumassa sen monimutkaisuuden takia. Jarrupoljinta painettaessa energia muutetaan jarrusyylintereillä mekaaniseksi liikkeeksi. Näiden tapahtumien väliin mahtuu kumminkin paljon eri komponentteja. (Bosch 2003, 738.)

Raskaan kaluston jarrulaitteiston pääosat ovat seuraavat (kuvio 1): energian lähde, paineilmasäiliöt, jarruventtiilit, jarruvoiman säätölaitteet, pyöräjarrut ja perävaunun ohjaus. Energian lähteenä toimii kompressori. Kompressori mitoitetaan yleensä suuremmaksi mitä lainvaatimat asetukset määräävät, koska autossa sekä perävaunussa on yleensä muitakin paineilmaa käyttäviä laitteita. Käyttöpaine säädetään paineensäätimellä noin 8 bariin. Veden poistosta ja paineilman puhtaudesta huolehtii ilmankuivain, pakkassuojapumppu sekä ilmasuodatin. Ennen paineilmasäiliöitä on nelipiirisuojaventtiili, jonka tehtävänä on suojata piirit toisistaan. Jos yhteen piiriin tulee vuoto, toiset piirit eivät häiriinny siitä. Kuljettajan käyttölaitteena toimii jarrupoljin. Jarrupolkimessa on kaksipiirisuojaventtiili, joka on rakennettu jarrupolkimen yhteyteen tai on erillään siitä. (Bosch 2003, 738.)

Jos vetoautoon kytketään perävaunu, jarrujärjestelmän on oltava kaksijohtoinen järjestelmä. Kaksijohtojärjestelmällä tarkoitetaan, että siinä on kaksi letkua. Toisessa letkussa kulkee ohjauspaine ja toinen toimii syöttöletkuna. Ohjausletku lähtee vetoautossa olevasta perävaunun ohjausventtiilistä ja menee perävaunussa olevaan perävaunun jarruventtiiliin. Kun ohjausletkussa paine alkaa nousta, perävaunun jarrut alkavat jarruttaa. Syöttöletkussa on kokoajan paine. Syöttöletkun tehtävänä on kuljettaa paineilma vetoautolta perävaunun paineilmasäiliöihin. Perävaunun jarruventtiili kytkee jarrut päälle myös siinä tilanteessa, jos perävaunun letkut irtoavat tai repeytyvät vetoautosta. Raskaan kaluston jarrut ovat kaksipiiriset, joten jos toiseen piiriin tulee vika, toinen piiri jarruttaa vielä normaalisti. (Bosch 2003, 738.)



Kuvio 1. Perinteinen paineilmajarrujärjestelmä (Mylläri, Rantala & Sirola 2003, 45).

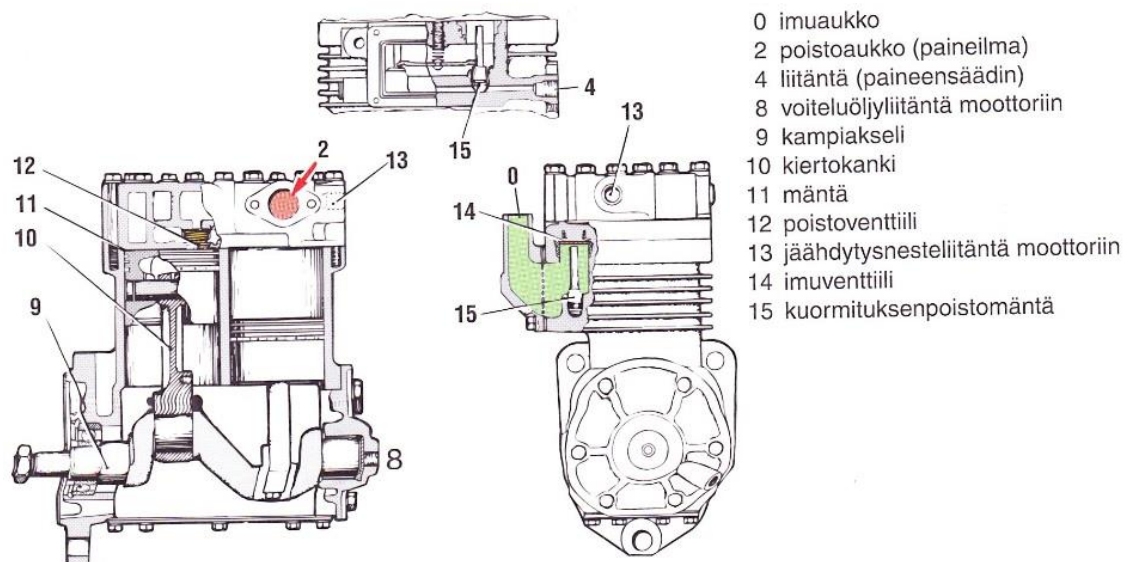
2.1 Paineilman tuotto

Paineilmaa tuotetaan kompressorilla (kuvio 2). Ilma otetaan ulkoilmasta, joka ohjataan suodattimen kautta kompressorille. (Mylläri, Rantala & Sirola 2003, 74.)

Kompressorin. Auton moottorin käydessä kompressorin tehtävä on tuottaa ilmaa paineilmajärjestelmään. Kompressorit ovat yleensä yksi- tai kaksisylinterisiä mäntäpumppuja. Kompressorin ottaa voimaa ajoneuvon moottorin jakopyörästöltä käyttötöihin tai hammaspyörien välityksellä. Kompressorin sijaitsee yleensä moottorin kyljessä. (Mylläri ym. 2003, 74.)

Kompressorin saa voiteluun tarvittavan öljyn ajoneuvon moottorilta. Kompressorin öljyn kulutus saa olla enimmillään 0,5 g/h. Kompressorin tarvitsee myös jäähtymisen, joka hoidetaan ilmajäähtyksellä tai moottorin jäähdytysjärjestelmän avulla. Kompressorin hyötysuhde on noin 70 %. (Mylläri ym. 2003, 74.)

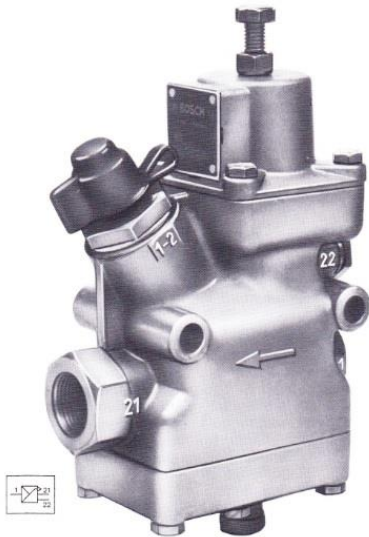
Kompressorin toiminta. Kompressorin mäntä imee sylinteriin ilmaa männän liikkuessa alaspäin. Kompressorin imuventtiili pysyy auki imuilman virtauksen avulla. Kun mäntä lähtee nousemaan ylöspäin, imuventtiili menee kiinni ja ilma alkaa puristumaan kasaan. Kun sylinteriin on saatu riittävä paine, poistoventtiili avautuu ja paineistettu ilma pääsee poistoventtiilin kautta kulkeutumaan paineilmajärjestelmään. (Bosch 2003, 751.)



Kuvio 2. Kompressorin rakenne (Mylläri ym. 2003, 74).

2.2 Paineilman ohjausjärjestelmä

Paineensäätöventtiili. Paineilma säädetään matalapainejärjestelmissä paineensäätöventtiilin (kuvio 3 ja 4) avulla 7 - 10 bariin ja korkeapainejärjestelmissä paine säädetään 14 - 20 bariin. Paineensäätöventtiileitä on kahdenlaisia. Ne on jaettu kahteen ryhmään kompressorin pyörintänopeuden mukaan; yli 2500 kierrosta minuutissa pyöriviin ja alle 2500 kierrosta minuutissa pyöriviin. (Bosch 2003, 751 - 752.)

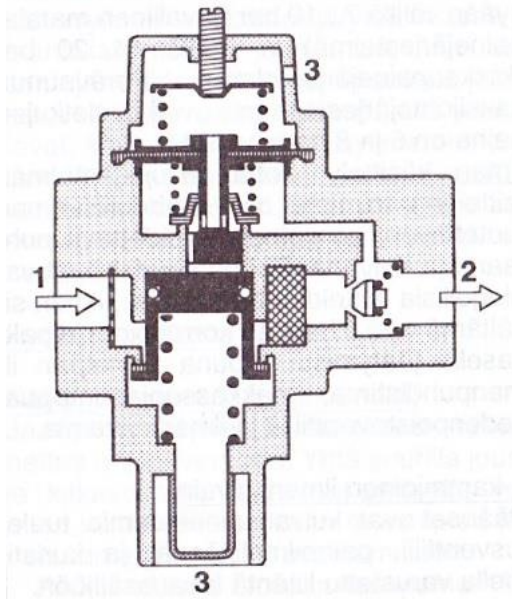


Kuvio 3. Paineensäätöventtiili (Bosch 1982, 4).

Yli 2500 kierrosta minuutissa pyörivien kompressoreiden paineensäätöventtiilit eivät vaikuta kompressorin toimintaan. Kun paine nousee järjestelmässä säädettyyn paineeseen, paineensäätöventtiili kytkee kompressorin joutokäynnille. Kompressorin laittaminen joutokäynnille hoidetaan paineensäätöventtiilin poistoaukon kautta. Kompressorilta tuleva ilmanpaine päästetään paineensäätöventtiilin poistoaukon kautta suoraan ulkoilmaan. Kun ilmanpaine laskee paineilmasäiliössä säädettyyn alaraja-arvoon, paineensäätöventtiili kytkeytyy paineilmasäiliötä täyttävään asentoon. (Bosch 2003, 751.)

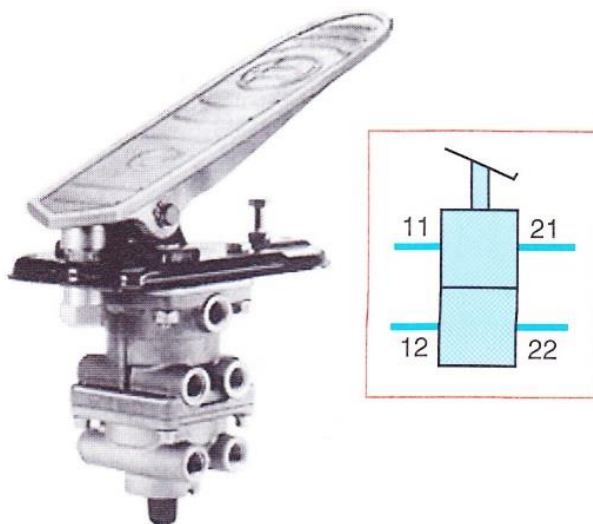
Alle 2500 kierrosta minuutissa kiertävän kompressorin paineensäätöventtiili ohjaa kompressoria. Kun paine on noussut paineilmasäiliössä säädettyyn ylärajaa arvoon, paineensäätöventtiili alkaa ohjaamaan kompressorin imuventtiiliä auki työntömännän avulla. Imuventtiilin ollessa auki ilma liikkuu kompressorin imukana-
vassa vapaasti. Kun ilmanpaine laskee paineilmasäiliössä säädettyyn alaraja-
arvoon, paineensäätöventtiili palauttaa kompressorin imuventtiilin normaaliin toi-
mintaan, jolloin kompressori alkaa tuottamaan painetta paineilmasäiliöön. (Bosch
2003, 751 - 752.)

1 kompressorilta, 2 ilmasäiliöille,
3 poistoaukot.



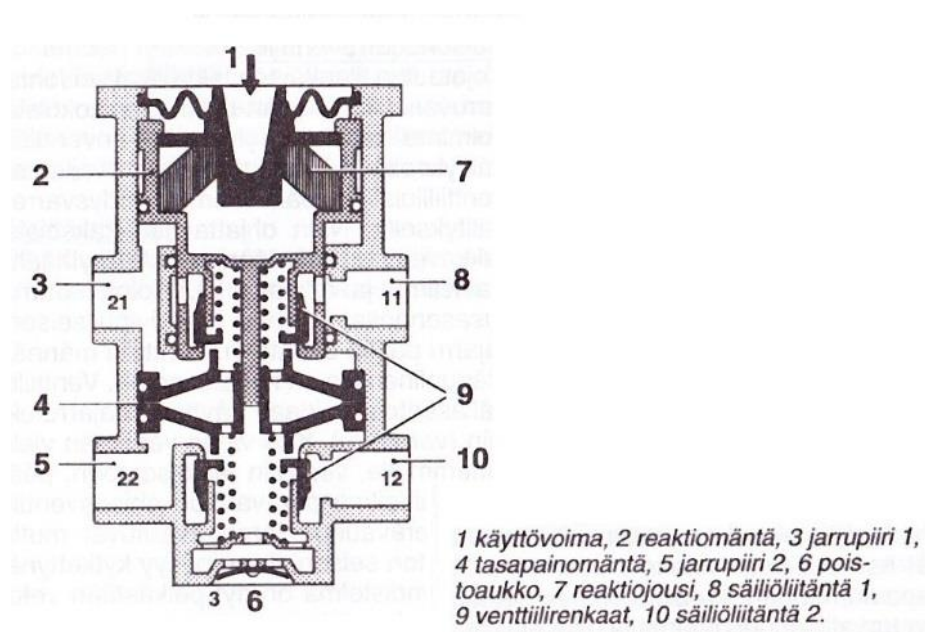
Kuvio 4. Paineensäätöventtiili (Bosch 2003, 751).

Käyttöjarruventtiili. Käyttöjarruventtiilin (kuvio 5) tehtävänä on säätää pyöräjarrujen jarrutuspainetta. Vetoautossa käyttöjarruventtiiliä käytetään mekaanisesti jarrupolkimen välityksellä ja perävaunun käyttöjarruventtiiliä käytetään ohjauspaineen avulla. (Mylläri ym. 2003, 16.)



Kuvio 5. Käyttöjarruventtiili (Mylläri ym. 2003, 16).

Käyttöjarruventtiilin toiminta. Ohjausventtiileitä on kaksi kappaletta. Ne on rakennettu yhteen ja toimivat jarrupolkimen avulla (kuvio 6). Tarkoituksena on saada molemmat piirit yhtä aikaa avautumaan. Yhtäaikainen avautuminen hoidetaan saman suuruisilla kitka- ja jousivoimilla sekä mekaanisen voiman välityksellä. Kaksoistiivistetty tasapainomäntä on piirien välissä ja männän molemmin puolin vaikuttaa kummankin jarrupiirin jarrupaine. Tasapainomännän tehtävänä on tasata molempien piirien jarrupaineet yhtä suuriksi. Jarrupoljinta painettaessa esijännitetty reaktiojousi vastaa nopeasti jarrupolkimen liikkeeseen. Käyttöjarruventtiilissä jarrupolkimelle tuntuman antaa reaktiomäntä sekä reaktiojousi. (Bosch 2003, 753.)

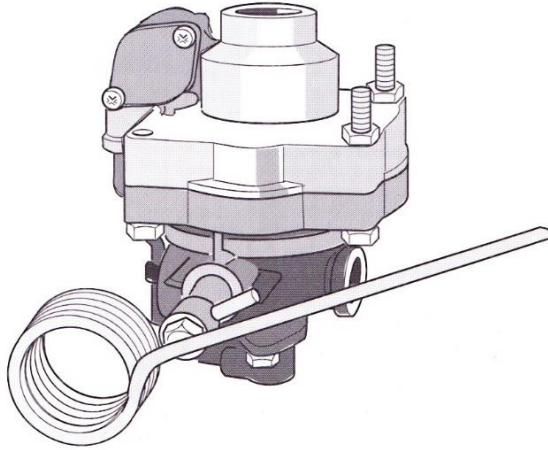


Kuvio 6. Käyttöjarruventtiilin rakenne (Bosch 2003, 754).

Jarruvoimansäädin. Jarruvoimansäädin nimensä mukaisesti säätelee jarruille menevää jarrupainetta kuorman mukaan. Mitä enemmän kuormaa on kyydissä, sitä enemmän jarruille annetaan jarrupainetta. Eli raskaalla kuormalla annetaan kaikki jarrupaineet ja kevyemmällä kuormalla annetaan vähemmän jarrupainetta, jolloin estetään jarrujen lukkiutuminen. (Bosch 1982, 23.)

Jarruvoimansäädin ottaa tietonsa akseliston asennosta tai ilmajousituksen painetiedosta. Akseliston asennosta ottava jarruvoimansäädin (kuvio 7) on kiinnitetty runkoon ja vipu on kiinnitetty ajoneuvon akseliin. Akseliston asentoon perustuvia jarruvoimansäätimiä on kahdenlaisia: hydraulisia sekä pneumaattisia. Hydraulisia

jarruvoimansäätimiä käytetään hydraulisissa käyttöjarrujen siirtolaitteistojärjestelmissä. Pneumaattisia jarruvoimansäätimiä käytetään pneumaattisissa käyttöjarrujen siirtolaitteistojärjestelmissä. (Mylläri ym. 2003, 16.)



Kuvio 7. Jarruvoimansäädin (Mylläri ym. 2003, 91).

Jarruvoimansäätimen toiminta. Akseliston asennosta ottavan jarruvoimansäätimen toimintaperiaate on seuraavanlainen. Jarruvoimansäätimen (kuvio 8) sisällä on kalvo, jonka molemmin puolin vaikuttaa paine. Jarruvoimansäätimen sisällä on mäntä, joka liikkuu kamparenkkaan sisällä. Männän asento riippuu ajoneuvon kuormituksesta sekä siitä, miten paljon jarruvoimaa halutaan jarruilta. Kalvoon vaikuttava pinta-ala riippuu männän asennosta. (Mylläri ym. 2003, 91.)

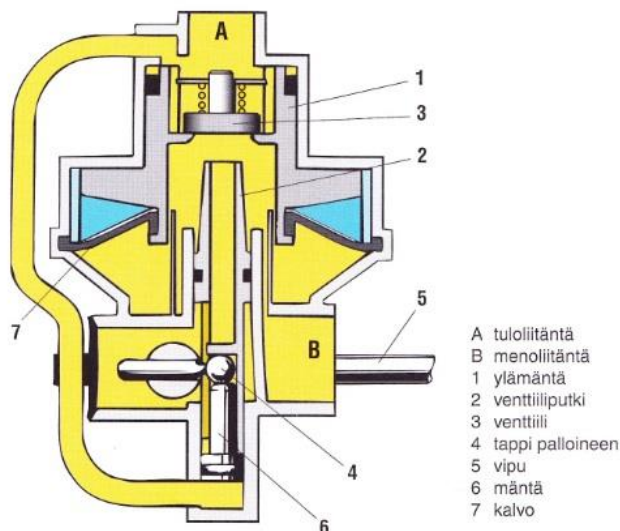
Jarrutettaessa männän yläpuolella olevasta liittimestä tulee paineilmaa venttiiliin. Mäntä lähtee painumaan alaspäin siirtäen samalla venttiiliä. Venttiili painaa venttiiliputken palloa vasten. Samaan aikaan paineilmaa menee yhdysputkea pitkin pallon alapuolelle painaen palloa ylöspäin. Tässä vaiheessa venttiiliputki on siinä asennossa, joka vastaa ajoneuvon kuormitusta. Männän laskiessa yhä alaspäin venttiili alkaa avautumaan, painautuessaan venttiiliputkea vasten. Ilma pääsee virtaamaan kalvon alapuolelle, joka on männän alapuolella sekä samalla paineilma pääsee jatkamaan matkaa menoliitännän kautta kohti jarrusylintereitä. (Mylläri ym. 2003, 93.)

Jarrutusteho jarrusylintereille määrätään jarruvoimansäätimessä olevan venttiiliputken asennon mukaan. Venttiiliputken asento riippuu akseliin kiinnitetyn vivun asennosta, joka määräytyy akselin asennon eli kuormituksen mukaan. Mitä ylem-

pänä venttiiliputki on, sitä herkemmin venttiili avautuu. Eli suurella kuormalla venttiiliputki on yläasennossa. (Mylläri ym. 2003, 93.)

Jarruvoimansäätimen tasapainotila saavutetaan sitten, kun jarrupaineet alkavat nousemaan jarrusylintereissä ja jarruvoimansäätimen kalvon alapuolella vaikuttava paine alkaa myös nousemaan. Jarruvoimansäätimessä oleva kalvo painaa mäntää ylöspäin ja venttiili sulkeutuu. Tässä vaiheessa saavutetaan tasapainotila eli kalvon molemmin puolin vaikuttaa sama paine. Männän alapuolella on suurempi tehollinen pinta-ala, jolloin menoliitännässä on pienempi ilmanpaine kuin tuloliitännässä. (Mylläri ym. 2003, 94.)

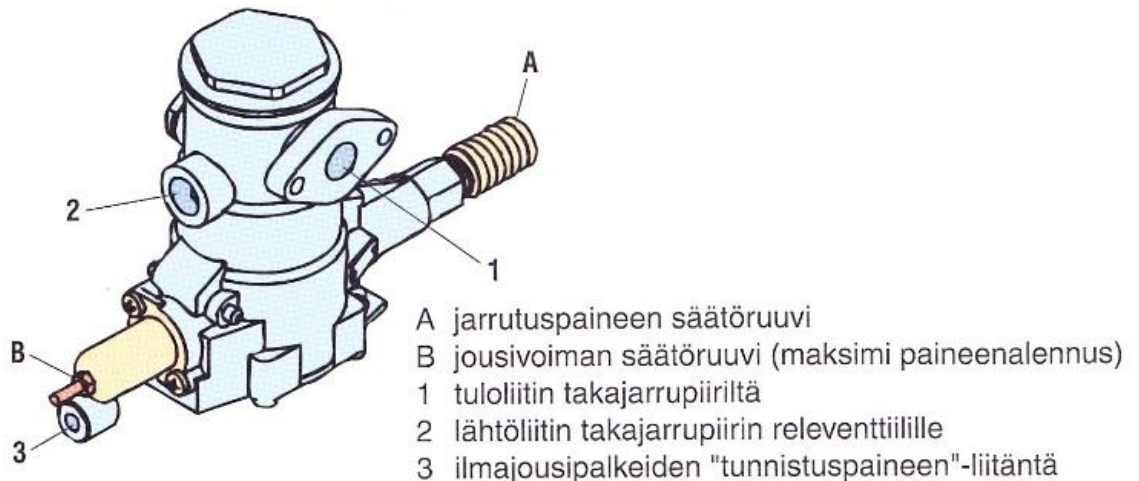
Kun jarrupoljin nostetaan ylös eli jarrutus lopetetaan, mäntä lähtee nousemaan ylöspäin ja venttiili sulkeutuu. Tämän jälkeen jarrusylintereiltä tuleva paineilma pääsee virtaamaan jarruvoimansäätimen poistoaukon kautta ulkoilmaan. (Mylläri ym. 2003, 94.)



