

Opinnäytetyö (AMK)

Auto- ja kuljetustekniikka

Autotekniikka

2017

Mikko Asikainen

Downsizing ja sen vaikutus varaosamyyntiin

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Auto- ja kuljetustekniikka | Autotekniikka

20.12.2017 | Sivumäärä 28

Ohjaaja: Markku Ikonen

Mikko Asikainen

DOWNSIZING JA SEN VAIKUTUS VARAOSAMYYNTIIN

Opinnäytetyö tehtiin Motonet Oy:lle, ja sen tavoitteena oli tutustua downsizing-ilmiöön ja sen mahdollisiin vaikutuksiin varaosamyynnissä. Työssä käydään läpi myös ahtimien perustoimintaa, sillä ahtimet ovat yksittäisistä komponenteista erittäin isossa roolissa tämän tekniikan syntyyn.

Ilmastonmuutoksen ymmärtäminen ja siitä johtuvat tiukat päästörajoitukset ovat ajaneet ajoneuvovalmistajia kehittämään taloudellisempia ajoneuvoja. Tätä prosessia on myös vauhdittanut maailman ehtyvät raakaöljyvarannot.

Työ alkoi tutustumisella saatavilla olevaan tietoon moottorien tilavuuden pienenemisestä. Työn kirjoitusvaiheessa joutui yhdistämään tietoa monilta ulkomaankielisiltä Internet-sivuilta, eikä varsinaisia tietolähteitä löytynyt Boschin julkaiseman autoteknillisen taskukirjan lisäksi. Käytettävissä ei ollut suomennettua versiota, joten tekijä itse on toiminut suomentajana.

Työn aikana havaittiin, että vaikutukset varaosien myyntiin eivät tule välittömästi ja ovat vaikeasti ennustettavia. Kuitenkin varaosien myynti on jatkuvaa, sillä esimerkiksi jarru- ja alustanosia tullaan myymään, vaikka voimanlähteenä olisi diesel, bensiini tai sähkö.

ASIASANAT:

downsizing, varaosamyynti, päästörajoitukset, taloudellisuus, pakokaasuahditimet, auto

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Automotive and Transportation Engineering | Automotive Engineering

20.12.2017 | Total number of pages 28

Instructor: Markku Ikonen

Mikko Asikainen

DOWNSIZING AND ITS IMPACT ON SPARE PARTS SALES

The thesis was conducted for Motonet Oy, with the aim of exploring the downsizing phenomenon and its potential impact on spare parts sales. The works also include the basic operation of the turbocharger, since it is one of the biggest individual components that has a significant role in the creation of the downsizing phenomenon.

Understanding climate change and the resulting stricter emission limitation have driven vehicle manufacturers to develop more economical vehicles. This process is also accelerated by the depletion of the world's crude oil reserves.

This thesis started by exploring available information of downsized engines. During the writing phase of the thesis, it was necessary to combine information from many foreign sources, and no single source of information was found in addition to the Bosch automotive handbook. There was no translated version of the latest Bosch handbook available, so the author himself has worked as a translator.

During this thesis it was found that the effects on the sale of spare parts are not immediate and difficult to predict. Sales of spare parts are however continuous, for example brake and chassis parts will be sold, even if the source of power is diesel, gasoline or electricity.

KEYWORDS:

downsizing, spare parts, car, economy, exhaust emissions

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	5
1 JOHDANTO	6
2 MOTONET	8
3 DOWNSIZING	9
3.1 Pakokaasuahdin	11
3.1.1 Muuttuvageometriset pakokaasuahdit	12
3.1.2 Twin Scroll	15
3.2 Nokka-akseliton tekniikka	17
4 VAIKUTUS VARAOSAMYNTIIN	23
5 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	25
LÄHTEET	27

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

<i>Lyhenne</i>	<i>Lyhenteen selitys (Lähdeviite)</i>
VGT	<i>Variable Geometry Turbine</i>
VTG	<i>Variable Turbine Geometry</i>
VNT	<i>Variable Nozzle Turbine</i>
VATN	<i>Variable-Area Turbine Nozzle</i>
VVT	<i>Variable Vane Turbine</i>
VGS	<i>Variable Geometry System turbocharger</i>
VTA	<i>Variable Turbine Area</i>
VG	<i>Variable Geometry turbocharger</i>
OHC	<i>Over Head Camshaft</i>
DOHC	<i>Double Over Head Camshaft</i>
VW	<i>Volkswagen</i>
CO	<i>Carbon Monoxide / Hiilimonoksidi</i>
HC	<i>Hydrocarbon / Hiilivety</i>
NOx	<i>Nitrogen oxides / Typpioksidi</i>
PM	<i>Particulate Matter emissions / Hiukkaspäästöt</i>