Kuvio 8. Jarruvoimansäätimen rakenne (Mylläri ym. 2003, 93).

Ilmajousituksen jousipalkeiden painetietoon perustuvaa jarruvoimansäätimen toimintaperiaate on seuraavanlainen (kuviokuva 9). Ideana on, että mitä enemmän ajoneuvoon lastataan tavaraa, sitä kovemmat jarrupaineet jarrusylintereille menee ja kun tavara vähenee, jarrupaineetkin laskevat. Jousipalkeiden painetietoon perustuvissa jarruvoimansäätimissä on kolme paineilimaliitettä ja kaksi säätöruuvia. Ilmajousituspalkeiden liitännästä tunnustetaan jousipalkeiden paine. Tuloliitännästä

saadaan takajarrujen käyttöpainella ja lähtöliitännästä saadaan säätöpainella takajarrupiirin releventtiilille. Toisella säätöruuvilla voidaan säätää jousivoima-asetusta ja toinen säätöruuvi on jarrutuspainelle. Ilmapalkeiden painetietoon perustuva jarruvoimansäädin on sijoitettu vanhemmissa ajoneuvoissa ennen releventtiiliä. Uudemmissa ajoneuvoissa releventtiili on sijoitettu jarruvoimansäätimen kanssa samaan pakettiin. (Mylläri ym. 2003, 97.)



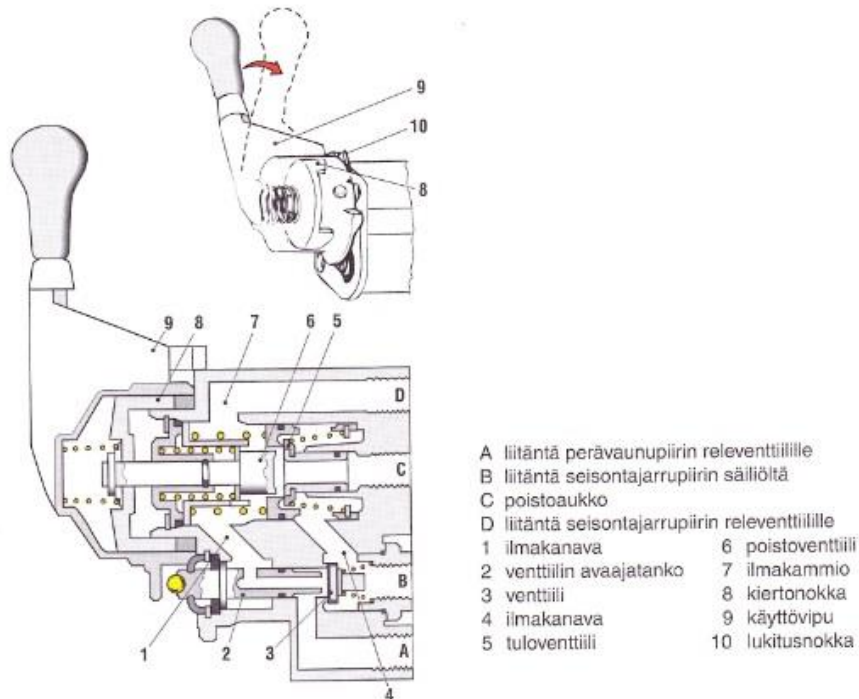
Kuvio 9. Ilmajousitetun vetoauton kuormantunnistava jarruvoimaventtiili (Mylläri ym. 2003, 97).

Seisontajarruventtiili. Seisontajarruventtiili sijaitsee yleensä koetaulussa (kuvio 10). Seisontajarruventtiilin päätehtävä on nimensä mukaisesti ohjata seisontajarrua, mutta sitä voidaan käyttää myös varajarruna. (Mylläri ym. 2003, 106.)

Ajoasennossa poistoventtiili on kiinni ja paineilma pääsee kulkemaan seisontajarrun releventtiilille, joka vapauttaa jousijarrusylinterin. Perävaunun releventtiilille pääsee paineilma kulkemaan avaajatangon kanavan kautta ja seisontajarrut ovat vapautetut. (Mylläri ym. 2003, 107.)

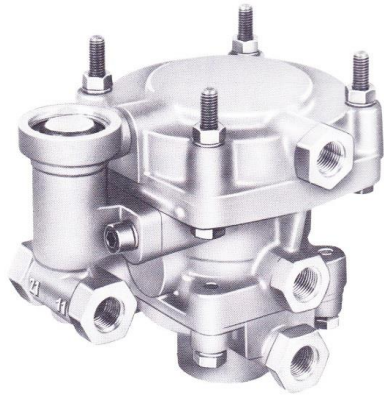
Varajarrutasennossa siirretään käyttövipua sen verran, että kiertonokka sulkee tuloventtiilin. Samanaikaisesti poistoventtiili aukeaa ja releventtiileiltä tulevasta putkistoista paineilma pääsee virtaamaan poistoaukon kautta pois. Tässä vaiheessa jousijarrut aloittavat jarrutuksen. Myös perävaunu alkaa jarruttamaan saatuaan ohjauspainella releventtiilille. Jarruvoima säädetään käyttövivun asennon mukaan. Jarrutus lopetetaan vapauttamalla käyttövipu ajoasentoon. (Mylläri ym. 2003, 107.)

Pysäköintiasennossa käyttövipu vedetään lukittuun asentoon ja venttiili aukeaa venttiilitangon välityksellä. Ilma lähtee virtaamaan venttiin kautta releventtiiliä kohti tyhjentäen jousijarrusylinterit paineilmasta seisontajarruventtiilissä olevan poistoventtiin kautta, ja seisontajarrut kytkeytyvät päälle. Kun käyttövipu vapautetaan, myös seisontajarrut vapautuvat, kun jousijarrusylinterit ovat täyttyneet paineilmasta. (Mylläri ym. 2003, 108.)



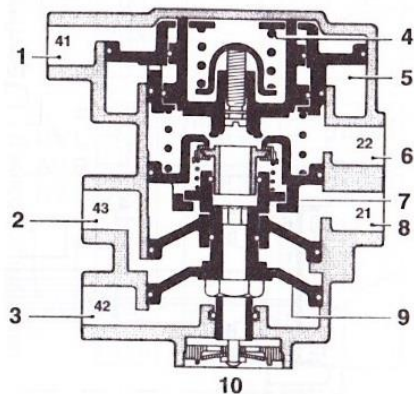
Kuvio 10. Seisontajarruventtiili (Mylläri ym. 2003, 106).

Perävaunun ohjausventtiili. Perävaunun ohjausventtiili sijaitsee vetoautossa (kuvio 11). Sillä ohjataan perävaunun jarrujen toimintaa. Perävaunun ohjausventtiili saa ohjauksen seisontajarrulta sekä kummaltakin käyttöjarrupiiriltä. Ajoneuvolla ajettaessa venttiin säiliöliitännöihin sekä seisontajarruliitännöihin vaikuttaa paine (kuvio 12). Jarrutettaessa jarrupiireissä nouseva paine nostaa perävaunun ohjausletkun painetta. Perävaunun ohjausventtiilissä on kaksi erikokoista mäntää. Ensimmäiselle jarrupiirille on isompi mäntä, joten se alkaa toimimaan aikaisemmin. Paineen voittaessa toisen jarrupiirin esiohjauksen jousivoiman, alkaa toisen jarrupiirin mäntä myös liikkumaan. Kun jarruvoimaa aletaan pienentämään, jarrupiireissä pienenevä paine laskee myös perävaunun ohjausletkun painetta. (Bosch 2003, 755.)



Kuvio 11. Perävaunun ohjausventtiili (Bosch 1982, 42).

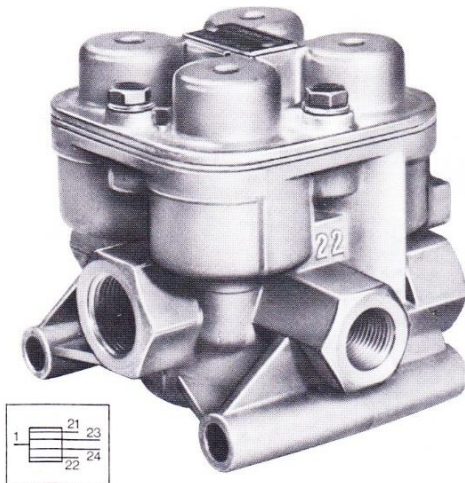
Kun seisontajarru kytketään päälle, seisontajarrupiiri tyhjenee ilmasta ja jousijarrusylinterit kytkeytyvät päälle. Samanaikaisesti perävaunun ohjausventtiili ohjaa paineen perävaunun ohjusletkulle. Kun seisontajarru vapautetaan, seisontajarrupiiriin tulee paine ja jousijarrusylinterit vapautuvat ja perävaunun ohjausletku tehdään paineettomaksi. (Bosch 2003, 755.)



1 jarrupiiri 1, 2 seisontajarrupiiri, 3 jarrupiiri 2, 4 esiohjausjousi, 5 säätömäntä 1, 6 liitäntä perävaunun ohjausletkulle, 7 säätömäntä, 8 liitäntä perävaunun säiliölle, 9 säätömäntä 2, 10 poistoaukko.

Kuvio 12. Perävaunun ohjausventtiilin rakenne (Bosch 2003, 755).

Nelipiirisuojaventtiili. Nelipiirisuojaventtiilin tehtävä on turvata muut piirit, jos yhteen piiriin tulee esimerkiksi putkivuoto (kuvio 13). Toinen tehtävä nelipiirisuojaventtiilillä on pitää huolta paineilmajärjestelmän toimintapiirien täyttöjärjestyksestä. Toimintapiiriä on neljä ja ne täytetään seuraavassa järjestyksessä: käyttöjarru-, perävaunujarru-, seisontajarru- ja lisälaittepiiri (esim. ilmajousituspiiri). (Mylläri ym. 2003, 83.)



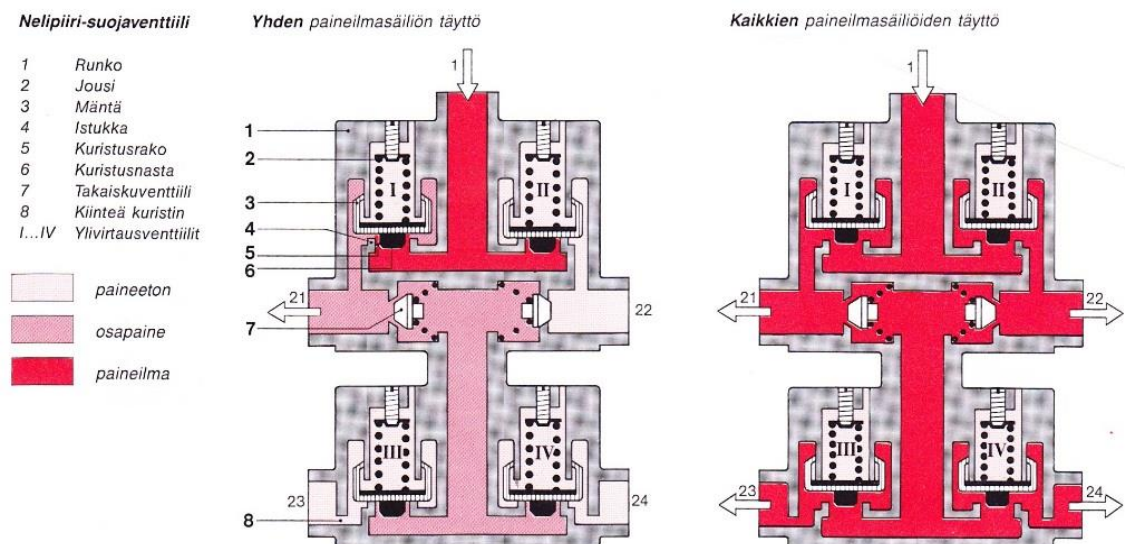
Kuvio 13. Nelipiirisuojaventtiili (Bosch 1982, 10).

Nelipiirisuojaventtiilin rungon rakenne koostuu neljästä ylivirtausventtiilistä (kuvio 14). Ylivirtausventtiileissä on paluuvirtaus mahdollinen. Jokainen ylivirtausventtiili on varustettu paineen mukaan säätävällä kuristimella. Kuristimien tehtävänä on nostaa ylivirtausventtiileiden avautumispainetta. Joten jos yhteen piiriin tulee vuoto, loput kolme piiriä jatkavat toimintaa. Kuristimella varmistetaan paineilmajärjestelmän täyttyminen, vaikka kompressorin tuotto olisi pieni. (Bosch 1982, 10.)

Nelipiirisuojaventtiilin linjalähtöihin 21 ja 22 on sijoitettu ylivirtausventtiilit 1 ja 2. Nämä ylivirtausventtiilit on varustettu takaiskuventtiileillä, joiden kautta ylivirtausventtiileiden 3 ja 4 luokse pääsee paineilma ja ylivirtausventtiileiden avauduttua linjalähdöt 23 ja 24 pääsevät täyttymään. (Bosch 1982, 10.)

Kun jarrujärjestelmässä ei vaikuta paine, nelipiirisuojaventtiilin ylivirtausventtiilien männät painautuvat jousivoiman avulla istukkaa vasten eli kaikki ylivirtausventtiilit ovat nyt kiinni. Kun jarrujärjestelmässä paineilman paine alkaa kasvamaan, nelipiirisuojaventtiilin liitännästä 1 tulee paineilmaa sisään. Kun paineilman paine voittaa ylivirtausventtiilin jousivoiman, alkaa ylivirtausventtiilin läpi kulkemaan paineilma liitäntöihin ja piireihin 21 ja 22. Riippuen ylivirtausventtiiliin asetetusta avautumispaineesta, liitännät 21 ja 22 voivat avautua joko yhtä aikaa tai erin aikaisesti. Piireissä 21 ja 22 vaikuttava paine synnyttää lisävoiman ylivirtausventtiilin männään ja jouseen. Tämä vaikuttaa myös männän teholliseen pinta-alaan. Ylivirtausventtiilin männän auki pitämiseen tarvittava paine on pienempi, kuin männän avautumispaine. (Bosch 1982, 10.)

Kun paineet ovat tasaantuneet samoiksi säiliössä ja nelipiirisuojaventtiilin liittimes-
sä 1, paine nousee yhä ja ylivirtausventtiilit avautuvat yhä enemmän. Kun venttiilit
ovat avautuneet kokonaan, avautuu ylivirtausventtiileiden 1 ja 2 takaiskuventtiilit.
Takaiskuventtiilin kautta paine pääsee ylivirtausventtiileille 3 ja 4. Takaiskuventtiilin
toinen tehtävä on erottaa ylivirtausventtiilit 1 ja 2 toisistaan. Ylivirtausventtiilit 3 ja 4
toimivat samalla tavalla ja paineella kuin ylivirtausventtiilit 1 ja 2. Ylivirtausventtii-
leiden 3 ja 4 jälkeen on kiinteät kuristimet. Kuristimien tehtävänä on estää ylivir-
tausventtiilin liian nopea sulkeutuminen, jotta muista piireistä paineilma pääsisi
virtaamaan siihen piiriin, missä on isoin paineilman kulutus. Yksi esimerkki tilanne
on, kun täytetään jousijarrusylinterit johon tarvitaan nopeasti paljon ilmaa. (Bosch
1982, 10.)



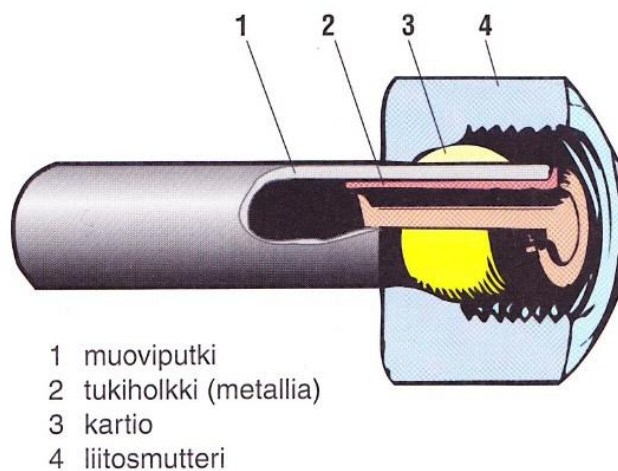
Kuvio 14. Nelipiirisuojaventtiilin rakenne (Bosch 1982, 10).

2.3 Paineilman siirtojärjestelmä

Jarruputki. Paineilmaa siirretään jarruputkissa komponentilta toiselle. Jarruput-
kien materiaalina käytetään sinkittyä teräsputkea sekä muovia. Moottoritilassa se-
kä muissa kuumuudelle ja kulutukselle altistuvissa paikoissa käytetään sinkittyä
teräsputkea. Muissa paikoissa käytetään suurimmalta osin muoviputkea. (Mylläri
ym. 2003, 143.)

Autojen valmistajat määrittelevät minkälaisia letkuja ja putkia autoissa saa käyttää. Nämä letkut ja putket ovat myös standardoituja osia. Ne on määritelty tuuma- sekä metrimitoilla. Metrisillä mitoilla putkien halkaisijat ovat 6, 8, 10 ja 12 mm. Liikkuvis- sa liitoskohdissa käytetään metallivahvisteisia kumiletkuja, muun muassa vetoau- ton ja perävaunun välissä. (Mylläri ym. 2003, 143.)

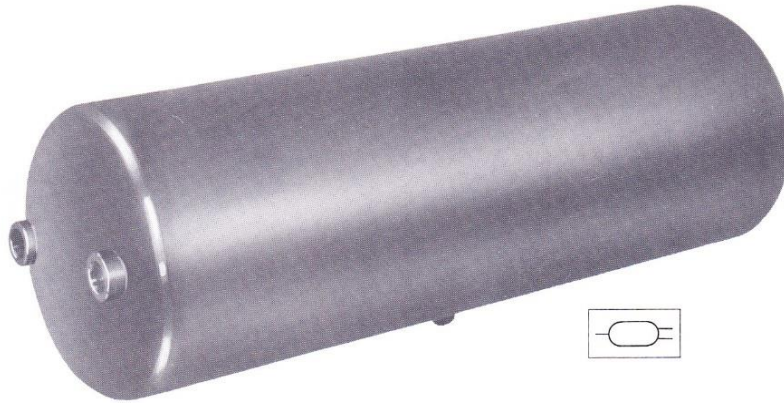
Jarruputkien liitoskohdissa käytetään putkimateriaalista riippuen erilaisia liitoksia. Jarruputken rikkouduttua liitoskohdat tehdään seuraavilla liitoksilla. Teräsputkissa käytetään mutteriliitosta, jossa helmipalloa käytetään tiivisteenä. Muoviputkissa käytetään mutteriliitosta, jossa metallista tukiholkkia ja kartiota käytetään tiiviste- nä (kuvio 15). (Mylläri ym. 2003, 143.)



Kuvio 15. Muoviputken liitinosat (Mylläri ym. 2003, 143).

Paineilmasäiliö. Paineilmasäiliön tehtävänä on varastoida kompressorin paineis- tamaa ilmaa (kuvio 16). Eli toisin sanoen se on paineilmajärjestelmän ”akku”. Pai- neilmasäiliöstä saa hetkellisesti otettua enemmän ilmaa, entä kuin kompressorin pystyisi tuottamaan. Paineilmasäiliöstä saa (rajallisesti) ilmaa myös silloin, kun kompressorin ei tuota ilmaa. (Bosch 1982, 11.)

Paineilmasäiliö on rakennettu teräslevyjä hitsaamalla. Siinä on kaksi tai kolme paineilmalitintä. Paineilmasäiliön pohjaan on sijoitettu kondenssiveden poistoven- tiili. Kondenssiveden takia paineilmasäiliöt täytyy maalata ruostumisen estämiseksi sen sisäpuolelta. Säiliöön ei saa tämän takia jälkeinpäin hitsata mitään, jottei maalipinta vaurioituisi. (Bosch 1982, 11.)



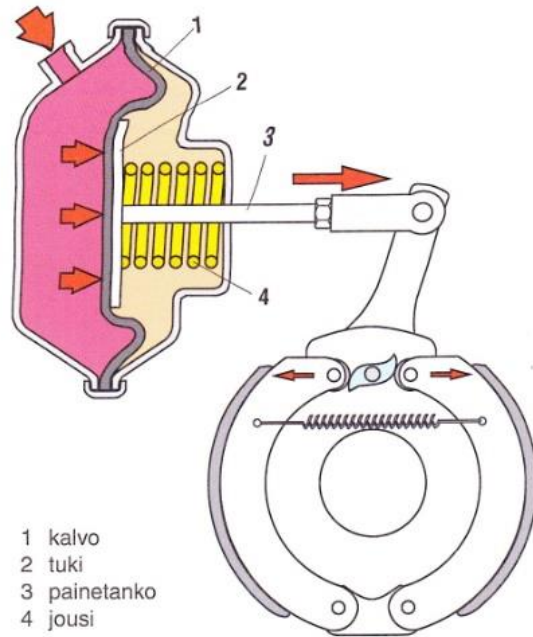
Kuvio 16. Paineilmasäiliö (Bosch 1982, 11).

2.4 Pyöräjarrulaitteet

Nykyään käytetään yhä enemmän levyjarruja myös raskaankaluston ajoneuvoissa. Vielä kuitenkin on käytössä myös perinteisiä rumpujarruja. Tässä osiossa käydään läpi perinteisten rumpujarrujen sekä levyjarrujen rakenteet ja toiminta. (Mylläri ym. 2003, 126.)

Jarrusylinteri. Jarrusylinterin tehtävänä on muuttaa paineilma mekaaniseksi liikkeeksi. Jarrusylintereitä on kahta eri mallia: yksikalvosylintereitä ja monikalvosylintereitä. Yksikalvosylinterissä on nimensä mukaisesti yksi kalvo ja monikalvosylinterissä on useampi kalvo. Monikalvosylinterit ovat turvallisempia kuin yksikalvosylinterit, koska niihin tulee kahdelta piiriltä jarrupaineet. Jos toinen piiri menee rikki, toinen piiri pystyy käyttämään kyseistä monikalvosylinteriä. Kolmella kalvolla varustetussa monikalvosylinterissä, keskimmäisen kalvon tehtävänä on suojata kalvorikon sattuessa jarrusylinterille tulevien jarrupiiripaineiden sekoittuminen. (Mylläri ym. 2003, 102.)