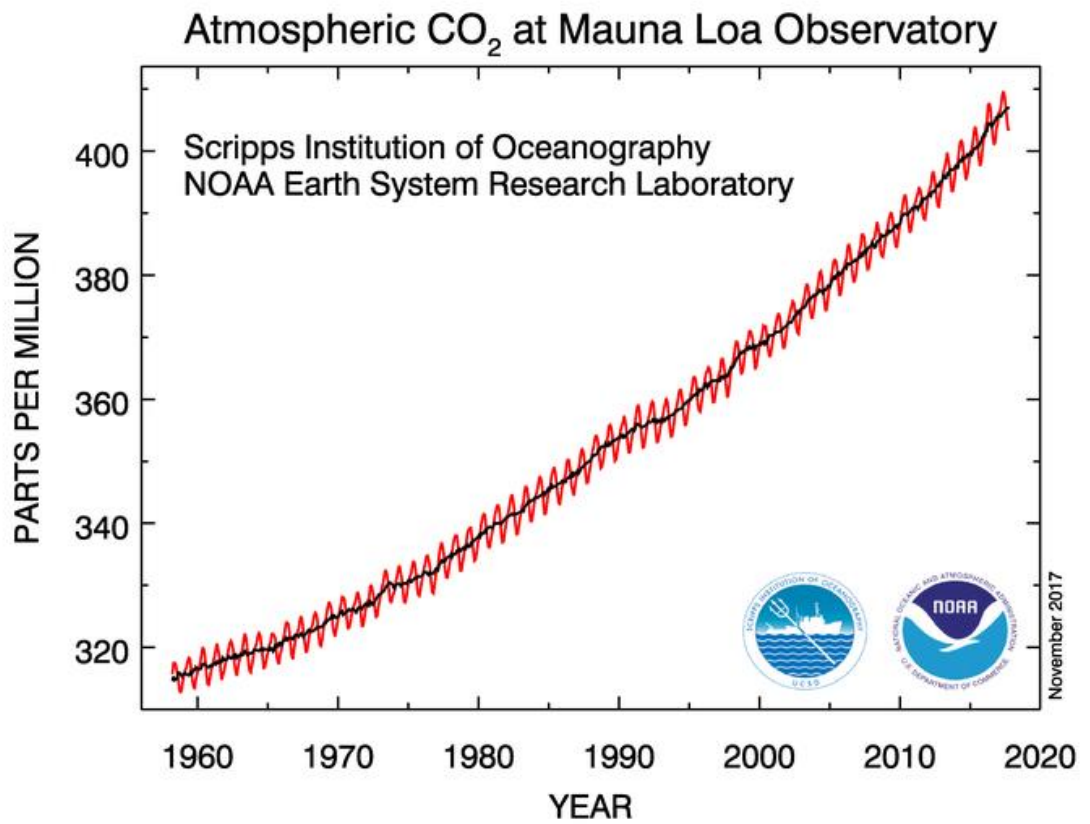
1 JOHDANTO

Tämän työn tavoitteena oli tutkia downsizing-ilmiötä ja sen mahdollisia vaikutuksia va-raosamyntiin. Työssä käydään läpi sitä, mikä on saanut aikaan tämän ilmiön syntymi-sen ja sen yleistymisen ja mihin downsizing mahdollisesti johtaa. Työssä keskitytään erityisesti pakokaasu-ahtimiin, sillä ne ovat yksinään jo erittäin tärkeässä roolissa downsized-moottoreissa. Niissä tarvitaan ahdettua ilmaa, jotta pienen moottorin tehoa ja hyötysuhdetta saadaan nostettua huomattavasti suuremmaksi.

Downsizing-ilmiö on moottorin tilavuuksien pienentyminen. Downsized-moottori tarkoittaa pientä moottoria, joka tuottaa suhteessa kokoonsa paljon tehoa, joten se toimii lähempänä moottorin pääkomponenttien fyysisiä kesto- ja lämpörajoja sekä niiden lämpörajoja. Korkeammalla viritystasolla olevat moottorit polttavat polttoaineen puhtaammin, mistä johtuu parantunut polttoainetalous, jonka seuraus on pienemmät CO₂-päästöt. Pienempien ja viritystasoltaan korkeiden moottorien yleistymisen johtuu tiukentuneiden päästönormien vaikutuksesta sekä polttoainetaloudellisuuden tavoittelusta. Lisäksi hybridiajoneuvojen yleistymisen sekä tarve pienille moottoreille sähkömoottoreiden lisäksi on ajanut tätä teknologiaa eteenpäin.

Ilmaston lämpeneminen ja varsinkin CO₂-kasvihuonekaasun huolestuttava nousu on johtanut ajoneuvoteollisuuden tiukentuvien pakokaasupäästörajoitusten eteen (kuva 1) Rajoitukset kiristyvät koko ajan pikkuhiljaa ja niissä ollaan tällä hetkellä keskitytty varsinkin CO₂-kasvihuonepäästöihin. Suomen autoverotuskin kannustaa ostamaan autot pienillä moottoreilla, koska seurauksena on pienempi CO₂ päästö. Ajoneuvovero määräytyy vuosimallia 2002 ja uudemmissa henkilöautoissa sekä vm. 2008 ja uudemmissa paketti- ja kaksikäyttöautoissa CO₂-päästötiedon mukaan. Maailmalla ehtyvät raakaöljyvarannot on toinen merkittävä asia, mikä on ajanut ajoneuvovalmistajat kehittämään tekniikkaa ja moottoreita taloudellisemmiksi. Tästä kehityksen suunnasta johtuen downsizing-ilmiö on kasvanut paljon ja nykyään monella valmistajalla on automalleihin saatavissa pieniä 4-sylinterisiä, 3-sylinterisiä tai jopa 2-sylinterisiä moottoreita isojen moottoreiden tilalle.

Kuvassa 1 on esitetty ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden kasvu vuodesta 1960 tähän päivään.



Kuva 1. Hiilidioksidipitoisuuden kasvu vuodesta 1960-2017 (NOAA 2017)

2 MOTONET

Motonet on kotimainen autovaraosien ja –tarvikkeiden sekä työkalujen erikoisliike. Valikoimaan kuuluvat myös moottoripyörien varaosat sekä tarvikkeet, erilaiset työkalut, kodin ja vapaa-ajantuotteet, puutarhatuotteet, veneily ja kalastus tarvikkeet. Motonetin toiminta alkoi vuonna 1990 Turussa ja vuosien aikana Motonet on laajentanut toimintaansa ympäri Suomea. Motonet palvelee tällä hetkellä 30 tavaratalolla 27 paikkakunnalla Suomessa ja yhdellä Virossa Tallinnassa. Lisäksi monilla paikkakunnilla muutetaan uusiin toimitiloihin. (Motonet 2017.)

Motonet on osa Broman Group -konsernia, joka on vuonna 1965 perustettu perheyhtiö, johon kuuluu Motonetin lisäksi AD Varaosamaailma. Nämä kaksi vahvaa valtakunnallisesti toimivaa kauppaketjua toimivat kaikkiaan 31 paikkakunnalla ja työllistävät yli 1500 ammattilaista. (Motonet 2017.)

3 DOWNSIZING

Ajoneuvoteollisuuden yksi pääkehityskohde on nykyään mahdollisimman pieni polttoaineen kulutus, mikä johtaa mahdollisimman pieniin hiilidioksidi- (CO₂-) päästöihin. Ajoneuvon polttoainetalouteen vaikuttavia tekijöitä on monia esim. moottorin ominaisuudet, ajo-olosuhteet, ajoneuvon aerodynamiikka, ajoneuvon massa, renkaat sekä kuljettaja ajotyylillään.

Downsized-moottoreiden ohella ovat yleistyneet muutkin päästöjä vähentävät teknologiat kuten hybridiajoneuvot sekä myös biokaasu- ja sähköajoneuvot. Tässä työssä keskitytään polttomoottoreiden ahtimiin ja niiden vaikutuksiin varaosamyyntiin, sillä ne ovat yksi tärkeimmistä yleistyvistä komponenteista, jotka ovat mahdollistaneet downsized-tekniikan kehittymisen. Hybridiajoneuvoissakin on käytössä juuri pieniä polttomoottoreita jotka ovat edesauttaneet polttomoottoritekniikan kehittymistä sekä toisinpäin.

Herääminen ilmaston muutokseen ja kasvihuonekaasujen ymmärtämiseen on ajanut ajoneuvoteollisuuden uusien haasteiden pariin. Ajoneuvovalmistajat on pakotettu kehittämään moottoritekniikkaansa niin, että uudet autot täyttävät päästönormit (kuva 2). Isot vapaasti hengittävät moottorit alkavat olla historiaa ja pienemmät ahdetut moottorit valtaavat markkinat. Plug-in-sähköautot ovat täysin päästötön vaihtoehto, mutta niiden yleistymistä hidastavat varsinkin täällä Pohjolassa latausasemien verkoston puute sekä rajallinen käyttöetäisyys varsinkin talven kovilla pakkasilla, mutta tämäkin teknologia kehittyä jatkuvasti. Plug-in-ajoneuvojen kohdalla pitää ottaa huomioon, millä menetelmällä auton käyttämä sähkö on tuotettu, jotta ajoneuvo olisi oikeasti ympäristöystävällinen.

Ahdetut moottorit ovat nykyään arkipäivää eikä niitä yleensä tuoda enää esille isoilla ”Turbo” merkeillä autoneuvojen perässä olevien mallimerkintöjen lisäksi. Ahtimia on pääasiassa kahdenlaisia, on niin sanottuja remmiahtimia sekä pakokaasuahntimia (”turboahdin”). Remmiahdin ottaa voimansa kampiakselilta hihnan välityksellä, kun taas turbo hyödyntää pakokaasujen virtausenergiaa. Pakokaasuahntimet ovat yksinään erittäin isossa roolissa downsizing-teknologian mahdollistamisessa. Pakokaasuahntimella saadaan valjastettua pakokaasuista energiaa, mikä menisi muutoin hukkaan, ja käytettyä sitä hyödyksi saaden ahdettua ilmaa moottorille. Ahtimen avulla saadaan huomattavasti parannettua ominaistehoa.

Kun käytetään ahdettuja, pienempiä moottoreita, jotka ovat taloudellisempia kuin vastaavan tehoiset vapaasti hengittävät moottorit, ovat downsized-moottorit myös huomattavasti kevyempiä sekä vaativat pienemmän tilan, joka johtaa ajoneuvon massan vähenemiseen. Tämä vaikuttaa ajoneuvon taloudellisuuteen ja toisinpäin myös päästöarvoihin.

Brittiläisen Car Throttle -autosivuston haastattelussa Volkswagenin tuotekehityspäällikkö Herbert Diess kommentoi, että downsizing on väistynyt muoti-ilmiö. Myös esimerkiksi Alan Raposo, Renault-Nissan yhtiön voimansiirtopäällikkö, on sanonut, että ollaan saavutettu downsizing-moottoreiden raja, sekä että tekniikka, jota on käytetty moottorien pienentämiseen, ei riitä uusien päästöstandardien saavuttamiseen. (Moottori 2017.) Vaikka on ollut puhetta, että downsizing olisi saapunut päätepisteeseen, silti VW julkaisi uudet moottorinsa, joissa on mukana pienitilavuuksisia.

Downsizing-moottorit ovat olleet päästötesteissä puhtaasti näköisiä ja taloudellisia, mutta oikean elämän tiekoheet ovat osoittaneet näitä tuloksia vastaan. Tämän nopean ilmiön ja julkisen myöntymyksen isona lähtökohtana oli VW-dieselajoneuvojen paljastunut päästötestihuijaus, mutta VW ei ollut ainoa. Esimerkiksi dieselkäyttöistä Fiat 500x -ajoneuvoa testattiin Bernin ammattikorkeakoulussa, jossa testit suoritettiin lämpimällä moottorilla, jolloin ajoneuvo ylitti Euro 6 NO_x-rajat (kuva 2) 11–22-kertaisesti (Auto-news 2016).