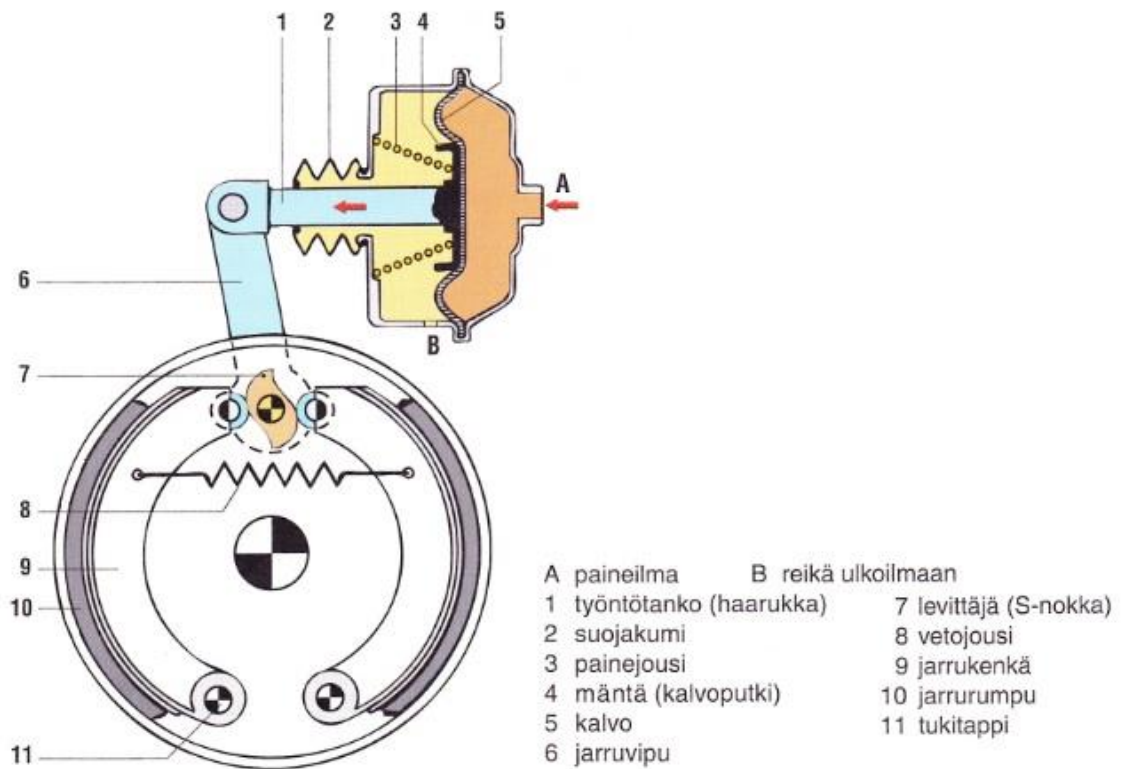
Jarruttaessa paineilma kasaantuu kalvoa vasten ja alkaa työntämään kalvoa (kuvio 17). Kalvo painaa joustaa kasaan, samalla työntäen painetankoa. Painetanko välittää liikkeen jarruvivun ja jarrunokan kautta pyöräjarruille. Jousen tehtävänä on palauttaa kalvo takaisin alkuasentoon jarrutuksen loputtua. (Mylläri ym. 2003, 102.)



Kuvio 17. Jarrusylinteri (Mylläri ym. 2003, 102).

Rumpujarrut. Erityyppisten rumpujarrujen erot löytyvät jarrukenkien tuennasta, kiristyksestä sekä säädöistä (kuvio 18). Rumpujarruihin kohdistuu mekaanista- ja lämpörasitusta. Mekaanista rasitusta syntyy rumpujarrun rakenteisiin, kun jarrukenkää puristetaan rumpua vasten. Lämpörasitusta syntyy, kun jarrukenkien kitkapinnat ja rumpu ottavat toisiinsa kiinni eli liike-energiaa muutetaan lämpöenergiaksi. (Mylläri ym. 2003, 125.)

Rumpujarruja löytyy ainakin kolmea eri päätyyppiä; Simplex, Duo-Duplex sekä Duo-Servo. Raskaissa ajoneuvoissa Näistä Simplex-rumpujarrut ovat yleisimmin käytettyjä. (Bosch 2003, 743 - 745.)

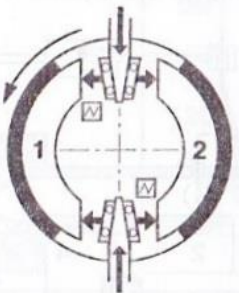
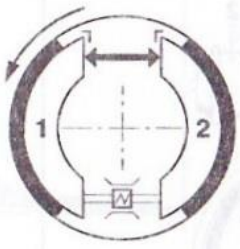
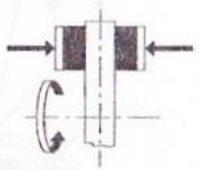


Kuvio 18. Rumpujarru jarrusylinterillä ja S-nokka levittäjällä (Mylläri ym. 2003, 126).

Duo-Duplex-rumpujarrut. Duo-Duplex-rumpujarruja käytetään nykyään hyvin vähän. Duo-Duplex-rumpujarruissa on kaksi kaksitoimista jarrusylinteriä eli paisuttajalaitetta (kuvio 19). Tästä johtuen ajoneuvolla eteen- ja taaksepäin ajettaessa jarrutusteho on yhtä suuri molemmissa jarrukengissä. Duo-Duplex-rumpujarrut tunnistetaan parhaiten uivasta tuennasta sekä liukukenkärakenteesta. Duo-Duplex-rumpujarrujen etuja on jarruhihojen tasainen kuluminen sekä suurempi sisäinen välityssuhde verrattuna Simplex-rumpujarruihin. (Bosch 2003, 744.)

Duo-Servo-rumpujarrut. Duo-Servo-rumpujarrut ovat olleet käytössä enimmäkseen kevyissä hyötyajoneuvoissa. Duo-Servo-rumpujarruissa on yksi kaksitoiminen jarrusylinteri eli paisuttajalaitetta (kuvio 19). Jarrukenkien toisessa päässä on kumpaankin suuntaan liikkuva välikappale. Tästä johtuen ajoneuvolla eteen- ja taaksepäin ajettaessa jarrutusteho on yhtä suuri. Duo-Servo-rumpujarrujen tunnusmerkkinä pidetään molempiin suuntiin jarrutettaessa, että toisiokengän kiristys otetaan ensiökengän tukivoimasta. Duo-Servo-rumpujarruissa on mahdollista käyttää alipainetehosteista jarrujärjestelmää, suuren välityssuhteen vuoksi. Jarrut ovat

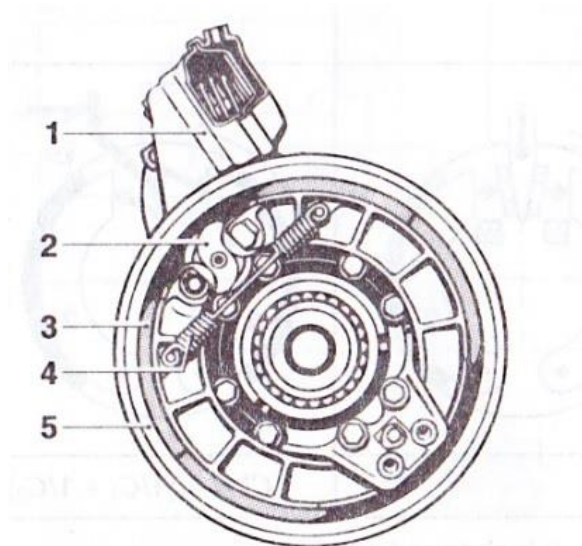
kitkaherkät, joten jokaiseen automalliin joutuu tarkkaan suunnitella välityssuhteet sopiviksi. (Bosch 2003, 744.)

<i>Duo-rumpujarrut ja levyjarru</i>			
<i>Rakennetyyppi</i>	<i>Duo-Duplex levitinkiila</i>	<i>Duo-Servo pakkosäätöinen</i>	<i>Levyjarru</i>
<i>Periaatekuva</i>			
<i>Välityssuhde</i>	$C^* = C_1 + C_2$	$C^* = C_1 + C_2(k_1 + k_2 \cdot C_1)$	$C^* = 2 \cdot \mu$
<i>Jarrukengät</i>	1 tehostava, 2 laahaava kenkä		--

Kuvio 19. Duo-rumpujarrut ja levyjarru (Bosch 2003, 745).

Simplex-rumpujarrut. Simplex-rumpujarruissa on yksi kaksitoiminen jarrusylinteri, jota kutsutaan myös paisuttajalaitteeksi. Simplex-rumpujarrujen rakenne-erot löytyvät lähinnä jarrukenkien kiristyksestä ja tuennasta. Jarrukenkien kiristys tapahtuu joko kiinteästi tai uivasti. Jarrukenkien tuentatyyppienä on nivelkenkä ja liukukenkä. Yleisin ratkaisu on uivalla kiristyksellä toteutettu nivelkenkäjarru. (Bosch 2003, 743 - 744.)

Simplex-rumpujarrurakenteita on kolmea erilaista: S-nokkarumpujarru, Z-nokkarumpujarru ja kiilarumpujarru. Eniten käytetty Simplex-rumpujarru on raskeissa ajoneuvoissa S-nokkarumpujarru, jota on käytetty jo monen vuosikymmenen ajan (kuvio 20). Nimensä se on saanut levittäjän S-muodosta. (Mylläri ym. 2003, 126.)



1 kalvosylinteri, 2 S-nokka, 3 jarrukengä,
4 palautusjouset, 5 jarrurumpu.

Kuvio 20. Simplex S-nokkarumpujarru (Bosch 2003, 744).

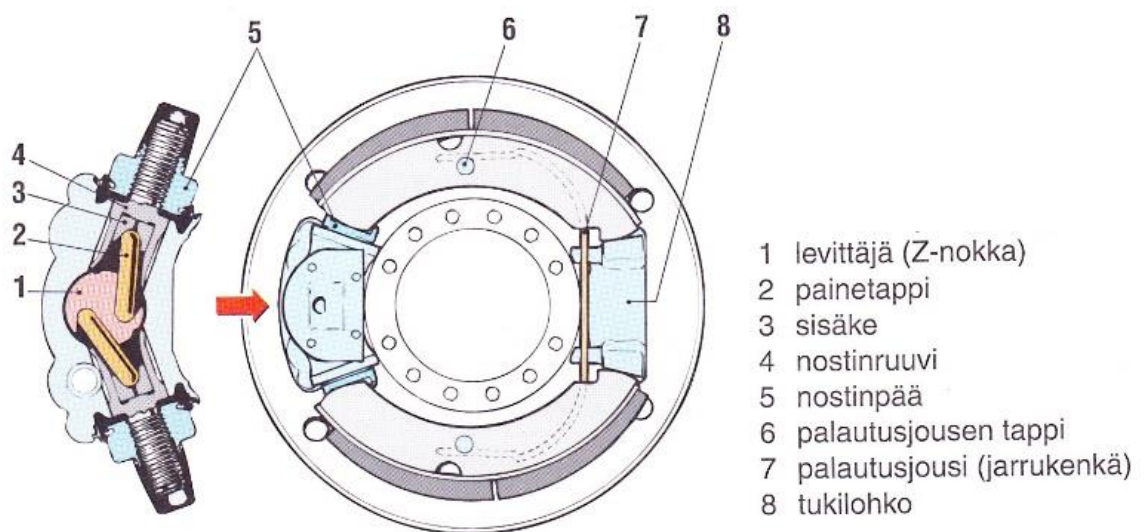
S-nokkarumpujarrut. Jarrutettaessa kalvosylinterin mäntä työntää paineilman avulla työntötankoa jarruvipua vasten. Jarruvipu vääntää levittäjä akselin kautta S-nokkaa. Jarrukengät ovat kosketuksessa S-nokkaan painerullien välityksellä. Jarrukengien toinen pää on laakeroitu tukitapeilla. Vetojouset vetävät jarrukengät painerullien välityksellä S-nokkaa vasten. S-nokan kiertyessä jarrukengien kitkapinnat ottavat jarrurumpua vasten ja jarrutus alkaa. Kun jarrutus lopetetaan, niin kalvosylinterin painejousi palauttaa männän alkuasentoon ja myös S-nokka kiertyy takaisin alkuasentoon. Jarrukengien kitkapinnat irtoavat jarrurummusta ja jarrutus-tapahtuma loppuu. (Mylläri ym. 2003, 126 - 129.)

S-nokkarumpujarrujen etuja on muun muassa jarrukengien tasainen kuluminen, jarruhihnojen kestoikä, yksinkertainen rakenne, seisontajarrun helppo toteutus, sekä kiristysmekanismin hyvä lämpötilankesto. Haittapuolina on muun muassa raskas rakenne suurten sisäisten voimien takia sekä kohtalaisen pieni sisäinen välityssuhde. (Mylläri ym. 2003, 126 - 129.)

Z-nokkarumpujarrut. 80-luvulla markkinoille tulleet Z-nokkarumpujarrun rakenne on uudempi, kuin aikaisemmat S-nokkarumpujarrut (kuvio 21). Z-nokkarumpujarrujen haittapuolena on pidettään suurta kuluvien osien määrää.

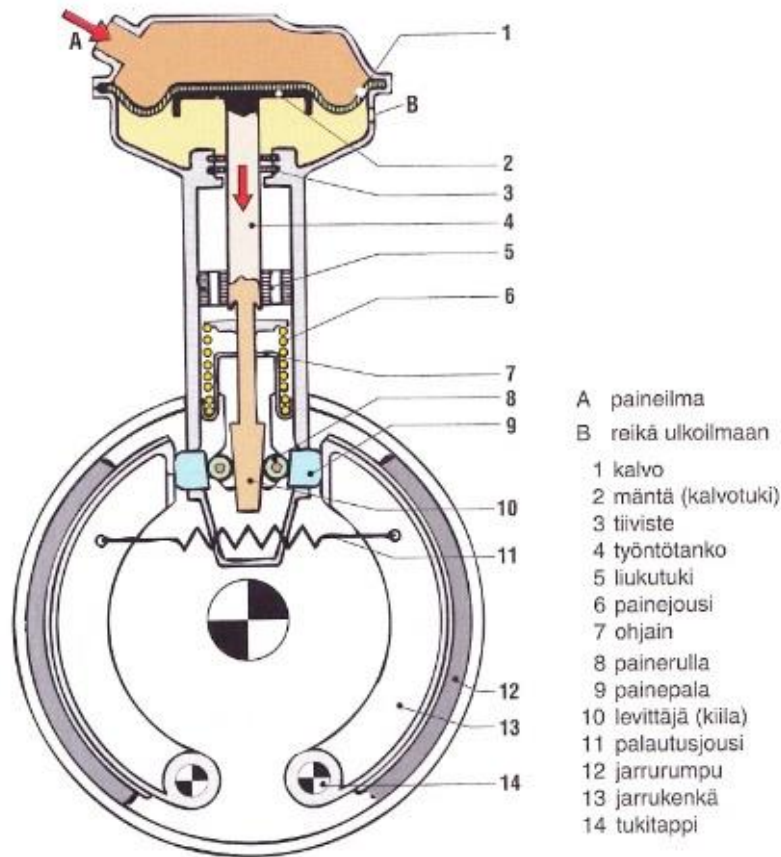
Z-nokkarumpujarrujen hyvänä puolena pidetään sen tasaista jarruvoimajakautumaa sekä jarrupaloille että jarrurummuille. Z-nokkarumpujarrun suljettu levittäjämekanismi säilyy toimintaherkkänä sekä saa hyvin voitelua. Uivien ja itsekeskittyvien jarrukenkien palautusjousi on C-kirjaimen näköinen. Palautusjousi kiinnittyy tukilohkoon sekä jarrukenkien palautusjousen tappeihin. (Mylläri ym. 2003, 132.)

Jarrutettaessa levittäjä kiertyy, painaen samalla painetappeja. Painetapit painavat nostoruuveja nostinpäitä vasten. Nostinpäät painavat jarrukenkiä rumpuja vasten ja jarrutustapahtuma alkaa. Jarrutuksen päätyttyä palautusjousi palauttaa jarrukengät alkuasentoon. (Mylläri ym. 2003, 132.)



Kuvio 21. Z-nokkalevittäjä (Mylläri ym. 2003, 132).

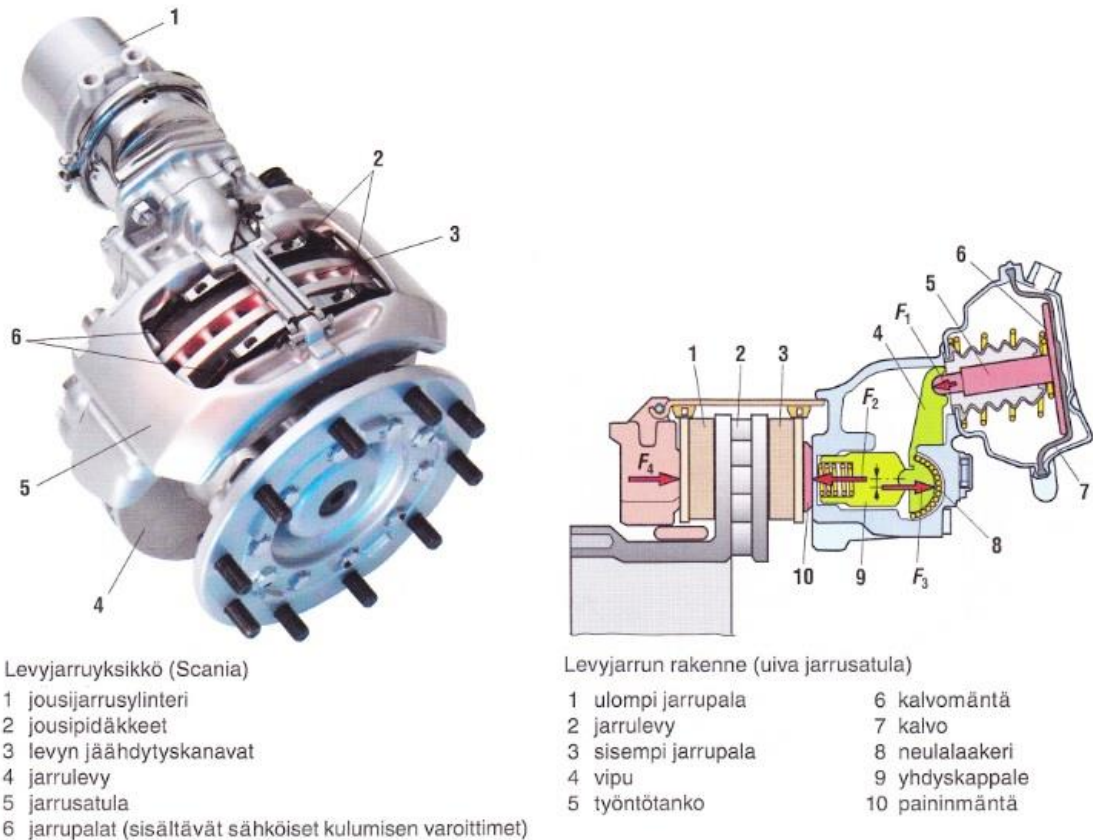
Kiilarumpujarrut. Kiilarumpujarruja käytetään suurimmalta osin kevyissä kuorma-autoissa. Kiilarumpujarruissa on samantapainen jarrukenkien ja ripustusten rakenne, kuin S-nokkarumpujarruissa. Kiilarumpujarrut eroavat toisistaan sen levitysmekanismin osalta (kuvio 22). Kiilarumpujarrussa se on nimensä mukaisesti kiilamainen mekanismi. Jarrutettaessa kalvosylinteriin tulee paine ja mäntä alkaa työntämään työntötankoa ohjaimessa. Työntötanko painaa painejousta kasaan, työntäen samalla kiilamaista levittäjää. Levittäjä puristaa painerullien ja painepalan välityksellä jarrukenkiä jarrurumpuun ja jarrutus alkaa. Jarrutuksen jälkeen painejousi nostaa levittäjän ylös, lopettaen samalla jarrutustapahtuman. Palautusjousi vetää jarrukengät takaisin alkuasentoon. (Mylläri ym. 2003, 131.)



Kuvio 22. Kiilarumpujarru (Mylläri ym. 2003, 131).

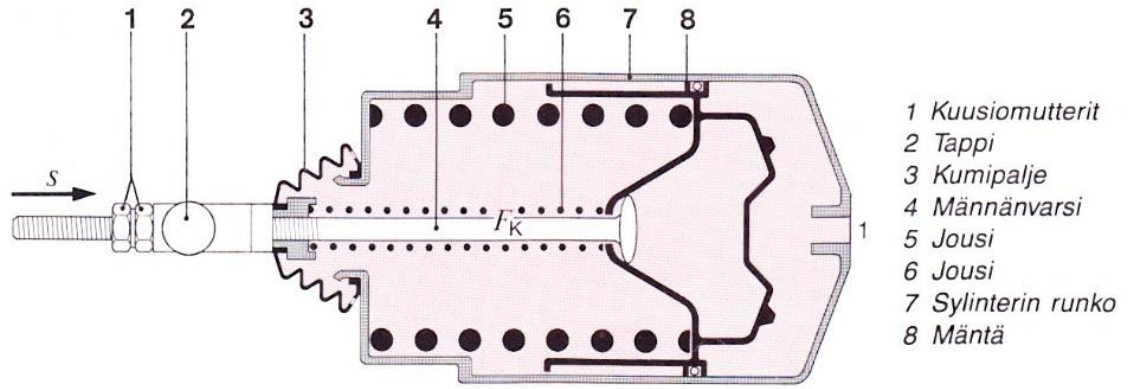
Levyjarrut. Nykyään käytetään yhä enemmän levyjarruja myös raskaassa kalustossa. Levyjarrujen etuja verrattuna rumpujarruihin on monia. Levyjarruilla saadaan parempi jarrutustehon kontrollointi sekä tasaisempi kitkapintojen kuluminen. Levyjarrut ovat huoltovapaammat sekä kestävät paremmin kuumuutta. Levyjarrujen rakenteeseen eli perusosiin kuuluu jarrulevy, jarrusatula ja jarrusylinteri (kuvio 23). Jarrulevyjen täytyy kestää suurta lämpörasitusta, joten jarrulevyt ovat yleensä tuuletettuja. (Mylläri ym. 2003, 138.)