Vaikka downsizing olisi väistynyt muoti-ilmiö ja saavuttanut rajansa yksikseen, en usko, että se poistuisi kokonaan, sillä hybriditekniikka on yleistynyt valtavasti. Hybridiajoneuvossa polttomoottorin lisänä on sähkömoottori, joka käyttää akustoa, jota ladataan ajassa ja/tai sähköverkosta pistokkeesta. Hybriditekniikka hyötyy juuri pienistä ja kevyistä moottoreista, joiden ei tarvitse olla huipputehokkaita. Hybridiajoneuvon sähkömoottorit auttavat juuri kriittisimmillä hetkillä esimerkiksi kiihdytyksessä, jossa sähkömoottori pystyy antamaan välittömästi täyden tehon, kun kuljettaja niin haluaa. Hybridiajoneuvot tulevat hyödyntämään pieniä moottoreita, joilla tulevaisuudessa pääsääntöisesti ladataan akustoa ja itse teho ajoneuvon liikkumiseen tuotetaan sähkömoottoreilla.

Downsized-moottoreita ja teknologiaa, joka niiden myötä on kehittynyt, aletaan hyödyntämään hieman isompiin tilavuuksiin moottoreihin, jotta päästönormit sekä pienempi kulutus saavutetaan.

Kuvassa 2 on esitetty eri EU päästöstandardit henkilöautoille Euro 1:stä Euro 6:seen.

Stage	Date	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM	PN
		g/km					
Positive Ignition (Gasoline)							
Euro 1 †	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	-	-
Euro 2	1996.01	2.2	-	0.5	-	-	-
Euro 3	2000.01	2.30	0.20	-	0.15	-	-
Euro 4	2005.01	1.0	0.10	-	0.08	-	-
Euro 5	2009.09 ^b	1.0	0.10 ^d	-	0.06	0.005 ^{e,f}	-
Euro 6	2014.09	1.0	0.10 ^d	-	0.06	0.005 ^{e,f}	6.0×10 ¹¹ e,g
Compression Ignition (Diesel)							
Euro 1 †	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	0.14 (0.18)	-
Euro 2, IDI	1996.01	1.0	-	0.7	-	0.08	-
Euro 2, DI	1996.01 ^a	1.0	-	0.9	-	0.10	-
Euro 3	2000.01	0.64	-	0.56	0.50	0.05	-
Euro 4	2005.01	0.50	-	0.30	0.25	0.025	-
Euro 5a	2009.09 ^b	0.50	-	0.23	0.18	0.005 ^f	-
Euro 5b	2011.09 ^c	0.50	-	0.23	0.18	0.005 ^f	6.0×10 ¹¹
Euro 6	2014.09	0.50	-	0.17	0.08	0.005 ^f	6.0×10 ¹¹

* At the Euro 1..4 stages, passenger vehicles > 2,500 kg were type approved as Category N₁ vehicles
† Values in brackets are conformity of production (COP) limits
a. until 1999.09.30 (after that date DI engines must meet the IDI limits)
b. 2011.01 for all models
c. 2013.01 for all models
d. and NMHC = 0.068 g/km
e. applicable only to vehicles using DI engines
f. 0.0045 g/km using the PMP measurement procedure
g. 6.0×10¹² 1/km within first three years from Euro 6 effective dates

Kuva 2. EU päästöstandardit henkilöautoille (Dieselnet 2017)

3.1 Pakokaasuahdin

”Turbon perustoimintaperiaate on yksinkertainen. Turboahdin hyödyntää pakokaasun virtausenergiaa. Turboahdinten siipipyörät, turbiini ja kompressori, on kiinnitetty samaan akseliin. Moottorista purkautuvat pakokaasut johdetaan turbon kotelon läpi niin, että se antaa liike-energian turbiinipyörälle joka pyörittää akselin välityksellä kompressoripyörää.” (Kosunenracing 2016.)

”Akseli on laakeroitu ahtimen runkoon yleensä kuula- tai liukulaakereilla. Kovan pyörimisnopeuden vuoksi tarvitaan laakereille jatkuva voitelu (öljykierto). Voitelun tarkoituksena on pitää kitka pienenä ja jäähdyttää laakeria.” (Kosunenracing 2016.)

Turbot ovat käytössä jokaisessa downsized-käsitteen alaisessa moottorissa. Tämän teknologian avulla pienemmästä moottorista saadaan sama teho tai jopa suurempi teho kuin vanhemmasta suurempitilavuusisesta vapaasti hengittävästä moottorista. Turbotekniikka on ollut kehityksen yksi keskipisteistä, joten ahtimetkin ovat kokeneet muutosta.

Ennen vanhaan, kun haluttiin moottorista tehokas, asennettiin moottoriin yksi iso pakokaasuahdin. Tämä johti huonoon ajettavuuteen, sillä iso turbo ei ahtanut pienillä kierroksilla ja kun se alkoi toimia, tuli niin sanottu turbopiikki. Turbopiikillä tarkoitetaan sitä, kun ahtimella kuluu aikaa tuottaa painetta ja kun ahdin sai tarpeeksi kierroksia ja rupesi tuottamaan painetta, niin tällöin syntyy tehopiikki. Tämä yritettiin ratkaista asentamalla kaksi turboa (Twin-turbo) ja se olikin toimiva ratkaisu, sillä ensimmäisen ahtimen toiminta-alue oli alemmilla kierroksilla ja kun moottori otti kierroksia, tuli toinen ahdin mukaan loppupäässä.