Jarrutettaessa paine syntyy kalvosylinterille ja kalvomäntä alkaa työntämään työntötankoa. Työntötanko työntää laakeroitua vipuvartta, jolloin liike siirtyy yhdyskappaleeseen. Yhdyskappaleelta voima välitetään automaattisäädön kautta paininmäntään. Paininmäntä painaa jarrupalat jarrulevyä vasten ja jarrutus alkaa. Uivan jarrusatulan ansiosta saadaan molemmille jarrupaloille välitettyä yhtä suuri voima. Kun jarrutus lopetetaan, jarrupalat vapautuvat jarrulevystä ja jarrutustapahtuma loppuu. (Mylläri ym. 2003, 138.)



Kuvio 23. Levyjarruyksikkö ja rakenne (Mylläri ym. 2003, 138).

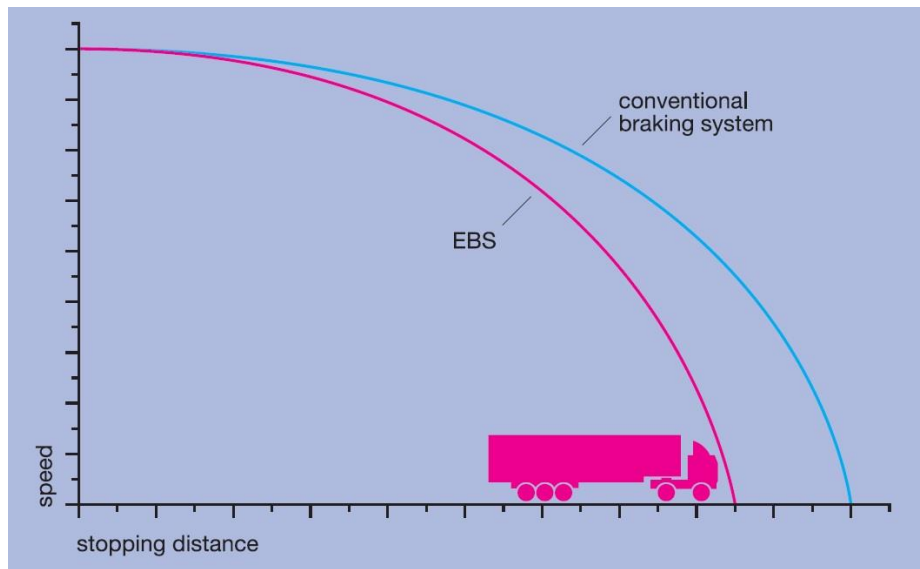
Seisontajarru. Raskaankaluston seisontajarrut on toteutettu yleensä jousijarrusylinterillä (kuvio 24). Jousijarrusylinterit ovat seisontajarruasennossa, kun jousijarrusylinterissä ei ole paineilmaa. Seisontajarrut vapautetaan päästämällä paineilmaa jousijarrusylinterille. Jos auton paineilmajarrujärjestelmä on mennyt rikki ja paineilmaa ei ole saatavilla, seisontajarrut voidaan vapauttaa myös jousijarrusylinterissä olevan vapautusmutterin avulla. Jarrujen vapautusmutteri ruuvataan auki ja auto voidaan tämän jälkeen siirtää korjaamoon. Jousijarrusylinteriä voidaan käyttää myös varajarruna. Varajarrua käytetään seisontajarrukahvasta. Seisontajarrukahvaa vääntämällä saadaan paineilmaa pois jousijarrusylinteriltä. Jousi alkaa palautumaan lepoasentoon, jarruttaen samalla ajoneuvoa. (Bosch 2003, 745 - 746.)



Kuvio 24. Jousijarrusylinteri (Bosch 1982, 38).

3 EBS-JARRUJÄRJESTELMÄ

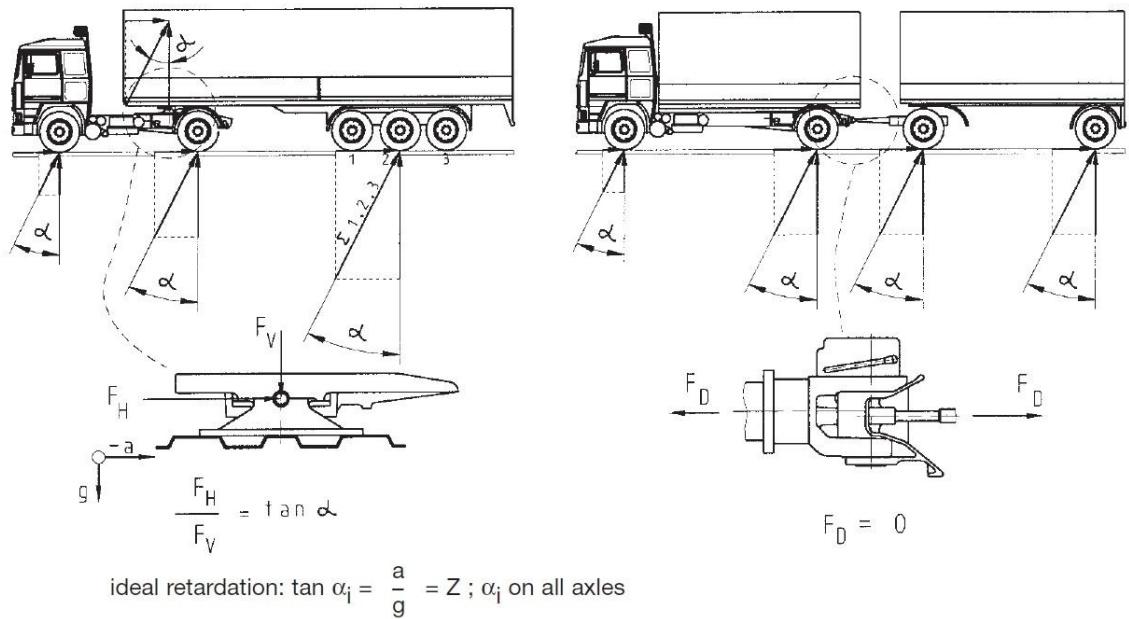
Elektronisesti ohjatun jarrujärjestelmän (EBS) tehtävänä on optimoida jarrutustapahtuma, antaa perävaunun ja vetoauton välille paras mahdollinen jarrutussuhde, sekä lyhentää jarruviivettä (kuvio 26). Jarrutustapahtumasta saadaan entistä vakaampi, jarrutusmatkoja saadaan lyhennettyä (kuvio 25) sekä automaattisella jarrujen kunnon valvontajärjestelmällä saadaan jarrujen elinikää pidennettyä. (Mylläri ym. 2003, 190.)



Kuvio 25. EBS- vs. perinteinen jarrujärjestelmän pysähtymisen etäisyydet (Wabco 2004, 17).

Näillä ominaisuuksilla saadaan parempi ajoturvallisuus ajoneuvoon sekä ajoneuvoyhdistelmään. Kuljetusyrittäjän taloudellisuutta saadaan parannettua monipuolisilla valvonta- ja vianmääritysjärjestelmällä, jonka ansiosta huoltoseisokkeja saadaan vähennettyä. Nämä kaikki ominaisuudet yhdessä auttavat kuljettajan ajomukavuutta parantamaan. (Mylläri ym. 2003, 190.)

Muun muassa Daimler-Benz, Rockwell-Wabco ja Robert Bosch ovat olleet kehittämässä EBS-jarrujärjestelmää. Nykyään jarrujärjestelmiä valmistaa muun muassa Knorr-Bremse, Wabco sekä Haldex. (Mylläri ym. 2003, 190.)



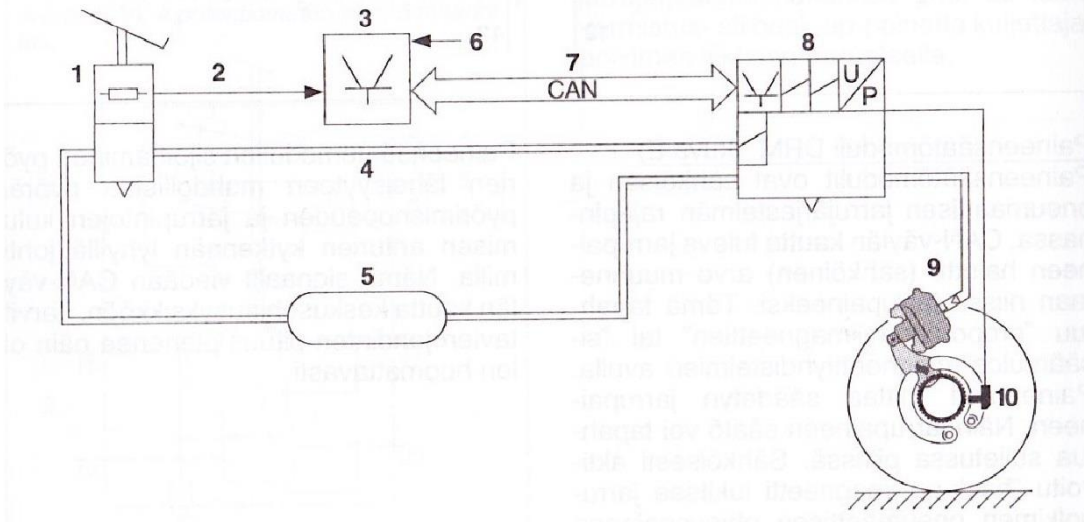
Kuvio 26. Ideaalinen jarruvoimajakauma akseleiden välillä (Wabco 2004, 14).

3.1 EBS-jarrujärjestelmän rakenne

Vetoauton ja perävaunun EBS-jarrujärjestelmät on mahdollista varustaa aina käyttötarpeen mukaan. Tämä on mahdollistettu moduulirakenteilla, joista EBS-jarrujärjestelmän osat koostuvat. (Mylläri ym. 2003, 191.)

EBS-jarrujärjestelmä pohjautuu perinteiseen kaksipiiriseen paineilmajärjestelmään. Tähän on lisätty mikroprosessoripohjainen säätö- ja ohjauselektronikka, joilla saadaan tuotettua järjestelmään erinäisiä ominaisuuksia. Elektronisien komponenttien tiedonvälitys hoidetaan CAN-väylän kautta (kuvio 27). (Mylläri ym. 2003, 191.)

1 jarrupoljinmoduli (FBM), 2 ajajan "jarrutustoivomus", 3 EBS:n keskusohjausyksikkö, 4 pneumaattinen "back-up" eli paineenvarmistus, 5 paineilmasäiliö, 6 kuormitustieto, 7 jarrujen CAN-väylä, 8 paineensäätömoduli (DRM), 9 kalvosylinteri, 10 pyörän pyörimisnopeuden anturi.



Kuvio 27. Tiedonsiirto sähköisessä jarrujärjestelmässä (Bosch 2003, 764).

3.2 EBS-jarrujärjestelmän toiminta

EBS-jarrujärjestelmä herätetään virta-avaimella tai painamalla jarrupoljinta. Kun järjestelmän virta on kytkeytynyt päälle, järjestelmä tekee itsetestauksen. Kun järjestelmään on suoritettu itsetestaus ja todettu ehjäksi, mittaristossa olevat varoitusvalot sammuvat ja järjestelmä on valmis käytettäväksi. (Bosch 2003, 764.)

Jarrutustapahtuma aloitetaan painamalla jarrupoljinta. Jarrupoljin on kiinni käyttöjarruventtiilissä. Käyttöjarruventtiilin käyttökarassa on sähköiset kytkimet sekä liikematkatunnistimet. Molempia tunnistimia on kaksi kappaletta. Jarrupolkimen liikkuessa käyttökaran kytkimien ja liikematkatunnistimien signaalit käännetään pulssin leveydeksi. Pulseja voidaan kutsua "jarrutustoivesignaaleiksi", jotka lähetetään CAN-väylän kautta EBS-ohjainlaitteelle. (Mylläri ym. 2003, 193.)

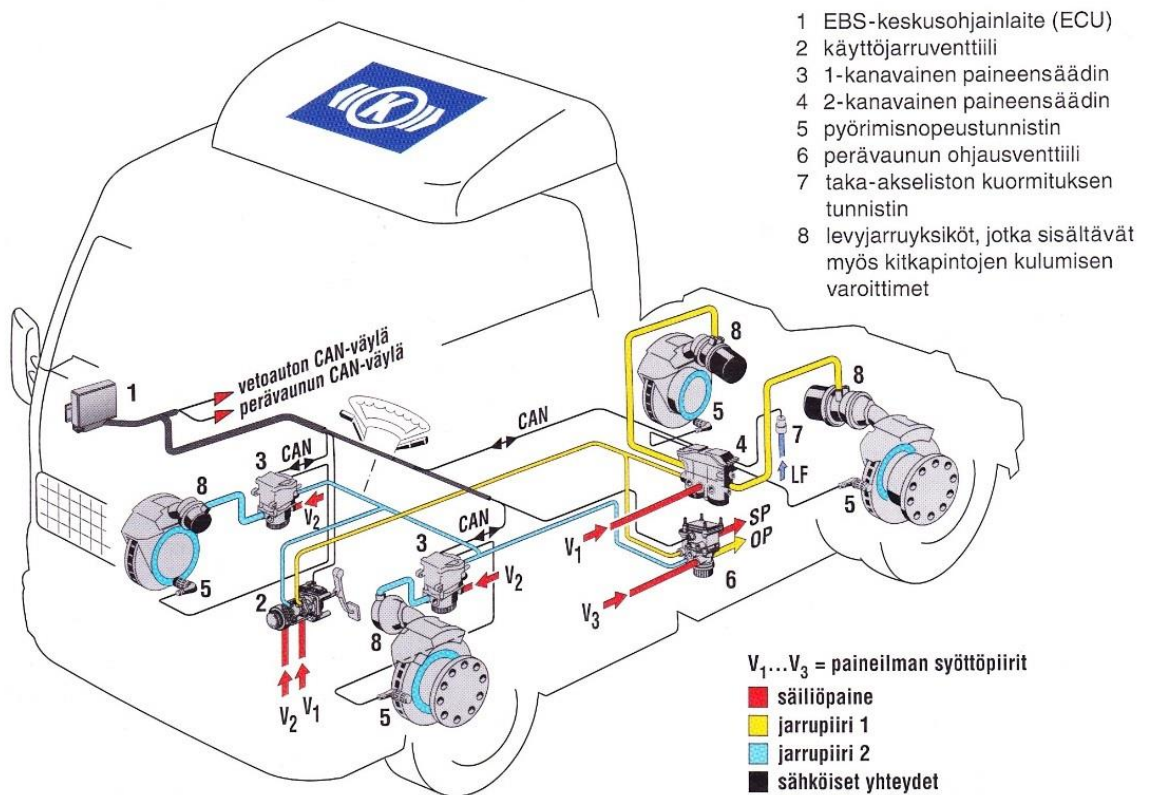
EBS-ohjainlaitteen tehtävänä on tunnistella, milloin jarrupoljinta painetaan sekä arvioida kuinka suuren hidastuvuuden kuljettaja haluaa. EBS-ohjainlaite tunnistaa halutun hidastuvuuden käyttöjarruventtiililtä saadulta pulssin leveydestä. EBS-ohjainlaite lähettää akseli- ja pyörämodulien ohjainlaitteille viitepaineen, joka on arvioitu pulssin leveydestä. Akseli- ja pyörämodulien ohjainlaitteet säätävät mag-

neettiventtiileitä ja releventtiileitä. Releventtiilien tehtävänä on ohjata jarrusylintereiden painetta. Jarrusylintereiden paineeseen vaikuttavat kuljettajalta saatu haluttu hidastuvuus, sekä myös pyörän ja tien välinen kitka. Jos kitka on liian pieni, joudutaan jarrusylintereiden painetta muuttamaan ABS-säätelyn avulla. (Mylläri ym. 2003, 193.)

Taka-akseliston kuormantunnistimelta, pyörien pyörintänopeustunnistimelta sekä jokaisen pyörän modulaattorin jarrupaineentunnistimelta saadaan eri ohjainlaitteille takaisinkytkentätietoa, jotta jarrutuksesta saadaan tasapainoinen. (Mylläri ym. 2003, 193.)

EBS-jarruihin liittyy myös apujarrujärjestelmät eli hidastimet, joita EBS-jarrujärjestelmä hallitsee. Apujarrujärjestelmillä saadaan pyöräjarrujen rasitusta vähennettyä. (Mylläri ym. 2003, 193.)

Kuviosta 28. näkee kuinka komponentit on sijoitettu vetoautoon. Siitä näkee myös kuinka CAN-väylän tieto liikkuu komponentilta toiselle.



Kuvio 28. Vetoauton EBS-järjestelmä (Mylläri ym. 2003, 190).

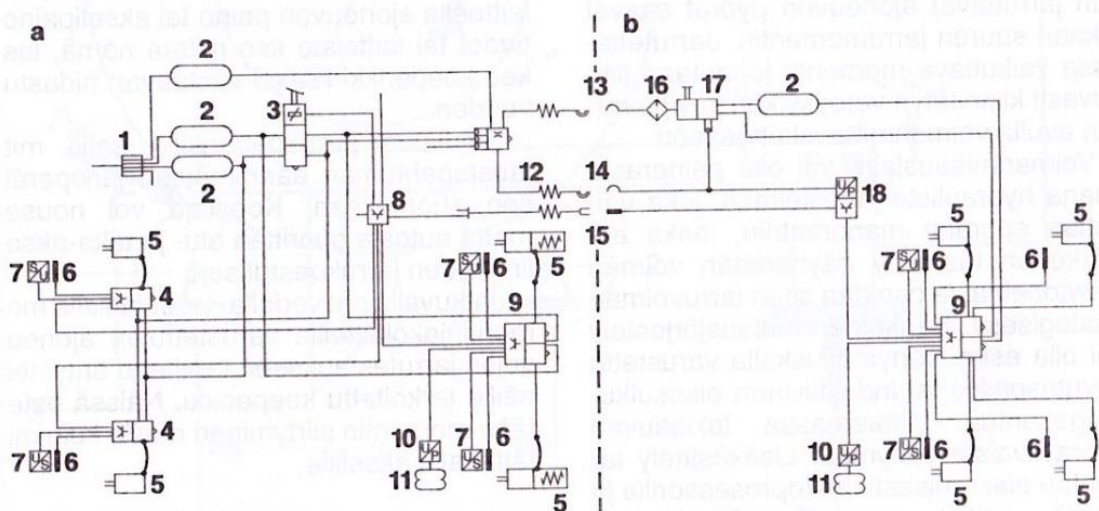
3.3 EBS-jarrujärjestelmän komponentit

EBS-järjestelmässä olevia komponenttien (kuvio 29) määrää on pyritty vähentämään, joten perinteisen jarrujärjestelmän tilalle on suunniteltu kokonaan uusi järjestelmä. EBS-järjestelmässä komponentteja on yhdistelty yksien kuorien sisälle ja niitä on yksinkertaistettu sähköisellä ohjauksella ja valvonnalla. (Mylläri ym. 2003, 194.)

Siirryttäessä normaalista kaksipiirisestä paineilmajärjestelmästä EBS-jarrujärjestelmään, tulee mukaan vain neljä tai viisi uutta käyttäjarrukomponenttia. EBS-jarrujärjestelmää valvoo ja ohjaa EBS-ohjainlaite. Normaalin käyttäjarrupoljinventtiilin tilalle tulee sähköpneumaattinen poljinventtiili. Sähköpneumaattisen paineensäätöyksiköt, jotka ovat akseli- ja/tai pyöräkohtaisia. Taka-akselille tulee sähköinen kuormantunnistin. Sekä lisäksi sähköpneumaattinen perävaunujarrujen ohjausventtiili, jos ajoneuvolla voidaan vetää perävaunua. Järjestelmään kuuluu pyörien pyörimisnopeustunnistimet sekä yleensä myös pyöräjarrujen kitkapintojen kuluneisuuden tunnistimet. (Mylläri ym. 2003, 191.)

a) vetoauto, b) perävaunu.

1 nelipiiri-suojaventtiili, 2 ilmasäiliö, 3 käyttäjarruventtiili liikeantureineen, 4 yksikanavainen paineensäätömoduli (DRM), 5 jarrusylinteri, 6 pyörintänopeuden anturi, 7 kitkapinnan kulumisen anturi, 8 vetoauton EBS-ohjausyksikkö, 9 kaksikanavainen paineensäätömoduli (2K-DRM), 10 paineanturi, 11 jousipalje, 12 perävaunun jarrujen ohjausventtiili, 13 säiliön liitin, 14 jarruliitin, 15 ISO 7638 liitin (7-napainen), 16 letkusuodatin, 17 perävaunun jarruventtiili irrotuslaittein, 18 perävaunun EBS-ohjauslaitteisto.



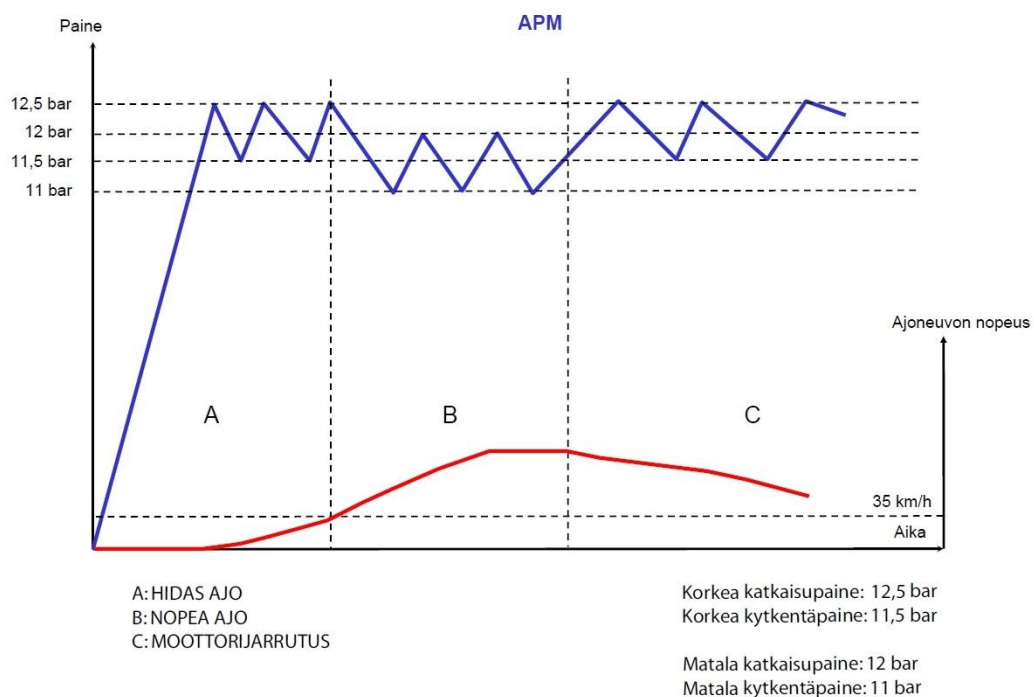
Kuvio 29. EBS-jarrujärjestelmän mukainen käyttölaiteisto (Bosch 2003, 767).