Lisäksi yksi ongelmana turbotekniikan alkuaikoina oli turboviive. Turboviive johtuu siitä, että ahtopaine ei ehdi nousta heti, kun kuljettaja painaa kaasupoljinta. Ahtimella kestää vähän aikaa ennen kuin pakokaasun virtausenergia nousee tarpeeksi, jotta ahdin alkaa tuottaa ylipainetta imupuolelle. Energiakriisi ajoi 1970-luvulla silloiset valmistajat käyttämään samaa tyyliä, ahtamaan moottoreita. Turbotekniikka oli 1980-luvulla kehitymässä ja ajoneuvovalmistajat asettivat niitä pienempiin moottoreihinsa luvaten tehoa ja parempaa polttoainetaloutta. Mutta monessa tapauksessa polttoainetaloudellinen hyöty oli marginaalinen ja luotettavuus oli iso ongelma, joten turbomoottorit vähenivät pikkuhiljaa ja valmistajat siirtyivät takaisin isompiin moottoreihin, hyödyntäen sen aikaista uusinta teknologiaa saaden ne hieman taloudellisemmiksi.

Turbotekniikka on kehittynyt valtavasti vuosikymmenten aikana ja nykyisillä ratkaisuilla on saatu poistettua niitä ongelmia, jotka vaivasivat aikaisemmin. Turboviivettä on saatu pienennettyä esimerkiksi ohivirtausventtiilin avulla (joka päästää osan pakokaasuista virtaamaan turbiinin ohitse), muuttuvageometrinen turboahdimen sekä kaksivaiheisten pakokaasuahdimen avulla. Perinteisen twin-turbo-ratkaisun tilalle on tullut esim. muuttuvageometrinen ahdin tai twin-scroll-ahdin sekä nyt uusimpana twin-turbo-ratkaisu, jossa pienempi ahdin saa voimansa sähkömoottorilta ja isompi hyödyntää pakokaasujen virtausenergiaa.

3.1.1 Muuttuvageometriset pakokaasuahdit

Muuttuvageometrinen henkilöauton pakokaasuahdin esiteltiin ensimmäistä kertaa v. 1990 (Turbotekniikka 2017a). Muuttuvageometrisellä turbolla saadaan hyödynnettyä ahdinta koko moottorin toiminta-alueella. Eri valmistajilla on oma lyhenteensä viitaten muuttuvageometriseen pakokaasuahdimen teknologiaan esim. VTG, VGT ja VATN. Kaikista potentiaalisista suunnittelumalleista säädettävät ohjainsiivekkeet ovat saaneet

yleisen hyväksynnän, sillä ne yhdistävät laajan toiminta-alueen korkealla hyötysuhteella. Muuttuvageometrisella pakokaasuahtimella on mahdollista saavuttaa korkea huipputeho yhdellä ahtimella saaden myös hyvää alakierrosvääntöä. Kaikki pakokaasut ohjataan turbiinille koko virtausenergia hyödyntäen. Muuttamalla ohjainsiivekkeiden kulmaa saadaan säädettyä virtauksen nopeutta ja massaa eri kierrosnopeuksilla.

Muuttuvageometrisessä ahtimessa on ohjainsiivekkeitä, joilla ohjataan pakokaasun virtausta (kuva 3). Ohjainsiivekkeet ovat kiinni ohjainrenkaassa, jossa ohjainlinkistö on kiinni tai jokainen ohjainsiiveke on suoraan kiinni ohjainlinkistössä. Ohjainlinkkiä/-linkistöä käytetään joko pneumaattisella tai sähköisellä toimilaitteella. Jos käytössä on pneumaattinen toimilaitte, on siihen lähes aina integroitu asentotunnistin, jonka signaalilla moottorinohjainyksikkö varmistaa, että ohjainsiivekkeet ovat oikeassa asennossa.

Kuvassa 3 näkyy muuttuvageometrisen ahtimen ohjainsiivekkeet sekä ohjainrenkas.



Kuva 3. Muuttuvageometrisen ahtimen läpileikkaus (Turbotekniikka 2017b)

Muuttuvageometrisen ahtimen siivikko ei koskaan sulkeudu kokonaan estäen virtausta turbiinille, sillä pienten välien säilyttäminen ohjainsiivekkeiden välillä on elintärkeää moottorin suorituskyvylle. Pienillä kierroksilla siivikko on minimivirtauskulmassa, jolloin pakokaasujen virtausnopeus kasvaa turbiinille pienten välien ansiosta saaden sen ”heräämään” nopeammin moottorin mukaan, parantamaan alavääntöä. Kierrosten ja kuormituksen kasvaessa siivikkoa avataan tarkasti moottorin ohjainyksikön tietojen mukaisesti, kasvattaen pakokaasun virtausmassaa, joka saa turbiinin pyörimään voimakkaammin. Tällöin saadaan suurempi ahtopaine tavoiteltaessa parempaa hyötysuhdetta. Maksimivirtauskulmassa suurilla kierroksilla ohjainsiivekkeet ovat auki-asennossa, jolloin ei rajoiteta pakokaasuvirtausta turbiinille vaan otetaan kaikki hyöty pakokaasuvirran energiasta.

Muuttuvageometrisessä ahtimessa pystytään säätämään ahtimen pakokaasuvastusta sulkemalla tai avaamalla ohjainsiivekkeitä, tällä tavalla säädetään saavutettua ahtopainetta. Tästä syystä VTG-ahtimissa ei ole hukkaporttia, mutta saadaan silti ahdin heräämään nopeasti. Muuttuvageometriset pakokaasuahdit ovat nykyään korvanneet perinteiset turboahdit dieselajoneuvokäytössä lähes kokonaan. Ahtimien kehitys on jatkuvaa ja uusia innovatiivisia ratkaisuita, joilla saataisiin vietyä tekniikkaa eteenpäin, yritetään kehittää.