3.3.1 Kompessorori

Nykyaikaista kompressoria ohjataan ajotilanteiden mukaan. Toimintaperiaate kompressorissa sama kuin perinteisessä paineilmajärjestelmässä, mutta ohjaus on muutettu sähköiseksi joten siitä voidaan ohjata joustavammin ja tarkemmin. Painetta ohjataan paineantureiden ja magneettiventtiileiden avulla. (Air Production Management 2005, 27.)

Kuviosta 30 nähdään hyvin kuinka kompressoria ohjataan eri tilanteissa. Hitaassa ajossa (nopeus alle 35 km/h) on suuri ilmankulutus ja katkaisupaine on asetettu 12,5 bariin. Kun nopeus kasvaa yli 35 km/h, puhutaan nopeasta ajosta. Nopeassa ajossa on ilman kulutus pieni, joten tässä tilanteessa katkaisupaine on asetettu 12 bariin. Kompessorin kytkentäpaine on hitaassa ajossa asetettu 11,5 bariin ja nopeassa ajossa 11 bariin. (Air Production Management 2005, 27.)

Moottorijarrutuksessa syntyvää hukkaenergiaa hyödynnetään kompressoriiin. Moottorijarrutuksessa ilmasäiliöt täytetään maksimipaineeseen eli 12,5 barin nopeudesta riippumatta. (Air Production Management 2005, 27.)



Kuvio 30. Kompessorin toiminta (Air Production Management 2005, 28).

3.3.2 EBS-ohjainlaite

EBS-järjestelmän keskeisin osa on EBS-ohjainlaite (kuvio 31). EBS-ohjainlaitteita on EBS-järjestelmässä yksi tai useampi. Jos järjestelmässä on yksi EBS-ohjainlaite, puhutaan keskitetystä ohjainlaitteesta. Keskitetty ohjainlaite tarkoittaa sitä, että kaikki toiminnot on laitettu yhteen ohjainlaitteeseen. Jos järjestelmässä on monta EBS-ohjainlaitetta, puhutaan erillisohjatusta järjestelmästä. (Bosch 2003, 762.)

EBS-ohjainlaitteen tehtävänä on tunnistella, milloin jarrupoljinta painetaan sekä arvioida kuinka suuren hidastuvuuden kuljettaja haluaa. EBS-ohjainlaite tunnistaa halutun hidastuvuuden käyttöjarruventtiililtä saadulta pulssin leveydestä. EBS-ohjainlaite lähettää akseli- ja pyörämodulien ohjainlaitteille viitepaineen, joka on arvioitu pulssin leveydestä. Akseli- ja pyörämodulien ohjainlaitteet säätävät magneettiventtiileitä ja releventtiileitä. (Mylläri ym. 2003, 193.)



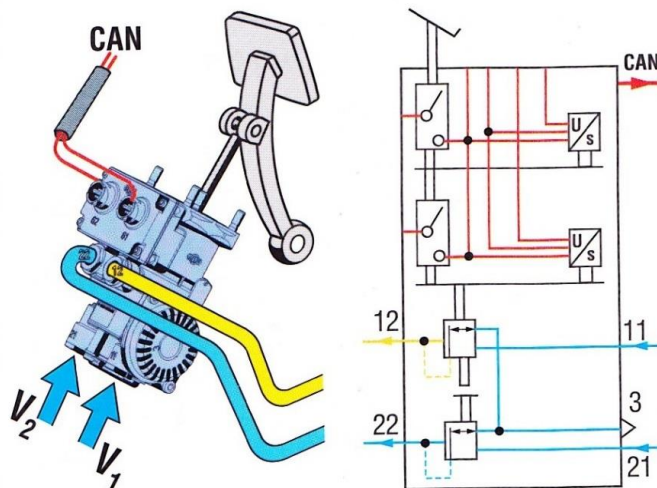
Kuvio 31 EBS-ohjainlaite (Wabco 2004, 7).

3.3.3 Poljinventtiili

Poljinventtiili (kuvio 32) mittaa jarrupolkimen liikematkaa sekä ohjaa perinteisen jarrujärjestelmän varmistuspainetta. Jarrupolkimen liikematka mitataan kahdella anturilla. Antureilta saatu tieto lähetetään ohjauskeskukseen, jossa lasketaan ha-

luttu jarrutus voima. Varmistuspaine otetaan myös jarrupolkimen liikematkasta. (Bosch 2003, 762.)

Jarrupolkimen liikuessa käyttökaran kytkimien ja liikematkatunnistimien signaalit käännetään pulssin leveydeksi. Pulseja voidaan kutsua ”jarrutustoivesignaaleiksi”, jotka lähetetään CAN-väylän kautta EBS-ohjainlaitteelle. (Mylläri ym. 2003, 193.)

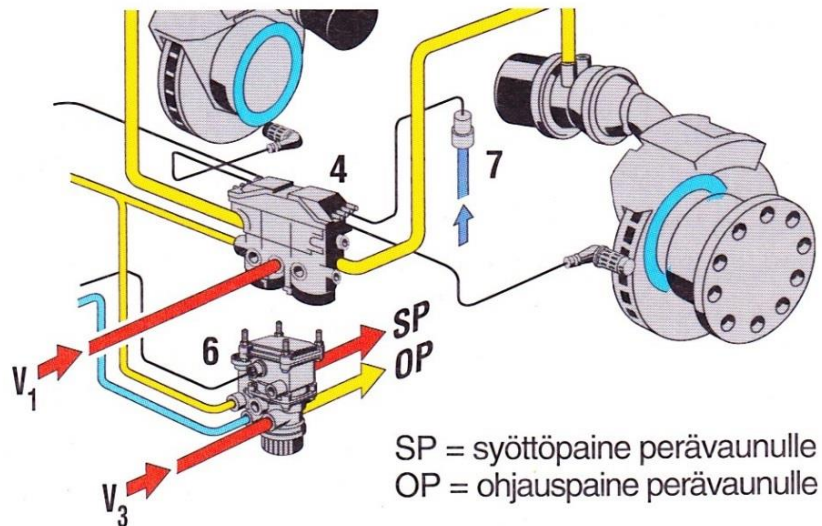


Kuvio 32. Poljinventtiili sähkö- ja paineilma-kytkentöineen (Mylläri ym. 2003, 191).

3.3.4 Perävaunun ohjausventtiili

Perävaunun ohjausventtiili tulee vetoautoon kiinni (kuvio 33). Perävaunun ohjausventtiilillä ohjataan perävaunun EBS-jarrujärjestelmää, minimoidaan vetoauton ja perävaunun väliset kytkentävoimat sekä varmistetaan vetoauton jarrujärjestelmän paine, jos perävaunun jarrujärjestelmään tulee vuoto. (Bosch 2003, 764.)

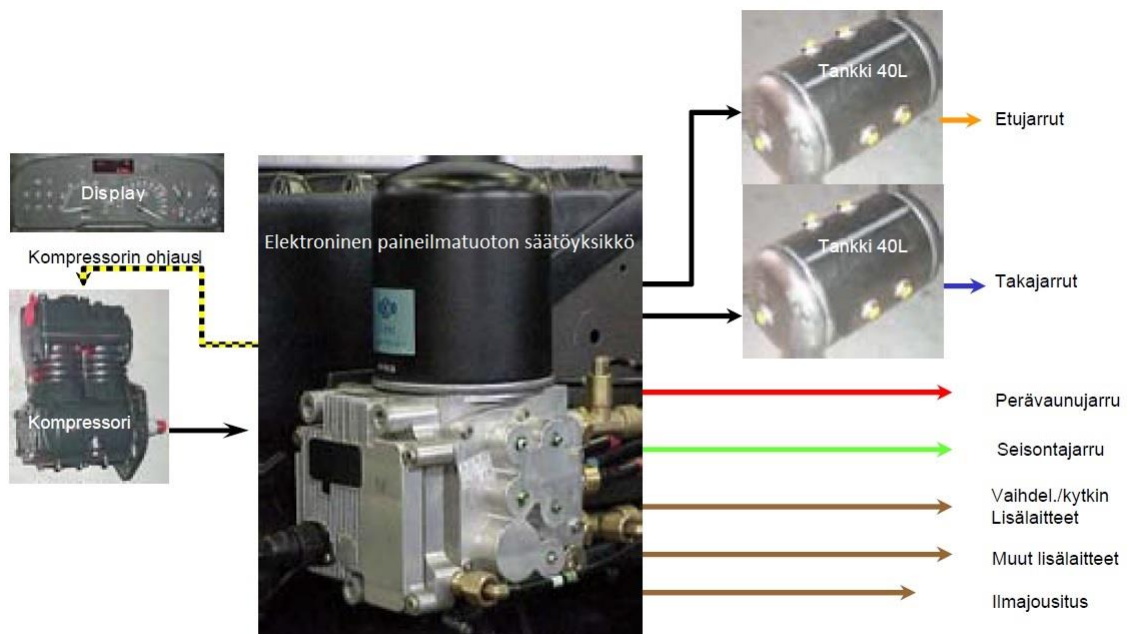
Perävaunun ohjausventtiilissä on sähköpneumaattinen piiri sekä myös paineilma-kytkennät. Perävaunu- ja seisontajarrupiirien syöttöpaineet on liitetty venttiilin paineilma-kytkentöihin. Perävaunun ohjausventtiili saa sähköisen ohjauspainetiedon EBS-ohjainlaitteelta. EBS-ohjainlaite ohjaa ja valvoo perävaunun ohjausventtiiliä. (Wabco 2011, 24).



- 4 taka-akselin paineensäätömoduuli
- 6 perävaunun ohjausventtiili
- 7 taka-akselin kuormituksen tunnistin

Kuvio 33. Perävaunun ohjausventtiilin sijainti vetoautossa (Mylläri ym. 2003, 194).

3.3.5 Elektroninen paineilman tuoton säätöyksikkö



Kuvio 34. Paineilmajärjestelmän rakenne APM (Air Production Management 2005, 4).

Kuvio 34 kuvaa, mihin kohtaan elektroninen paineilmatuoton säätöyksikkö sijoituu. Säätöyksikköön tulee kompressorilta ilma, josta paineilma jaetaan paineilmasäiliöihin, perävaunulle sekä muihin eri kohteisiin. Säätöyksikköä ohjataan sähköisellä ohjainlaitteella.

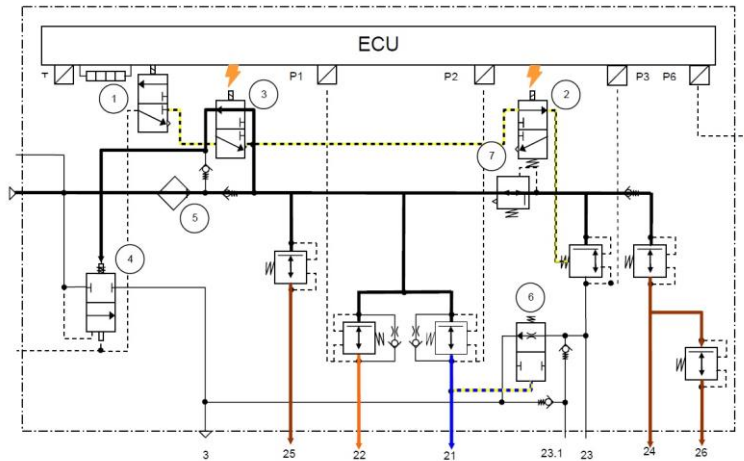
Renaultilla on elektronin paineilmatuoton säätöyksikkö, jota kutsutaan APM:ksi (Air Product Management). Sillä korvataan perinteisen paineilmajarrujärjestelmästä seuraavia osia: kuivain, suojaventtiili, painekeytkinlohko, vastaventtiili sekä ylivirtausventtiilit. APM:n osia on ilmankuivain, neljätiesuojaventtiili, paisuntaventtiili sekä painekeytkinlohko. APM:n sijaitsee akkutelineessä ajoneuvosta riippuen joko oikealla tai vasemmalla puolella ajoneuvoa. (Air Production Management 2005, 3 - 5.)

Ilmankuivaimen on sijoitettu öljynerotuspatruuna eli saostussuodatin, joka on sijoitettu ennen kuivausosaa. Tällä saadaan estettyä kompressorilta tulevia öljyhiukasten pääse APM:ään. Tällä ratkaisulla saadaan EBS:n osat suojattua parhaiten. (Air Production Management 2005, 12.)

Jos ajoneuvo on varustettu ilmajousituksella, käytetään järjestelmässä täysilma-APM-osaa. Täysilma-APM-osassa on sähkö-, sähköpneumaattisia- sekä pneumaattisia komponentteja. Näistä komponenteista saadaan toteutettua kolme eri osaa: ohjainlaite lämmittimellä, kuivain sekä suojaventtiili paisuntaventtiilillä. Ohjainlaite sisältää eri antureita sekä toimilaitteita. (Air Production Management 2005, 13.)

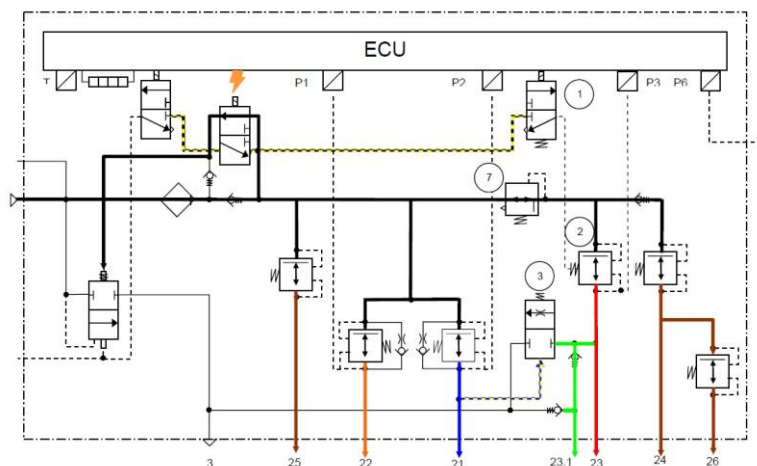
Täysilma-APM:n toiminta piirien täytössä etenee kahdessa eri vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa kompressorin ohjaukseen tarkoitettu magneettiventtiili on jännitteetön ja täten se on kiinni (kuvio 35). Kompressorin ohjaukseen tarkoitettu magneettiventtiili sijaitsee yleensä poistupuolella. Elvytyksen magneettiventtiiliin tulee jännite ja se avautuu. Tällä mahdollistetaan pneumaattinen ohjaus paineen-säätöventtiilille. Seisontajarru- ja perävaunupiirejä ohjaavaan magneettiventtiiliin tulee jännite, samalla avaten venttiilin. Samanaikaisesti seisontajarru- ja perävaunupiirien ylivirtausventtiili pysyy kiinni. Kompressorilta tuleva paineilma ohjataan ensin ilmankuivaimen. Ilmankuivaimen jälkeen ennen piiriä on suojaventtiililohko.

Suojaventtiililohkon tarkoituksena on jakaa paineilmaa piireille sekä pitää piirit toisistaan riippumattomina. Aluksi täytetään etu- ja takajarrupiirit. Suojaventtiili pysyy tässä vaiheessa auki ja on lepotilassa kunnes takajarrupiirissä paine on maksimissaan 7 baria. Suojaventtiilin tehtävänä on estää perävaunun paineilmasäiliöstä paineilman poistuminen, estäen samalla seisontajarrun vapauttaminen. (Air Production Management 2005, 17.)



Kuvio 35. Piirien ensimmäinen täyttö vaihe (Air Production Management 2005, 17).

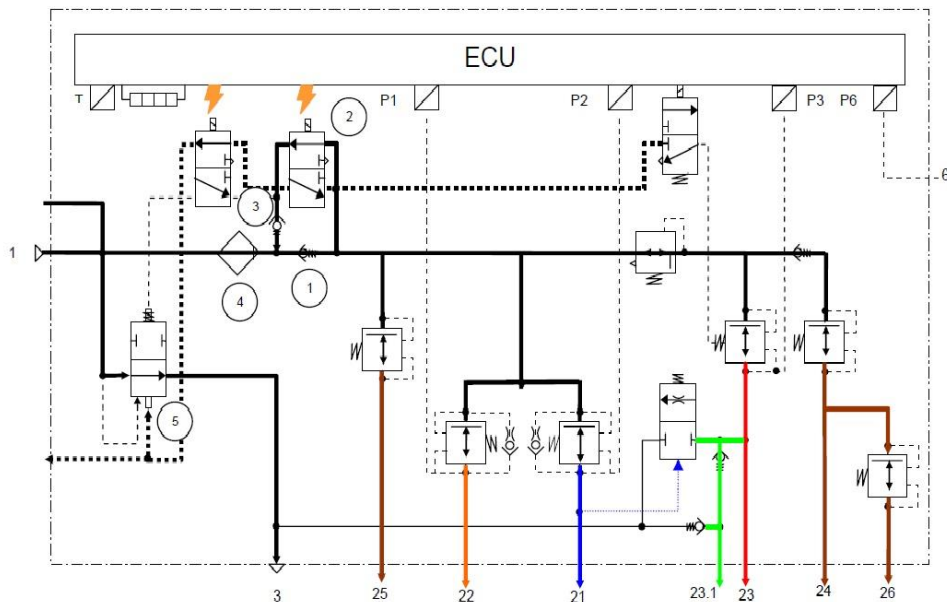
Toisessa vaiheessa (kuvio 36) perävaunu- ja seisontajarrupiiriltä APM katkaisee paineensyötön, jolloin ylivirtausventtiili aukeaa. Samanaikaisesti suojaventtiilille syötetään jännitettä samalla sulkien sen. Tässä vaiheessa paine pääsee myös perävaunu- ja seisontajarrupiirille. (Air Production Management 2005, 18.)



Kuvio 36. Piirien toinen täyttö vaihe (Air Production Management 2005, 18).

Seuraavaksi käsitellään paineensäätöä, joka suoritetaan myös kolmessa eri vaiheessa. Ohjainlaite tunnistelee käyttäjarrupiirien painetta. Paineen noustessa riittävän korkealle, ohjainlaite katkaisee paineensyötön. Ensimmäisessä vaiheessa ohjainlaitteen jännitettä ohjataan katkaisun magneettiventtiilillä avaten sen. Tällä mahdollistetaan pneumaattinen ohjaus kompressoriin ja katkaisuventtiiliin. Poisto- ja paineensyöttöliitäntä yhdistyy katkaisuventtiiliin kautta, joka toimii kanavana noihin liitäntöihin. Vastaventtiilin tehtävänä on estää paineen tippuminen lisälaite- ja jarrupiireissä. (Air Production Management 2005, 19.)

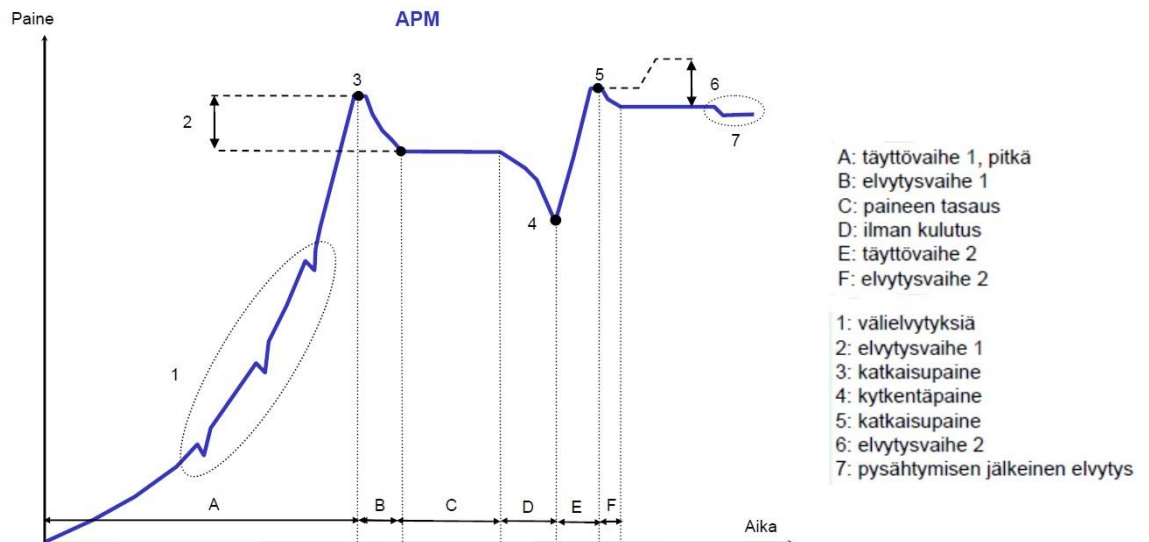
Seuraavaksi käydään läpi kuivapatruunan elvytystä, joka suoritetaan paineensäädön kolmannessa vaiheessa. Kuten kuvioista 37 näkee, elvytyksen magneettiventtiiliin syötetään jatkuvasti jännite. Tässä vaiheessa paineensyöttöliitäntä on yhteydessä poistoon. Venttiiliin 3 avauduttua ilma pääsee kulkeutumaan vastaventtiilin ohi aina kuivainpatruunan kautta poistoliitäntän katkaisuventtiilille. Poistoliitäntän kautta kuivainpatruunaan kertynyt kosteus ja epäpuhtaudet siirretään ulkoilmaan. Magneettiventtiiliin aukioaloajalla määrätään elvytysvirtauksen pituus. (Air Production Management 2005, 20.)



Kuvio 37. Kuivainpatruunan elvytys (Air Production Management 2005, 20).