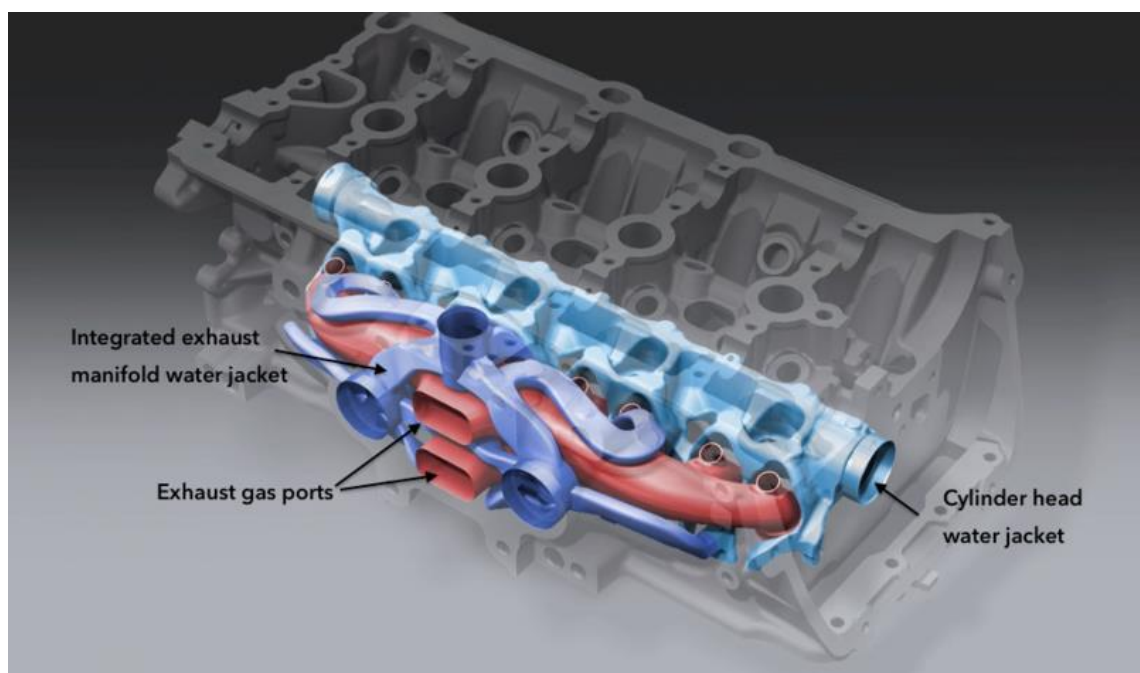
Muuttuvageometrisen ahtimen huonoja puolia ovat sen epävarmuus luotettavuudessa sekä kestävyudessa, varsinkin bensiiniautoissa. Bensiinimoottoreiden pakokaasujen lämpötilat kohoavat niin korkeiksi, että monimutkaiset linkistöt ja ohjainsiivikkorakennelmien luotettavuus ja kestävyys ovat haasteellista saavuttaa. Nyt on julkaistu ensimmäinen massatuotannossa oleva bensiinimoottori VW EA211 TSI Evo 1.5L, jossa on käytössä VTG-ahdin. VTG-ahtimia ei aiemmin ole juuri käytetty bensiinimoottoreissa edellä mainituista syistä.

Lämpöongelmaa on pyritty juuri ratkaisemaan erilaisilla jäähdytysratkaisuilla. Moderneissa moottoreissa ahtimet ovat aina vesijäähdytteisiä sekä käytössä on myös vesijäähdytteiset pakosarjat, jotta seosta ei tarvitse pitää rikkaampana pidättäessä pakokaasun lämpötilaa alhaisempana. Integroitu vesijäähdytetty pakosarja on yksi uusista ratkaisuista taloudellisemman moottorin aikaansaamiseksi (kuva 4). Pakokaasut ovat jäähdytetyn pakosarjan johdosta noin 70°C astetta viileämpiä, kun ne tulevat ahtimelle (Greencarcongress 2013). Ongelmana on ollut jäähdytysnesteen lämmönsiirtokyky, sillä pakosarjan lämpötilat ovat erittäin korkeita. Vesijäähdytyksen ansiosta voidaan käyttää parasta mahdollista seossuhdetta kulloiseenkin moottorin kuormitustilanteeseen.

seen sopivana eikä seosta tarvitse rikastaa korkeilla pyörintänopeuksilla. Tällöin lämpökuormitus on paljon pienempää sekä voitelu toimii paremmin.

Toinen hyöty, joka saadaan jäähdytetyistä pakosarjoista, on se, että moottori myös lämpenee nopeammin. Jäähdytysneste kiertää pakosarjassa, joka lämpenee moottorin osista kaikista nopeimmin. Näin saadaan öljykin lämpenemään paljon nopeammin vähentäen kylmäkäynnistyspäästöjä, sekä myös kylmissä olosuhteissa ohjaamoon saadaan lämpöä nopeammin.

Kuvassa 4 on esitetty VW:n ratkaisu vesijäähdytteisestä pakosarjasta.



Kuva 4. Vesijäähdytetty integroitu pakosarja moottorin kannessa. (Greencarcongress 2013)

3.1.2 Twin Scroll

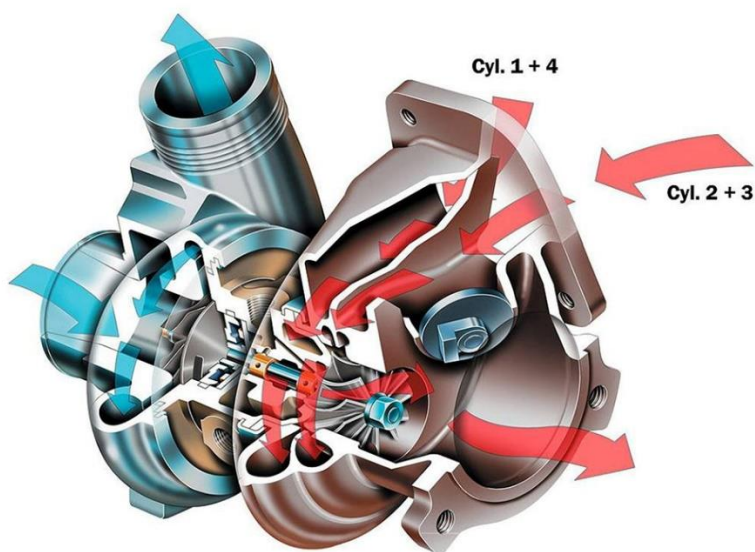
Twin Scroll -ahtimessa (kuva 5) pakokaasut jaetaan kahteen osioon pakosarjalla. Pakokaasut ohjataan ahtimelle, missä on myös kaksi osiota. Kummallakin on erikulmaiset suuttimet, jolloin toinen on pienempi ja jyrkempi nopeampaa heräämistä varten ja toinen isompi pienemmällä kulmalla lopputehoa varten. Tällä tekniikalla saadaan kiinteästi rakennettua ahdin, joka herää pienemmillä kierroksilla nopeasti ja joka pystyy tuottamaan tehoa myös kierrosten loppupäässä. Ei tarvita monimutkaista ohjainjärjestelmää

liikkuville siiville, eikä ole pieniä liikkuvia osia ahtimen sisällä. Näin ollen toimintavarmuus on parempi, kun ei ole vaaraa, että liikkuvat ohjainsiivekkeet jumiutuvat.

Tämän ahdintyyppin lisähyöty on myös kustannusten ja painon säästössä. Kun ei tarvita kahta ahdinta, saadaan yhdellä ahtimella kahden hyöty. Twin scroll -ahdin kärsii kuitenkin säädettävyydestä verrattuna VTG-ahtimeen, jossa pystytään tarkasti säätämään ahtimen toimintaa.

Twin scroll -ahdin toimii vain 4-sylinterisessä moottorissa, joten se ei ole kovin yleinen downsized-moottoreissa, koska ne ovat nykyään 3- tai jopa 2-sylinterisiä. Sytytysjärjestys 4-sylinterisessä on 1,3,4,2 tai 1,2,4,3 tästä johtuen jako on tehty 1,4 ja 2,3. Kun pakosarjat ovat eritelty 1,4 ja 2,3 niin pakokaasun virtaus pysyy tasaisena ahtimelle, kun eri sylintereiden työtahdit eivät vaikuta pakokaasuvirtauksiin.

Kuvassa 5 on esitetty twin scroll -ahdimen kaasujen virtaus sekä havainnollistettu rakennetta läpileikkauksella.



Kuva 5. Twin Scroll -pakokaasuahdin (Speed Academy 2014)

3.2 Nokka-akseliton tekniikka

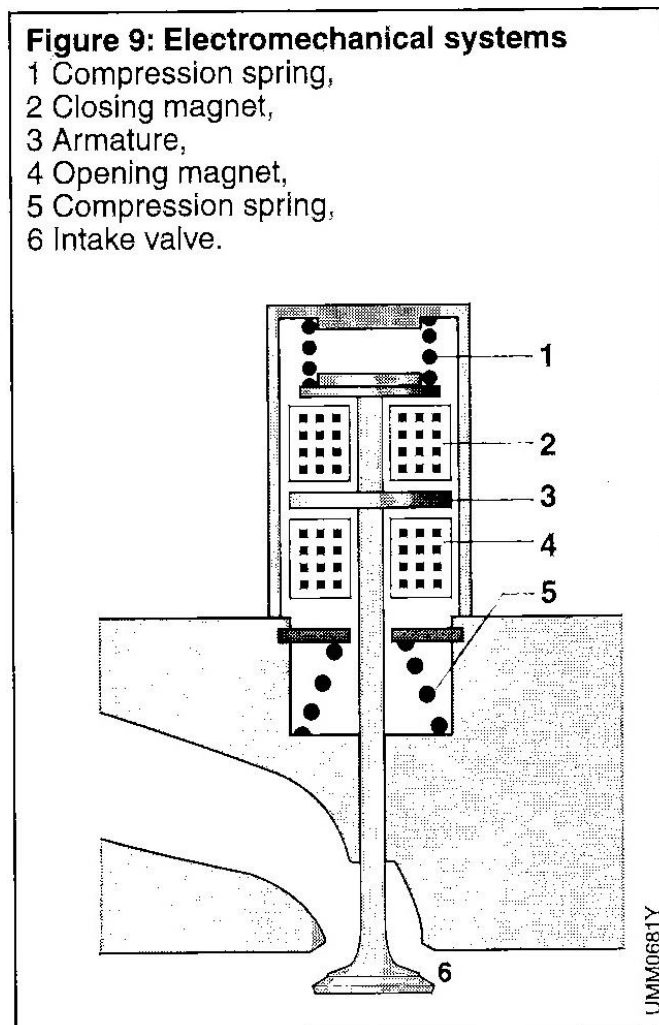
Polttomoottorin kehitys on ollut jatkuvaa siitä lähtien kun se on keksitty. Tässä käsitellään tekniikkaa, joka sisältää innovatiivista ajattelua polttomoottorin toiminnassa. Nokka-akseli on ollut tärkeässä roolissa polttomoottoreiden historiassa. Aluksi yleisempiä olivat työntötankomoottorit, joissa nokka-akseli sijaitsee lohkossa, minkä jälkeen tuli OHC-periaate eli nokka-akseli sijaitsi lohkon päällä kannessa. Tämän jälkeen on tullut DOHC/Twin-Cam eli kaksi nokka-akselia sylinterinkannessa, toinen ohjaamassa imu- ja toinen pakoventtiileitä. Uusin innovaatio on kuitenkin se, että päästään eroon nokka-akselista. Merikäytössä on jo ollut moottoreita, joissa venttiileitä ohjataan elektrohydraulisesti eikä nokka-akselia ole.