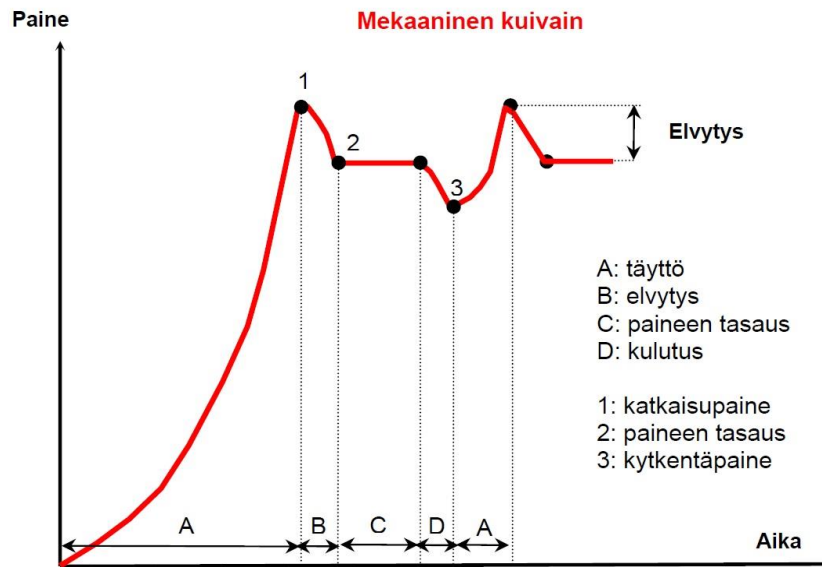
Kuviosta 38 kuvaa hyvin kuinka kuivainpatruunan elvytys hoidetaan. Aluksi on pitkä täyttövaihe (A), jossa tehdään samalla välielvytyksiä (1). Kun katkaisupaine (3)

on saavutettu, aloitetaan ensimmäinen elvytysvaihe (2). Tämän jälkeen tulee paineen tasaus (C). Kun ilma alkaa kulua (D) ja saavuttaa kytkentäpaineen (4), alkaa täyttövaihe 2 (E). Kun katkaisupaine (5) on jälleen saavutettu, alkaa toinen elvytysvaihe (F ja 6). Pysäyttämisen jälkeen suoritetaan vielä yksi elvytys (7). (Air Production Management 2005, 30.)



Kuvio 38. Kuivainpatruunan elvytys (Air Production Management 2005, 30).

APM:n toimintaperiaate on helpompi ymmärtää kuvion 39 mukaan. Yleensä paineenhallinnasta puhuttaessa tarvitaan kolme vertailupainetta, jotta saavutetaan hyvä paineenhallinta. Ensimmäinen vertailupaine on paineen yläraja eli katkaisupaine, joka otetaan huomioon paineensäätövaiheessa. Toisena vertailupaineena seurataan kuivainpatruunan puhdistuksen aikana aiheutunutta paineen laskua, toisin sanoen seurataan elvytyksen aikana syntynyttä paine-eroa. Kolmantena seurataan painen alarajaa eli kytkentäpainetta. Kytkentäpaineen kohdalla kompressorit ja kuivain kytkeytyvät päälle. Näitä kolmea vertailupainetietoa seuraamalla pystytään tarkistamaan ja säätämään perinteistä mekaanista kuivainta. (Air Production Management 2005, 26.)

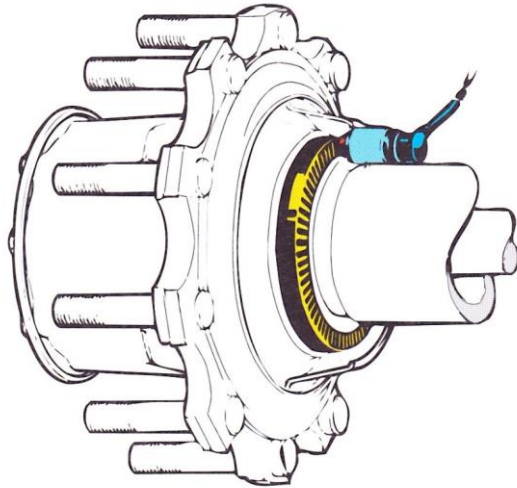


Kuvio 39. Mekaaninen kuivain (Air Production Management 2005, 26).

3.3.6 Pyörän pyörimisnopeustunnistin

Pyörän pyörimisnopeustunnistin muodostuu kahdesta osasta. Pulssirenkaasta joka on kiinnitetty pyörän napaan ja toinen osa on tunnistin eli anturi, joka on kiinnitetty akselistoon (kuvio 40). Tunnistimessa on kestopagneetti ja kela, joilla saadaan tuotettua impulssi. Tunnistinta kutsutaankin induktiiviseksi sauvatunnistimeksi. (Mylläri ym. 2003, 162.)

Tunnistin ja pulssirenkas on sijoitettu siten, että tunnistimen rautasydämen kärki on pulssirenkaan lähellä. Ajoneuvon pyörän liikkuessa eli pulssirenkaan pyöriessä tunnistin tuottaa vaihtojännitteen. Pyörän vaihdella nopeutta, vaihtuu myös anturilta tuleva vaihtojännitteen taajuus. Anturilta saatu vaihtojännite lähetetään ohjainlaitteelle, jossa ohjainlaite arvioi pyörän pyörimisnopeuden sekä siihen tulleet muutokset. (Mylläri ym. 2003, 162.)



Kuvio 40. Pyörimisnopeustunnistin (Mylläri ym. 2003, 162).

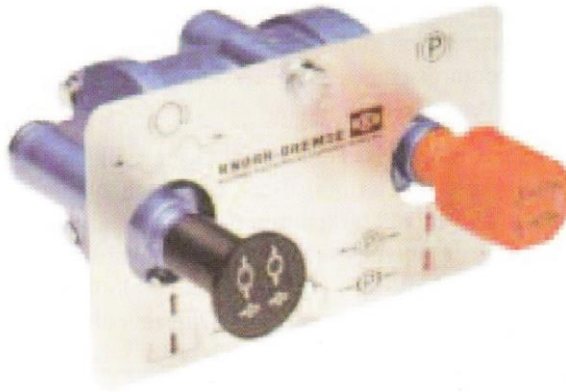
3.3.7 Akselikuormatunnistin

Akselikuormatunnistin nimensä mukaisesti tunnistaa akselilla olevan kuorman. Akselikuormatunnistinta käytetään ilmajousitetuissa ajoneuvoissa, jossa kuorman suuruus mitataan kyseisellä akselikuormatunnistimella eli painetunnistimella ilmapalkeen paineesta. Ilmapalkeen paineentieto lähetetään ohjainlaitteelle. Ohjainlaite arvioi muiden parametrien kanssa kyseessä olevan akselin kuorman sekä vaaditun jarrupaineen. Nykyaikaisiin modulaattoreihin on sisällytetty akselikuormatunnistin. Painetunnistimet sijoitetaan niille akseleille, joidenka jarruja EBS-perävaunumodulaattori ohjaa. Painetunnistimia ei saa asentaa nostettaville akselille. (Trailer EBS 1999 Närvän 2006, 15 mukaan.)

3.3.8 Seisontajarru- ja siirtelyventtiili hätäjarrutustoiminnolla

Perinteisen jarrujärjestelmän perävaunun letkun irrotessa tai rikkoutuessa käyttöjarrusylintereihin syötetään ilmaa hätäjarrutoiminnolla. Nykyaikaisessa perävaunussa on seisontajarru- ja siirtelyventtiili, johon on rakennettu hätäjarrutustoiminto. Hätäjarrutustoiminto toimii perinteisestä jarrujärjestelmästä poiketen, käyttäen jousijarrusylintereitä. (Mylläri ym. 2003, 196.)

Jousijarrusylintereitä käytettäessä saadaan turvallisuutta merkittävästi parannettua. Kun perävaunua ei ole kytketty vetoautoon, perävaunun jousijarrut ovat aina automaattisesti päällä. Tämän ansiosta perävaunun voi aina jättää turvallisesti parkkiin. (Mylläri ym. 2003, 196.)



Kuvio 41. Seisonta- ja siirtelyventtiili hätäjarrutustoiminnolla (Mylläri ym. 2003, 196).

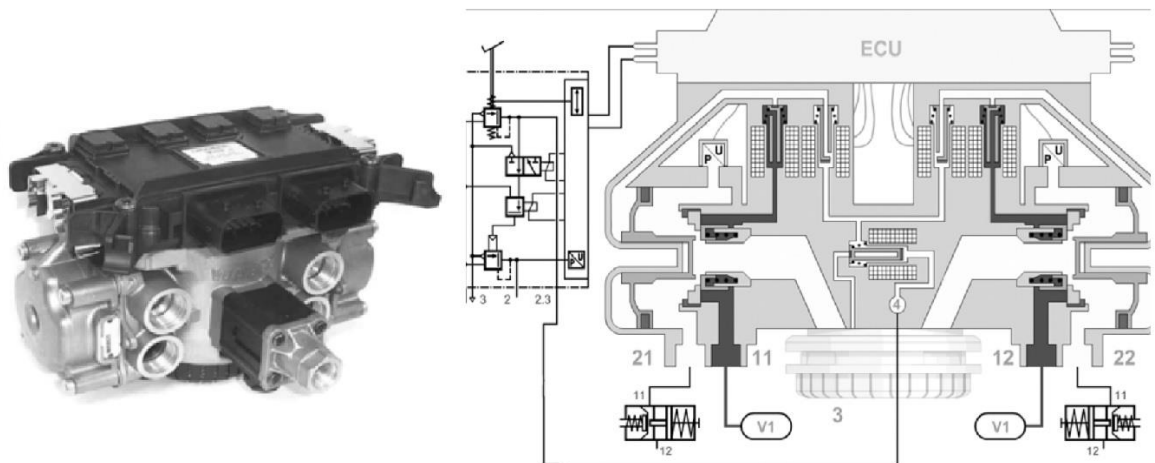
3.3.9 EBS-modulaattori

EBS-modulaattoreita (kuvio 42) käytetään vetoautossa ja perävaunussa. Modulaattoreiden määrä riippuu siitä, montako akselia on ja millaisia modulaattoreita on käytössä. Wabco ilmoittaa omat EBS-modulaattorit esimerkiksi näin: 4S/3M, jossa 4S tarkoittaa neljää sensoria ja 3M tarkoittaa että siinä on kolme moduulia. Eli S-kirjain tarkoittaa sensoria ja M-kirjain tarkoittaa moduulia. Sensorit ovat pyörän pyörimisnopeustunnistimia ja moduulit ovat sähkömagneettisia säätöventtiileitä. (Mylläri ym. 2003 Närvän 2006, 10 mukaan.)

EBS-modulaattorin tehtävänä on muuttaa CAN-väylän kautta tullut sähköinen jarrupainetieto pneumaattiseksi jarrupaineeksi. Tästä johtuen sanotaan, että EBS-modulaattori sijaitsee sähköisen ja pneumaattisen järjestelmän liittymässä. Sähköinen jarrupainetieto muutetaan pneumaattiseksi jarrupaineeksi proportionaalimagneeteilla tai sisään/ulos-magneettiyhdistelmillä. Säädettyä jarrupainetta voidaan mitata suljetussa piirissä ja painetta mitataan paineanturilla. Sijoittamalla EBS-modulaattori pyörän läheisyyteen, saadaan pyörimisnopeus ja jarrupintojen

kulumisantureiden johtimien pituutta lyhennettyä. Antureiden signaalit viedään CAN-väylällä keskusohjausyksikköön. (Bosch 2003, 763.)

EBS-modulaattoreita on yksikanavaisia sekä kaksikanavaisia ja niiden sisällä on paljon eri osia. Yksikanavaisia EBS-modulaattoreita käytetään vetoauton etupyörillä ja kaksikanavaisia EBS-modulaattoreita voidaan käyttää muissa pyöräjarruissa. EBS-modulaattorin sisältä löytyy sähköinen ohjauslaite, joka saa sähköisen jarrupainetiedon, pyörintänopeuden anturin tiedon, kitkamateriaalin paksuuden anturin tiedon sekä akselikuorma tiedon. Sähköisen ohjainlaitteen tehtävänä on ohjata EBS-modulaattorin sisällä olevia venttiileitä. Moduulista löytyy back-up-venttiili, tuloventtiili, poistoventtiili sekä releventtiili. Moduuliin on sisällytetty myös paineanhuri jolla valvotaan syöttöpainetta. EBS-modulaattorin paineilmasyöttö liittimeen syötetty paineilma puhdistetaan suodattimella. (Bosch 2003, 763 - 767.)



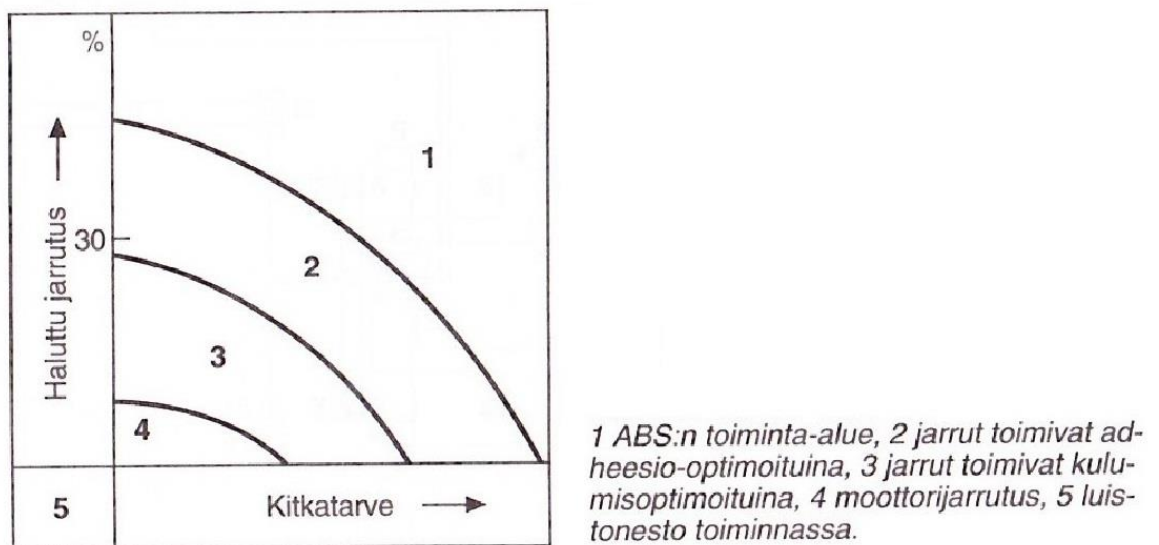
Kuvio 42. EBS-modulaattori (Wabco 2011, 23).

3.4 EBS-jarrujärjestelmän lisätoiminnot

EBS-jarrujärjestelmän tehtävänä on hoitaa myös muitakin toimintoja kuin jarrutus. Niitä ovat muun muassa kulumissäätö, hidastavuussäätö, eri hidastimet, rullausjarru, vetoauton ja perävaunun jarrujen sovitus sekä muut lisätoiminnot. (Bosch 2003, 765.)

3.4.1 Kulumissäätö

Kulumissäätö-toiminnolla pyritään käyttämään kaikkien jarrupalojen kitkapinnat tasaisesti, jolloin huoltoajat voidaan minimoida. Jokaisella pyöräyksiköllä on omat jatkuvasti toimivat kulumisanturinsa (kuvio 44), joista saatu tieto lähetetään EBS-ohjainyksikköön. EBS-ohjainyksikkö tehtävänä on säätää jarrupaineet sopiviksi jokaiselle pyöräyksikölle (kuvio 43). Jos jarrupalojen kitkapinnat ovat epätasaisesti kuluneet, jarrupaineita vähennetään sieltä missä kitkapinnat ovat eniten kuluneet. (Bosch 2003, 765.)



Kuvio 43. Kulumissäädön toiminta-alueet (Bosch 2003, 765).

Kulumissäätö-toiminnossa on varoitustasoja kaksi. Ensimmäinen varoitustaso saavutetaan kun jarrupalojen kitkapinnat ovat kuluneet 95 % ja siitä seuraa oikosulku. Toinen varoitustaso saavutetaan, jos joku kulumisanturi tekee ketjutuksen neljän sekunnin ajaksi. Jarrujen kuluneisuus on tässä tasossa 100 %, joten jonkin jarrupalan kitkapinta on kulunut loppuun. Toisessa varoitustasossa tehdään ilmoitus kuljettajalle varoitusvalolla. Aina kun ajoneuvo virrat kytketään päälle, varoitustasosta varoitetaan kuljettajaa vilkkuvalolla ja varoitus loppuu, kun ajoneuvo on saavuttanut määrätyn nopeuden. Kulumissäätö-toiminto tunnistaa järjestelmään suoritettujen jarrupalojen vaihdon ja poistaa molemmat varoitustasot itsestään. (Wabco 2010, 73.)



Kuvio 44. Kulumistunnistimet (Wabco 2010, 73).

3.4.2 Lisäjarrujärjestelmät

EBS-jarruihin liittyvät myös lisäjarrujärjestelmät eli hidastimet, joita EBS-jarrujärjestelmä hallitsee kuljettajalta huomaamattomasti. Lisäjarrujärjestelmät ovat nykyään entistä suuremmassa roolissa raskaan kaluston jarrujärjestelmässä. Niitä käytetään erityisesti pitkäkestoisissa sekä toistuvissa jarrutuksissa, jolloin pyöräjarrujen rasiudesta saadaan vähennettyä. (Mylläri ym. 2003, 200.)

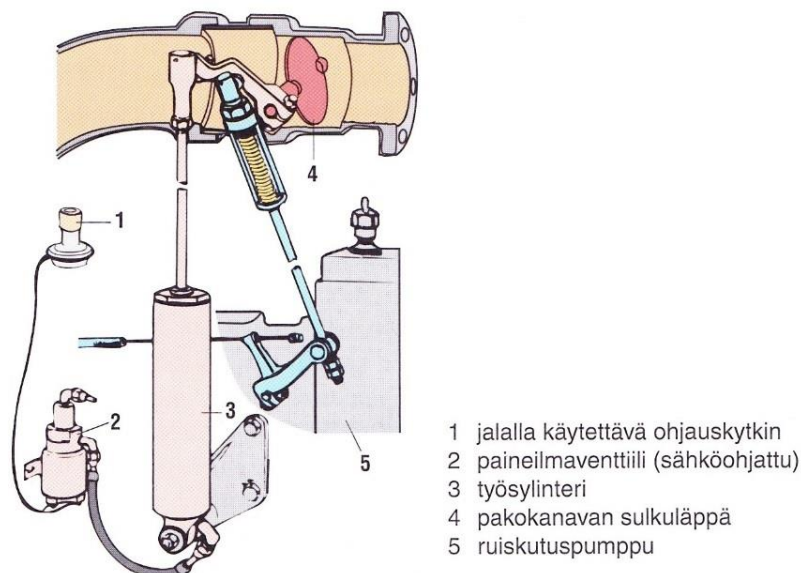
Lisäjarrujärjestelmien tarkoitus on estää pyöräjarrujen ylikuumeneminen. Pyöräjarrujen ylikuumeneminen aiheuttaa kitkapintojen kitkakertoimen pientymistä sekä myös jarrut kuluvat huomattavasti nopeammin. (Mylläri ym. 2003, 200.)

Kevyissä jarrutuksissa tähän tavoitteeseen päästään asettamalla jarrutuksen alussa pyöräjarrut vain valmiustilaan ja aloittamalla samanaikaisesti hidastimella jarrutustapahtuma. Kun kuljettaja haluaa suuremman hidastuvuuden, käyttöön otetaan myös pyöräjarrut. Järjestelmä hoitaa tapahtuman niin tasaisesti, että kuljettaja ei huomaa sitä. (Bosch 2003, 765.)

Lisäjarrujärjestelmät voidaan jakaa kahteen eri pääryhmään. On olemassa moottorihidastimia sekä voimansiirtohidastimia. Moottorihidastimet toimivat parhaiten suurilla käyntinopeuksilla ja pienillä vaihteilla. Voimansiirtohidastimet toimivat par-

haiten suurilla ajonopeuksilla. Tästä johtuen järjestelmiä käytetään usein myös sekaisin. (Mylläri ym. 2003, 200.)

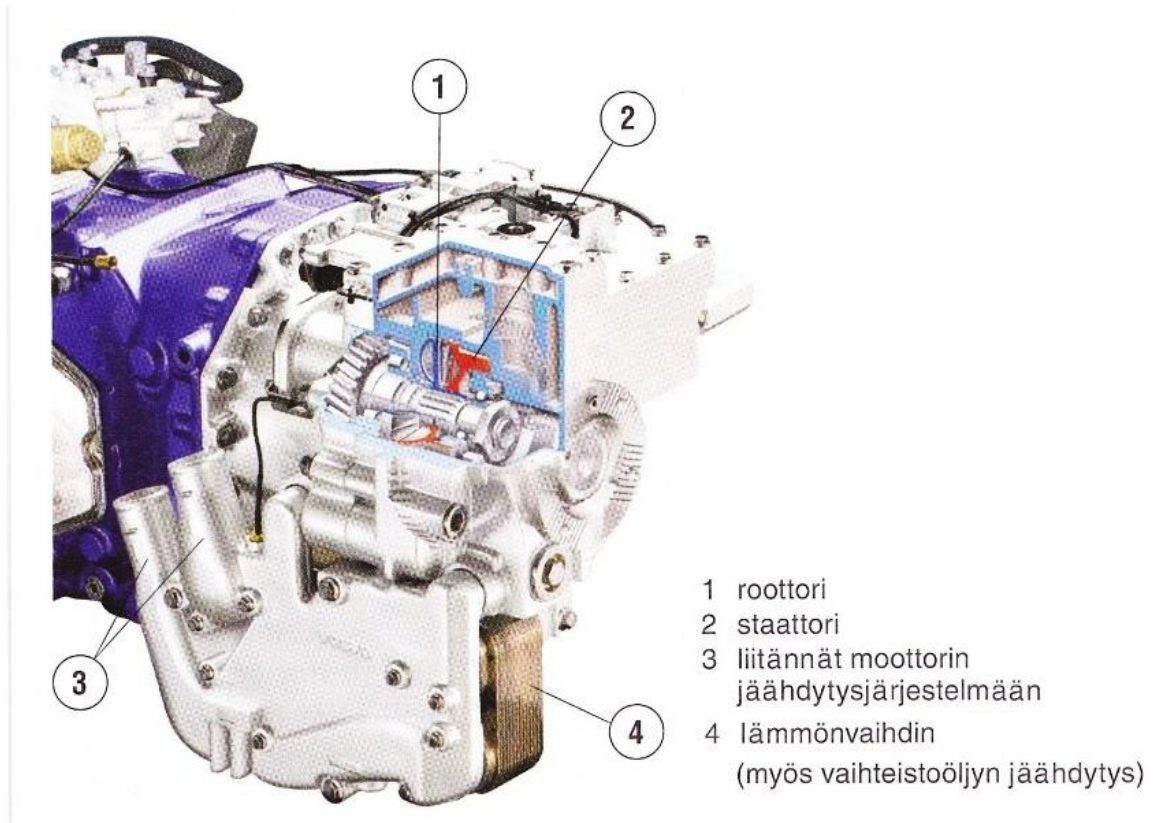
Moottorihidastimet. Yleisin moottorihidastin on pakokaasujarru (kuvio 45), jolla saadaan moottorijarrutusta voimistettua. Pakokaasujarru toimii paineilmakäyttöisellä työsylinterillä, joka laittaa pakosarjassa olevan pakokaasuläpän kiinni. Moottorijarrutus voimistuu, koska poistotahdin aikana syntyvä ilmatyyny syntyy pakokaasuläpän ja mäntien väliin. Markkinoille on tullut myös turbiinihidastin, jonka roottori laitetaan suoraan kampiakselin päähän kiinni. Turbiinihidastimella korvataan vesipumppu. Hidastustehoa saadaan suurennettua ohjaamalla suurempi osa moottorin jäähdytysnesteestä staattorin ja roottorin väliseen kammioon. (Mylläri ym. 2003, 200 - 202.)



Kuvio 45. Pakokaasujarru (Mylläri ym. 2003, 201).

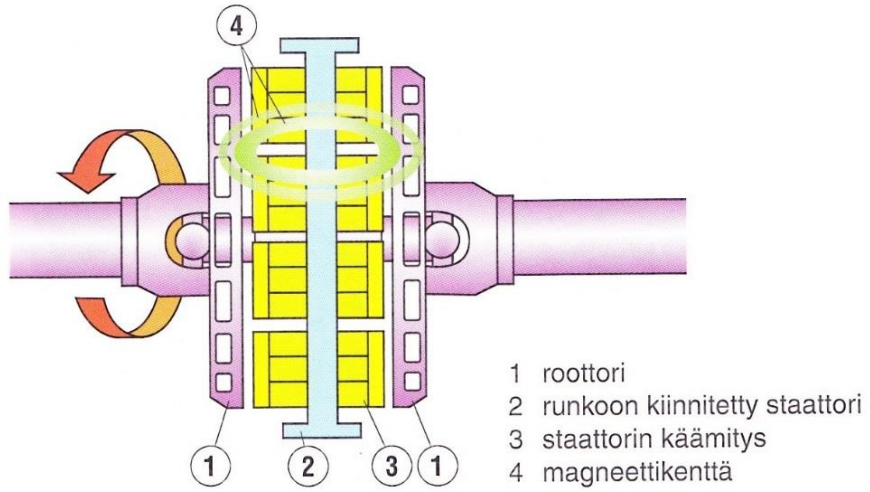
Voimansiirtohidastimet. Yleisimmät voimansiirtohidastimet ovat sähkömagneettisia pyörrevirtahidastimia tai hydraulisia turbiinihidastimia (kuvio 46). Sähkömagneettiset pyörrevirtahidastimet asennetaan suoraan voimansiirtolinjaan. Hydrauliset turbiinihidastimet voidaan asentaa myös vaihdelaatikon jatkeeksi. Yleisesti ottaen lisäjarrujärjestelmät asennetaan tehtaalla, mutta kummastakin lisäjarrujärjestelmätyypistä on saatavilla myös jälkiasennussarjoja. (Mylläri ym. 2003, 203.)

Hydrauliset turbiinihidastimet ovat öljyjarruja. Näissä hidastimissa roottori on suoraan tai ylennysvaihteen kautta vaihteiston ulostuloakselissa kiinni. Ylennysvaihteella saadaan hidastimen kokoa pienennettyä. Turbiinihidastimessa öljy toimii jarruna, jota johdetaan roottorin siipien läpi hidastaen samalla voimakkaasti roottorin pyörimistä. Roottorin siipien läpi kulkeutunut öljy kuumenee, joten se täytyy jäähdyttää lämmönvaihtimen avulla. (Mylläri ym. 2003, 203.)



Kuvio 46. Turbiinihidastin (Mylläri ym. 2003, 203).

Sähkömagneettiset pyörrevirtahidastimet (kuvio 47) ovat elektromagneettisia hidastimia. Hidastinta voidaan käyttää vetoauton lisäksi myös perävaunuissa, mutta niille pitää olla oma akselinsa johon roottori tulee kiinni. Pyörrevirtahidastimissa roottori on suoraan vaihteiston ulostuloakselissa tai nivelakselissa kiinni. Hidastin alkaa toimia kun käämeihin syötetään sähkövirtaa. Roottorin pyörimistä jarrutavat pyörrevirrat, jotka syntyvät staattorin magneettikentästä. Mitä suurempaa virtaa käämeihin syötetään, sitä suurempi jarruvaikutus syntyy. (Mylläri ym. 2003, 204 - 205.)



Kuvio 47. Sähkömagneettisen pyörrevirtahidastimen toiminta (Mylläri ym. 2003, 205).

4 SIMULAATTORIN SUUNNITTELU

Perävaunusimulaattori suunnitellaan Seinäjoen ammattikorkeakoulun opetuskäyttöön. Tavoitteena on laitteisto, josta opiskelijat voivat hyvin opiskella nykyaikaisen raskaan kaluston jarrujärjestelmän. Koululla olevassa nykyisessä raskaan kaluston jarrusimulaattorissa on perinteinen paineilmajarrujärjestelmä ja täten jälkeenyäännyt nykyisiin järjestelmiin verrattuna. Tästä syystä on nähty parhaaksi, että tilalle hankitaan uusi raskaan kaluston jarrusimulaattori. Simulaattori tehdään perävaunun osista ja haluttiin, että sitä voidaan käyttää itsenäisesti ilman vetoautoa. Tämä vaatii sen, että käyttöjarruventtiili ja paineilmanhuoltoyksikkö pitää lisätä perävaunu osien lisäksi järjestelmään.

Opinnäytetyöhön piirrettiin havainnekuva (kuvio 48) perävaunusimulaattorista Autodesk Inventor -ohjelmalla. Havainnekuvasta näkee, kuinka osat asetellaan simulaattorin runkoon sekä telineestä on myös suuntaa antava mittakuva (liite 1). Simulaattoria ei pystytty piirtämään tarkoilla mitoilla, koska kaikkien osien tarkkoja mittoja ei ollut tiedossa. Telineen ulkomitat pystyttiin kuitenkin määrittämään riittäväällä tarkkuudella. Työssä pyritään perustelemaan, miksi juuri se osa tai järjestelmä olisi viisainta hankkia tulevaan perävaunusimulaattoriin. Liiteosiossa on tarviketaulukko simulaattoriin tulevista osista (liite 2).

Jarrusimulaattorin valmistumisen jälkeen siihen suunnitellaan opetusmateriaali. Opetusmateriaali suunnitellaan vasta sen jälkeen kun simulaattori on tehty, koska opetusmateriaalia on vaikea suunnitella ilman simulaattoria. Osan opetusmateriaalista voisi jo tässä vaiheessa suunnitella, mutta ainakin diagnostiikkaohjelma jäisi kokonaan pois. Täten tästä opinnäytetyöstä jätetään opetusmateriaalin laatiminen kokonaan pois. Tuleva opetusmateriaali suunnitellaan auto- ja työkonetekniikan suuntautumisvaihtoehtoon kuuluvaan kurssiin, jossa harjoitellaan hyötyajoneuvon tekniikkaa käytännön kokeilla. Insinööriopiskelijat tutustuvat ja harjoittelevat perävaunusimulaattorin ja laaditun opetusmateriaalin pohjalta EBS-jarrujärjestelmän toimintaa.

4.1 Simulaattoriin sijoitettavat komponentit

Simulaattoriin tulevat komponentit pyrittiin valitsemaan järkiperustein. Järkiperusteita opetuskäyttöön tarkoitettussa perävaununjarrusimulaattorissa ovat hinta sekä käyttötarkoitus. Aluksi piti päättää minkä valmistajan EBS-sarja halutaan hankkia. Tämän jälkeen pystyi määrittämään muut tarvittavat osat.

EBS-sarjan valinta. Kaikkien valmistajien EBS-sarjojen hinnat ovat suurin piirtein samaa hintaluokkaa, joten valinnassa ei tarvitse hintoja juurikaan katsoa. Suuremmaksi mietinnän aiheeksi jäi diagnoosi-järjestelmien järkevyyden opetuskäyttöön. Yhtenä vaatimuksena pidettiin myös sitä, että käytettävä ohjelma pitää saada suomenkielisenä ja toisena oli diagnoosijärjestelmän hinta. Myös EBS-järjestelmän yleisyys Suomessa oli yksi merkittävä tekijä.

Suomessa merkkeinä ovat Wabco, Knorr-Bremse sekä Haldex, joista Wabcolla on Suomessa ylivoimainen markkinaosuus. Se johtunee siitä, että heillä on parhaimmat mahdollisuudet panostaa muun muassa myyntiin sekä markkinointiin. Toisena tulee Knorr-Bremse ja kolmantena Haldex. Suomessa Haldexia on hyvin vähän käytössä, mutta Keski-Euroopassa se on yleisempi merkki kuin Suomessa. (Karvinen 2014.)

Tieto siitä, että Wabco on yleisin Suomen maanteillä, antaa Wabcon EBS-järjestelmälle suuren lisäarvon, koska olisi järkevää tutustua yleisimpään järjestelmään. Ensimmäisessä suunnitelmassa valittiin Wabcon puoliperävaunun EBS-sarja osalistalle. Myöhemmässä vaiheessa, kun kustannuksia alettiin miettimään, Wabcon diagnoosijärjestelmä ylläpitokuluineen osoittautui kalleimmaksi. Tästä syystä täytyi miettiä myös muita vaihtoehtoja.

Mietittäessä, mikä olisi järkevin diagnoosiohjelma opetuskäyttöön tulevassa perävaunusimulaattorissa, ensimmäisenä tehtiin hintavertailu kaikkien järjestelmävalmistajien kesken. Siinä ylivoimaisen voiton saavutti Haldex, koska diagnoosiohjelmat ovat ilmaisia eivätkä vaadi PIN-koodia. Haldex ei myöskään vaadi kurssin käymistä, jonka jälkeen yleensä saa vasta muuttaa kaikkia järjestelmän parametreja. Kurssia kumminkin suositellaan myös Haldex-järjestelmiin. Haldexin varjopuolena on se, että heillä ei ole suomenkielistä diagnoosiohjelmaa eikä muuta-

kaan materiaalia suomen kielellä. Yhtenä vaatimuksena on, että diagnoosijärjestelmä pitää olla suomenkielinen, joten Haldex-järjestelmän jouduimme tästä syystä hylkäämään. (Karvinen 2014.)

Maahantuojat vaativat tai suosittelevat EBS-järjestelmiin kursseja, koska jos tietämätön menee muuttamaan EBS-järjestelmän parametreja, perävaunu voi alkaa toimimaan odottamattomalla tavalla ja jopa hengenvaarallisesti. Kurssin käytyä sieltä saadaan tai on mahdollista ostaa PIN-koodi, jotka ovat henkilökohtaisia. PIN-koodin taakse valmistajat laittavat muun muassa parametrien kopioimisen tiedostoon sekä sen lataamisen tyhjään ohjainlaitteeseen. Vikamuistin lukeminen tai niiden poistaminen ei yleensä kuitenkaan vaadi PIN-koodia. (Karvinen 2014.)

Kuten edellä on jo mainittu, Wabco on Suomessa ylivoimaisesti käytetyin EBS-järjestelmä. Wabcon toinen hyvä puoli on se, että heillä on eniten suomenkielistä materiaalia ja diagnoosiohjelmaa saa suomenkielisenä. Wabcon haittapuolena muihin diagnoosijärjestelmiin verrattuna on, että diagnoosiohjelmat maksavat sekä niissä on vuosimaksut, joista aiheutuisi koululle joka vuosi kuluja. Wabcon järjestelmissä PIN-koodin voi hankkia sen jälkeen, kun on käynyt kurssin kyseiseen järjestelmään. Tämäkään järjestelmä ei täten ole opetustarkoitukseen kaikista järkevin ratkaisu kulujen vuoksi. (Karvinen 2014.)

Knorr-Bremse on Suomessa toiseksi suosituin EBS-järjestelmä. Siihen saa suomenkielisen diagnoosiohjelman, ohjelmat ovat ilmaisia ja niissä ei ole vuosimaksuja. Knorr-Bremsestä löytyy myös jonkin verran suomenkielistä materiaalia. Miinuksena Haldexiin verrattuna on se, että järjestelmä vaatii PIN-koodin, jolla voidaan muuttaa kaikkia parametreja. PIN-koodin voi hankkia, kun on käynyt kyseiseen jarrujärjestelmään kurssin. (Karvinen 2014.)

Valitsimme perävaunusimulaattoriin Knorr-Bremsen TEBS G2 puoliperävaunun EBS-sarjan. Knorr-Bremsenin EBS-sarjan mukana tulee EBS-modulaattori, EBS-syöttöjohto, kaksi 4 m:n anturikaapelia sekä pysäköinti- ja siirtelyventtiili varajarrustustoiminnolla.

Näiden lisäksi tulee hankkia diagnoosijärjestelmää varten kaapeleita sekä seitsemännapainen ABS/EBS-sähköenergia-pistoke ja -rasia. Tähän järjestelmään ei

tule erillistä diagnoosirasiaa, vaan diagnoosit tehdään virransyöttöjohdosta. Virransyöttöjohdon väliin laitetaan CAN-adapteri, johon tulee diagnoosikaapeli ja UDIF-rasia kiinni. UDIF-rasian ja tietokoneen väliin tulee adapteri, jonka kautta saadaan diagnoositiedot diagnoosiohjelmaan.

Muut komponentit. Knorr-Bremsen puoliperävaunuun simuloidaan kaksi akselia. Etummaiseen akseliin valittiin 16/24” jousijarrusylinterit ja takimmaiseen akseliin valittiin 16” jarrusylinterit. Näiden perusteella pystyttiin valitsemaan oikea paineilmasäiliö, joka on varustettu vedenpoistovenktiilillä sekä painemittarilla. Tämän jälkeen pystyttiin valitsemaan osia komponenttikaavion (liite 3) mukaisesti.

Pyörien pyörimisnopeutta tunnistelee kaksi pyörimisnopeusanturia, jotka on sijoitettu saman hammaskehän ympärille. EBS-modulaattorissa on paineanturi, johon paineilmaa syöttämällä saadaan mitattua perävaunun akselikuormitus. Halusimme ottaa tämän ominaisuuden käyttöön, joten valitsimme painemittarilla varustetun paineensäätimen simuloimaan akselikuormaa. Paineensäätimeen tarvitaan myös paineenpoistovenktiili, jotta painetta voidaan muuttaa molempiin suuntiin.

Koska toimeksiantaja halusi, että perävaunusimulaattoria voidaan jarruttaa myös nykyisellä vanhalla simulaattorilla, valitsimme samanlaiset Duomatic-liittimet, jotka ovat myös vanhassa simulaattorissa. Toimeksiantaja halusi myös, että perävaunusimulaattoria voidaan jarruttaa itsenäisesti, joten järjestelmään sijoitettiin myös poljinventtiili.

Paineilma perävaunusimulaattoriin otetaan ulkoisesta lähteestä, joten järjestelmään rakennetaan paineilman huoltoyksikkö. Huoltoyksikköön tulee urospuolinen paineilmaliiitin, johon paineilmaletku liitetään ulkoisesta lähteestä. Tämän jälkeen paineilma säädetään järjestelmälle sopivaksi ja se hoidetaan paineensäätimellä, joka on varustettu öljynerottimella ja painemittarilla. Jotta järjestelmään ei vahingossa syötetä liian suurta painetta, paineensäätimen jälkeen on oltava paineenrajoitin. Paineenrajoittimen jälkeen paineilma jaetaan kahteen osaan Y-liittimellä, josta toinen menee suoraan jarruspiraalin punaiseen eli syöttölinjaan, jonka toisessa päässä on Duomatic-liitin. Toinen menee poljinventtiiliin kautta jarruspiraaliin keltaiseen eli ohjauslinjaan, jonka toisessa päässä on Duomatic-liitin.

Järjestelmä tarvitsee myös jännitteen, joten järjestelmään oli valittava jännitelähde. Vaihtoehtoina oli akkupaketti tai jännitelähde. Akun hyvä puoli on se, että järjestelmään ei tarvitse erikseen syöttää ulkopuolista jännitettä kun sitä käytetään, mutta siinä on kaksi heikko puolta; akkua pitää ladata aina määrärajojen ja se voi mennä myös ajan saatossa pilalle. Jännitelähteen heikkoutena on se, että siihen pitää jokaisella käyttökerralla syöttää jännite sähköverkosta. Suurena vahvuutena on se, ettei se mene pitemmälläkään aikavälillä pilalle, joten valitsimme jännitelähteen perävaunusimulaattorin sähköenergian tuottajaksi.

Näiden lisäksi järjestelmään tulee erinäinen määrä erikokoisia ja -mallisia liittimiä, letkuja ja johtoja sekä muutama katkaisin vikojen simulointia varten. Knorr-Bremzen TEBS G2 EBS-modulaattoriin tulee kolmea erilaista paineilmaputkea. Paineilman syöttölinja tulee 15x1,5 mm paineilmaputkella. Kaikille jarrusylintereillä lähtee 12x1,5 mm paineilmaputket. 8x1 mm paineilmaputkiliitännät ovat ohjauspaineella eli keltaisella linjalla, seisontajarrun tuloliitännällä, ilmajousituspaineella sekä hätä-seis/pysäköintiventtiilillä. Jokaista paineilmaputkea hankitaan tarvittava määrä.

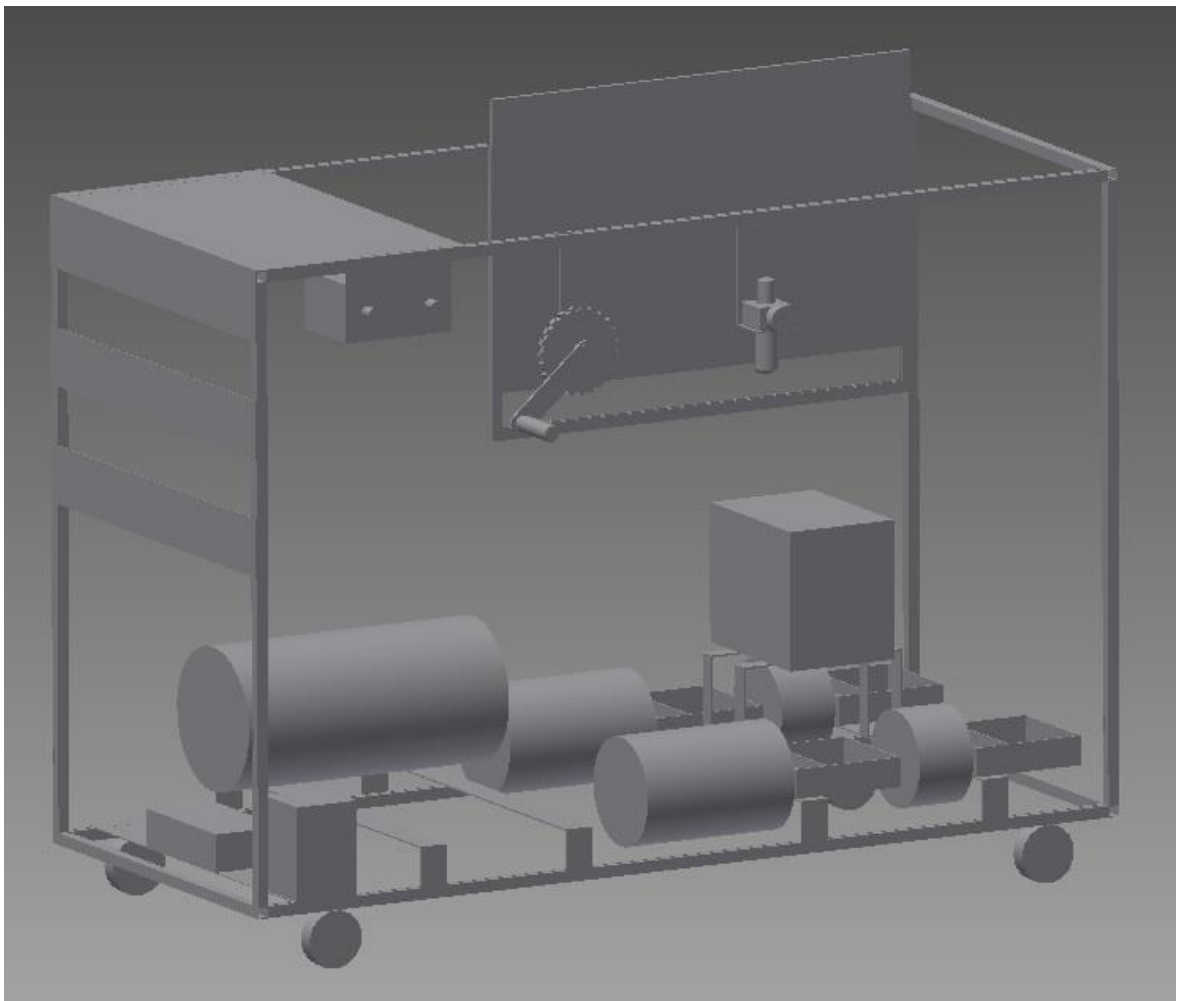
4.2 Telineen suunnittelu

Telineen suunnittelun pohjaksi kysyttiin vaatimuksia simulaattorin telineelle. Toimeksiantajalta tuli kaksi vaatimusta. Painon pitäisi pysyä järkevissä rajoissa ja simulaattorin pitäisi mahtua kulkemaan normaalista ovista.

Tämän jälkeen alkoi varsinainen simulaattorin suunnittelu. Suunnittelua voitiin miettiä melko vapaasti, koska vaatimuksia ei ollut enempää. Ihannetilanne olisi, jos simulaattori muistuttaisi mahdollisimman paljon normaalia puoliperävaunua. Tästä ajatuksesta luovuttiin, koska simulaattori oli tarkoitus tehdä normaalista huonekaluputkesta, emmekä voineet suunnitella sitä alumiiniprofiilista. Simulaattori suunniteltiin yksinkertaisen kehikon sisälle, johon komponentit pyritään sijoittamaan mahdollisimman todenmukaisesti paikkoihin. Komponentit haluttiin sijoittaa todenmukaisesti paikkoihin, jotta ne löytyisivät helpommin myös oikeasta perävaunusta. Telineessä on jokaiselle komponentille paikat, joihin komponentit ruuvataan kiinni.

Telineen ulkomittoja mietittäessä otettiin oven leveydestä mitta, josta saatiin leveys selville. Telineen päällä on paikka kannettavalle tietokoneelle, jossa on diagnosiohjelma järjestelmän testausta varten. Jotta kannettava tietokone olisi sopivalla korkeudella seisoma-asennossa, telineen korkeus pitää suunnitella sen mukaan. Pituus määräytyy komponenttien kokojen mukaan ja myös sitä, kuinka ne halutaan sijoittaa telineeseen. Telineen leveys on 700 mm ja korkeus on 1200 mm, koska se on sopiva korkeus täysikasvuiselle henkilölle. Pituus on 1640 mm, jotta kaikki osat saataisiin hyvin aseteltua telineeseen.

Telineessä on kiskoilla liikkuva taulu, johon tulee järjestelmän kytkentäkaavio. Kiskojen ansiosta taulun saa suojaan kuljetuksien ja siirtelyjen ajaksi. Taulussa olevan kytkentäkaavion kautta on helpompi sisäistää järjestelmän toimintaa sekä siitä näkee, mitä osia järjestelmässä on.



Kuvio 48. Havainnekuva simulaattorista.

Tarkastellessa kuvion 48. piirrosta ilmenee, että telineen päällä on levy, jonka tarkoituksena on olla kannettavan tietokoneen alustana. Vasempaan päättyyn on sijoitettu kolme kapeampaa paneelia. Päädyssä olevien paneelien tarkoitus on erottaa perävaunu, vetoauto sekä paineilmahuolto toisistaan. Erottamalla nämä toisistaan on helpompi sisäistää, mitkä osat kuuluvat mihinkin paikkaan oikeassa perävaunussa ja vetoautossa. Jokaiseen paneeliin tulee omat tekstit; ”Perävaunu”, ”Vetoauto” ja ”Paineilmahuolto”.

Ylimmässä paneelissa on perävaunuliitännän komponentit. Ylimpään paneeliin tulee seuraavat komponentit; Duomatic-liitin ohjaus- ja syöttöletkuineen ja 7- napainen ABS/EBS-rasia. Keskimmaisessä paneelissa on kaikki vetoautosta lähtevät liitännät, joita ovat Duomatic-liitin ohjaus- ja syöttöletkuineen ja 7- napainen ABS/EBS-pistoke. Alimpaan paneeliin on sijoitettu paineilmahuollon komponentit sekä katkaisimet vikojen simuloimista varten. Alimpaan paneeliin tulee seuraavat komponentit: ulkopuolisesta lähteestä tulevalle paineilmalle urospuolinen paineilimaliitin, paineensäädin öljynerottimella ja painemittarilla, paineenrajoitin, Y-haara jakamaan paineilma kahteen linjaan sekä katkaisimet vikojen simulointia varten.

Telineen alaosaan on jätetty tilaa ylimääräisille letkuille ja johdoille. Tämän tilan yläpuolelle sijoitetaan poljinventtiili, virtalähde, ilmasäiliö vedenpoistiventtiilillä ja painemittarilla sekä kaksi jarrusylinteriä ja kaksi jousijarrusylinteriä. Poljinventtiilillä käytetään koko jarrujärjestelmää ja virtalähteestä jarrujärjestelmä saa virran. Paineilmasäiliö laitetaan telineessä oleviin lattarautoihin kiinni kahdella säiliöpannalla ja sijoitetaan telineeseen pitkittäin. Jousijarrusylinterit ja jarrusylinterit sijoitetaan telineen takaosaan, paikat kuvastavat oikean puoliperävaunun jarrusylintereitä. Jousijarrusylinterit laitetaan pitkittäissuunnassa etupuolelle ja jarrusylinterit laitetaan niiden taakse. Kaikkiin jarrusylintereihin on lattaraudasta tehdyt kehikot, joihin jarrusylinterit tulevat kiinni. Jokaisen jarrusylinterin tapin päässä on kumityyny, jota vasten tappi painautuu, kun jarrut kytkeytyvät päälle.

Jarrusylintereiden päälle sijoitetaan EBS-modulaattori, joka yleensä on oikeassakin puoliperävaunussa sijoitettu siihen kohtaan. EBS-modulaattori pyritään sijoittamaan akseleiden päälle, jotta paineilmaletkut saataisiin mahdollisimman lyhyiksi ja täten myös jarruviiveet saadaan mahdollisimmat lyhyiksi.

Varajarrutustoiminnolla oleva pysäköinti- ja siirtelyventtiili sijoitetaan telineessä samalle puolella, jossa poljinventtiili on, mutta se sijoitetaan telineen yläosaan. Varajarrutustoiminnolla varustetulla pysäköinti- ja siirtelyventtiilillä voidaan kytkeä pysäköintijarru päälle ja pois päältä, sekä jos perävaunuun ei saada paineilmaa, pysäköintijarrut saadaan vapautettua tällä venttiilillä.

Telineen yläosassa on paineensäädin paineenpoistolla, jolla simuloidaan akselikuormaa. Paineensäätimellä voidaan joko nostaa tai laskea akselikuormaa. Akselekuormaa muutettaessa myös jarruvoima muuttuu jarrusylintereillä.

Telineen yläosassa on kaksi pyörimisnopeusanturia, jotka on sijoitettu saman hammaskehän ympärille. Toisessa pyörimisnopeusanturin pidikkeessä on mekaniismi, jolla anturi voidaan kääntää sivuun. Hammaskehä on laakeroitu telineeseen, jota pyöritetään käsivoimin veivillä.

4.3 Komponenttikaavio

Liitteessä (3) on komponenttikaavio, josta näkee, mitä osia laitteistoon tulee sekä mihin järjestykseen ne laitetaan perävaunusimulaattorissa. Kaavion alussa paineilma tulee ulkoisesta lähteestä letkun kautta simulaattorin urospuoliseen paineilimaliittimeen. Tämän jälkeen on paineensäädin öljynerottimella. Paineensäätimellä säädetään paineilma haluttuun arvoon (esimerkiksi 8 baria). Tämän jälkeen tulee paineenrajoitin, jonka tehtävä on estää ylipaineen muodostuminen järjestelmään. Ylipaine voi hajottaa osia järjestelmästä ja on täten huolettomampi ja turvallisempi opetusympäristöön. Paineenrajoittimen jälkeen linja haaroitetaan Y-haaralla kahteen osaan. Toisesta linjasta tulee syöttölinja ja toisesta tulee ohjauslinja.

Y-haaran jälkeen ohjauslinjan puolelle tulee poljinventtiili. Poljinventtiilillä käytetään järjestelmää. Tämän jälkeen tulee molempien linjojen Duomatic-liitin. Paneelissa on Duomatic-liittimelle vastakappale, johon se kytketään. Duomatic-liittimeltä paineilman syöttöletku ja ohjausletku ohjataan pysäköinti- ja siirtelyventtiiliin, joka on varustettu varajarrutustoiminnolla. Tästä ohjauslinjan paineilma menee EBS-modulaattoriin, jossa EBS-modulaattori jakaa käskyjä eri venttiileille yms. Syöttö-

linjan paineilma jatkaa matkaa ilmasäiliöön, joka varastoi ilmaa itseensä. Paineilmasäiliöltä lähtee kaksi linjaa, joista toinen menee EBS-modulaattoriin ja toinen linja menee paineensäätimeen, jolla simuloidaan akselikuormaa. Paineensäätimessä on myös paineenpoisto, jotta painetta voidaan säätää molempiin suuntiin.

EBS-modulaattorista lähtee kahdelle jarrusylintereille ja kahdelle jousijarrusylintereille paineilmalinjat. Jarrusylinterit toimivat normaalissa ajotilanteessa jarrutettaessa ja jousijarrusylinterit toimivat tämän lisäksi myös pysäköintijarrun kytkettäessä sekä myös varajarrutustoiminnan aikana.

EBS-modulaattoriin syötetään jännitelähteestä jännite. Jännitelähde kytketään 230 voltin sähköjakeluverkkoon ja jännitelähteessä se muunnetaan 24 voltin jännitteeksi. Jännitelähteestä jännite vietään sähköjohdoilla 7-napaiseen ABS/EBS-pistokkeeseen. Paneelissa on tälle ABS/EBS-pistokkeelle rasia, johon se kytketään kiinni. ABS/EBS-rasiasta virta johdetaan EBS-modulaattoriin.

EBS-modulaattori saa kahdelta pyörimisnopeusanturilta tietoa pyörien liikkeistä, joita EBS-modulaattori hyödyntää eri toimintoihin. Pyörintänopeusanturit sijoitetaan yhden hammaskehän ympärille, jota pyöritetään käsiveivillä. Toiseen pyörimisnopeusanturiin tulee nivel, jonka avulla pyörimisnopeusanturi voidaan kääntää sivuun ja saadaa simuloitua vikaa.

4.4 Osien kustannusarvio ja hankinta

Osien kustannusarvio voitiin tehdä sen jälkeen, kun kaikki tarvittavat osat ja niiden määrät olivat tiedossa. Edellä valitut simulaattoriin osat laitoimme listaan kappalemäärittäin. Haasteelliseksi osaksi jäivät kaikki pientarvikkeet, johdot, letkut sekä liittimet joiden määrät jätettiin avoimeksi.

Osaan Seinäjoen ammattikorkeakoulussa olevien tutkinto-ohjelmien opintosuunnitelmiin kuuluu projektipajat. Projektipajoissa opiskelijat harjoittelevat käytännönläheisesti eri projektien toteuttamista. Jos kaikki menee suunnitelmien mukaan, tämän opinnäytetyön pohjalta opiskelijat jatkavat tätä projektia projektipajana toteutusvaiheeseen saakka. Tämän työn pohjalta opiskelijat hankkivat tarvittavat kom-

ponentit tulevaan simulaattoriin, valmistavat tuleville komponenteille telineen sekä asentavat komponentit telineeseen. Tästä syystä työn osuudelle ei laskettu mitään kustannuksia. Myöskään simulaattorin telineeseen käytettäviin putkimateriaaleja emme ottaneet kustannusarviossa huomioon, koska hyvin todennäköisesti koululta löytyy kaikki materiaali telineen valmistamiseen. Kustannusarviossa ei otettu myöskään tilojen yms. kuluja huomioon.

Liitteessä (2) on simulaattoriin tulevista osista tarviketaulukko, josta näkee osien nimet ja kappalemäärät. Hintoja ei ole laitettu kyseiseen taulukkoon, koska suurin osa hinnoista on laskettu ainoastaan oppilaitoskäyttöön. Näiden lisäksi täytyy olla tietokone, johon ladataan Knorr-Bremsenin internet-sivuilta diagnoosiohjelma. Koululta löytyy tietokoneita, joten tietokoneen hankintaa ei tarvitse laskea kustannusarvioon. Valittuun EBS-järjestelmään pitää käydä kurssi, jotta voi hankkia tarvittava PIN-koodi. Ilman PIN-koodia voidaan tarkistaa ja poistaa vikakoodeja, mutta ilman sitä ei päästä tärkeämpiä parametreja muuttamaan. Kurssi ja PIN-koodi sekä kaikki diagnoosijärjestelmään tarvittavat osat merkittiin tarviketaulukkaan.

Pääkomponenttien hinnat kysyttiin Trailcon Oy:ltä sähköpostitse. Tarvikeosien hinnat etsittiin internetistä, jotta koko kustannusarvio voitiin laskea.

5 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tekijän oma mielenkiinto kuorma-autoja kohtaan on kasvanut vuosien varrella ja on täten herättänyt mielenkiintoa tehdä myös niiden parissa opinnäytetyö. Seinäjoen ammattikorkeakoulun tämänhetkinen raskaan kaluston jarrusimulaattori on vanhentunutta tekniikkaa, joten tästä saatiin hyvä aihe opinnäytetyöhön. Työssä suunniteltiin vanhan laitteiston tilalle nykyaikaisen kuorma-auton perävaunujarrusimulaattori. Simulaattoria tullaan käyttämään opetusvälineenä insinööriopiskelijoiden laboratorioharjoituksissa. Tieto siitä, että työtä tullaan tulevaisuudessa tarvitsemaan, oli hyvä motivaation lähde myös tämän työn tekijälle. Työssä käytiin läpi perinteinen jarrujärjestelmä sekä EBS-jarrujärjestelmä. Näiden tietojen pohjalta suunniteltiin koululle EBS-perävaunusimulaattori, jossa simulaattoriin sijoitetut osat vastaavat oikean perävaunun osia.

Raskaankaluston paineilmatoimisten jarrujen aihealue on laaja, joten aihetta pyrittiin käsittelemään kohtuudella. Perinteisen jarrujärjestelmän teoriaosuuteen löytyi hyvin suomenkielisiä lähteitä, jotka helpottivat työn tekemistä. EBS-jarrujärjestelmään löytyi myös suomenkielistä materiaalia, mutta ei aivan yhtä kattavasti kuin perinteiseen jarrujärjestelmään. Englanninkielistä materiaalia löytyi EBS-järjestelmään paremmin kuin suomenkielistä. Työssä pyrittiin käyttämään suomenkielistä materiaalia mahdollisimman paljon. Jokaisen komponentin kohdalla tekijä opetteli toiminnan ennen sen kirjoittamista. Osa komponenteista oli monimutkaisempia kuin toiset, joten tällä tavalla muodostetut tekstit muodostuivat välillä hyvinkin hitaasti.

Itse työn suunnittelu oli mielenkiintoinen, koska siinä pystyi hyödyntämään teoriaosuudessa opittua tietoa sekä sen tekemisessä sai käyttää omaa mielikuvitusta. Suunnitteluvaiheessa huomioitiin tarkemmin, mitä kaikkia osia tarvitaan käytännölliseen ja muutenkin toimivaan simulaattoriin. Osia valitessa pyrittiin tekemään mahdollisimman hyviä ratkaisuja, jotka palvelisivat oppilaitosta ja oppilaita mahdollisimman hyvin. Mielestäni löysimmekin hyvät ratkaisut jokaisen osan kohdalla. Simulaattorin käyttöturvallisuuteen panostettiin myös, jotta opiskelijoiden olisi huolettomampi käyttää sitä. Telineen suunnittelu onnistui hyvin, vaikka kaikilta osin se ei muistuta oikeaa perävaunua. Simulaattoriin tulevat osat saatiin hyvin näkyviin

sekä niiden paikat vastaavat hyvin oikean perävaunun paikkoja. Tämän ansiosta simulaattoria käyttäneet henkilöt löytävät myös oikeasta perävaunusta järjestelmän osat.

Opinnäytetyötä aloittaessa tiesin perinteisestä jarrujärjestelmästä jonkun verran, mutta EBS-jarrujärjestelmistä en tiennyt mitään, joten työ opetti tekijäänsä paljon. Mielenkiintoisen työstä tekikin juuri se, että työtä tehdessä oppi lähes kokoajan uutta asiaa. Olen tyytyväinen tekemääni työhön ja toivon, että projektin jatkajat saavat hyvän materiaalin tulevaan työhönsä. Työssä eniten jäi harmittamaan se, että EBS-jarrujärjestelmän kaikkien osien toimintaa ei saatu kerrottua riittävällä tarkkuudella, koska aiheeseen ei löytynyt riittävästi materiaalia. Joka tapauksessa työstä tuli kattava kokonaisuus.

Toivottavasti tulevaisuudessa valmistuva perävaunujarrusimulaattori on hyödyllinen Seinäjoen ammattikorkeakoulun opetuskäytössä ja insinööriopiskelijat voivat tutustua sen avulla käytännön kautta EBS-jarrujärjestelmään.

LÄHTEET

- Air Production Management. 2005. Alustava koulutusdokumentti. [pdf-dokumentti]. [viitattu 28.10.2014]. Saatavissa: Rajoitettu saatavuus
- Bosch. 1982. Teknistä tietoutta: Paineilmajarrujärjestelmien laitteet.
- Bosch. 2003. Autoteknillinen taskukirja. 6.painos. Helsinki: Autoteknillinen taskukirja.
- Karvinen, M. 2014. Tuotepäällikkö. Trailcon Oy. [Henkilökohtainen sähköpostiviesti 16.9.2014]. Vastaanottaja: Tuomas Määttä. [Viitattu 20.9.2014].
- Mylläri A., Rantala J. & Sirola J. 2003. Auto- kuljetusalan erikoistumisoppi 4: Alusta- ja hallintalaitteet. Helsinki: Otava.
- Närvä, J. 2006. EBS/ABS-perävaunusimulaattori. Seinäjoen Ammattikorkeakoulu. Tekniikan yksikkö, auto- ja kuljetusalan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Julkaisematon.
- Trailer EBS. 1999. Electronically controlled braking system in trailers.
- Wabco. 2004. Wabco Truck ABS/EBS. [pdf-dokumentti]. Wabco. [Viitattu 21.5.2014]. Saatavissa: [http://www.wabco-auto.com/fileadmin/Documents/Media_Center/Press_Releases/EBS.pdf]
- Wabco. 2011. EBS in towing vehicles and buses. System Description. [pdf-dokumentti]. Wabco. [Viitattu 23.10.2014]. Saatavissa: [<http://inform.wabco-auto.com/intl/pdf/815/00/15/8150100153.pdf>]
- Wabco. 2010. TEBS E2. Electronic Braking System for Trailers. [pdf-dokumentti]. Wabco. [Viitattu 31.10.2014]. Saatavissa: [<http://inform.wabco-auto.com/intl/pdf/815/00/93/8150100933t1.pdf>]

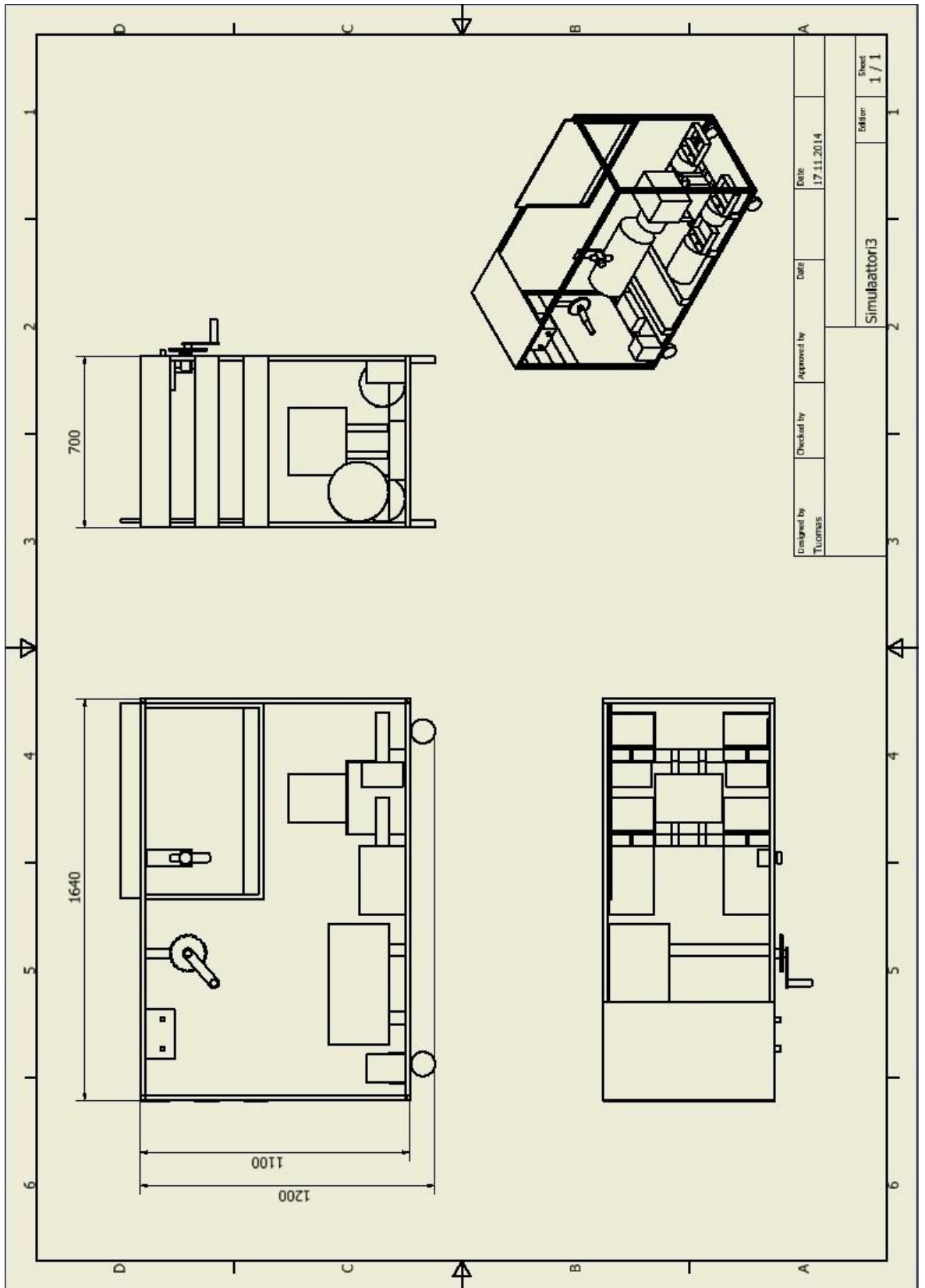
LIITTEET

Liite 1. Mittakuva

Liite 2. Tarviketaulukko

Liite 3. Komponenttikaavio

LIITE 1: Mittakuva



LIITE 2: Tarviketaulukko

Tuotteen nimike	Määrä	Tuotteen nimike	Määrä
Jarrusylinteri 16"	2	Hammashkehä	1
Jousijarrusylinteri 16/24"	2	Paineenrajoitin	1
Paineilmasäiliö 60L	1	Paineensäädin öljynerottiella	1
Paineilmasäiliön panta	2	Paineensäädin paineenpoistolla	1
Vedenpoistovennttiili	1	Jännitelähde	1
Duomatic-liitin AUTO	1	Vipukytkin	3
Duomatic-liitin PERÄVAUNU	1	Haarotusliitin (Y-liitin)	1
Jarruspiraali PUN/KEL	1	Paineilmaliitin (uros)	1
ABS/EBS-pistoke 7-NAP.	1	Teollisuuspyörä (100 mm)	4
ABS/EBS-rasia 7-NAP.	1	Painemittari	3
Poljinventtiili	1		
ABS-anturisarja	2	Liittimet	x
		Letkut (15x1,5, 12x1,5 ja 8x1)	x
Knorr-Bremser EBS-sarja:		Johdot	x
EBS-modulaattori	1	Pientarvikkeet	x
EBS-syöttöjohto	1		
Anturikaapeli	2		
Varavirtajohto	1		
Pysäköinti- ja siirtelyventtiili	1		
ALB-tarra, tulostimeen	1		
Kilpi pysäköinti-siirtelyventtiilille	1		
Diagnoosi-sarja:			
ISO 7638 CAN-adabteri	1		
24 V CAN diagnosikaapeli	1		
UDIF-Sarja	1		
USB-adapteri	1		
Kurssi (TEBS G2)	1		
PIN-koodi	1		

LIITE 3: Komponenttikaavio