Henkilöautoissa ei ole ollut toimivaa ratkaisua ilman nokka-akselia. Fiatin Twin Air -moottori on ensimmäinen massatuotannossa rakennettu nykyaikainen moottori, jossa on käytössä sähkö-hydrauliset venttiilit imupuolella. Kiinalainen Qoros 3 -viistoperä on ensimmäinen massatuotantoon tuleva auto, jossa on Freevalve-yhtiön nokka-akseliton tekniikka. Tätä moottoria kutsutaan "Qamfree"-nimellä. Moottorissa ei ole ollenkaan nokka-akseleita vaan venttiilien toiminta ohjataan tietokoneella käyttäen sähköpneumaattisia toimilaitteita, joissa on hydraulikkaa lisättynä (pneumatic-hydraulic-electronic actuator).

Muuttuva-ajoituksellisten nokka-akselien korvaajina käytetään sähkömekaanista toimilaitetta, sähköhydraulista tai sähköpneumaattista toimilaitteita. Nämä ovat olleet kehitteillä pitkään, eikä mikään ole päässyt massatuotantoon ennen Freevalven kehittämää toimilaitetta, joka on pneumaattis-hydraulis-sähköinen. Tietoa näistä vaihtoehtoisista venttiilin toimilaitteista on rajoitetusti johtuen siitä, että ne ovat vasta kehitteillä ja vasta siirtymässä massatuotantoon.

Kaikissa näissä toimilaitteissa on selvä hyöty perinteiseen nokka-akselilliseen moottoriin nähden. Niitä pystytään säätämään yksilöllisesti sekä näiden avautuminen ja sulkeutuminen voidaan tehdä moottorihjainlaitteen toiveiden mukaisesti. Lisäksi venttiilin avautuminen/sulkeutuminen tapahtuu nopeammin ja tarkemmin. Sähkömekaanisessa toimilaitteessa venttiilin toimintaa ohjataan sähköisesti toimivilla magneeteilla ja välissä ovat jouset, jotka ottavat nopean liikkeen värähtelyn vastaan (kuva 6). Sähkömekaaniset toimilaitteet ovat vasta kehitteillä eivätkä ole päässeet massatuotantoon.

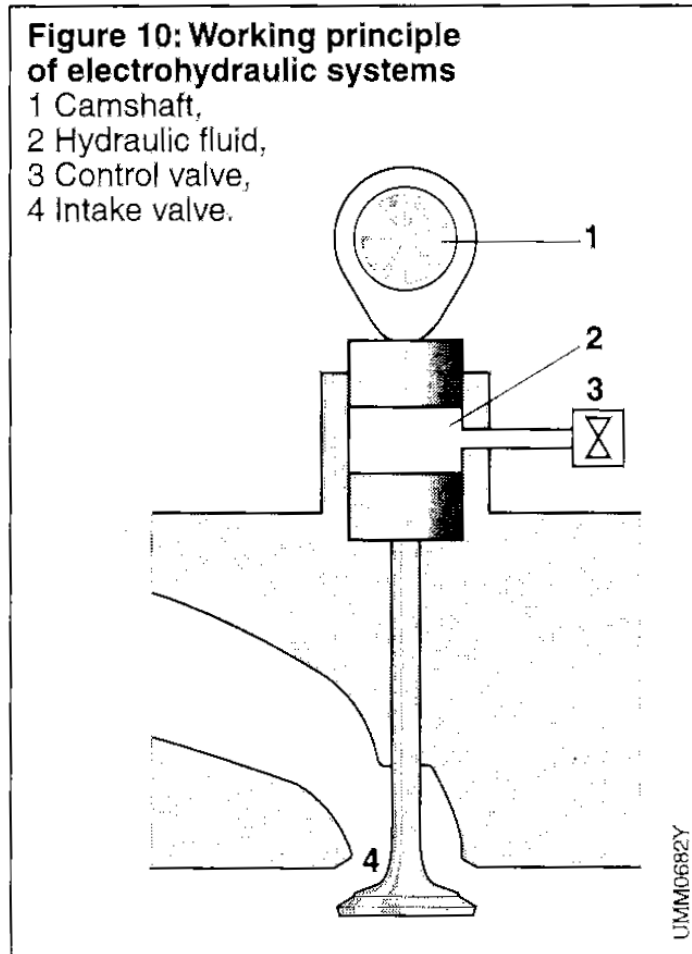
Kuvassa 6 on esitetty sähkömekaanisen venttiilin toimilaitteeseen kuuluvat komponentit.



Kuva 6. Sähkömekaaninen venttiilin toimilaite (Bosch 2014).

Fiat MultiAir -moottorissa on käytössä sähköhydrauliset venttiilin toimilaitteet. Sähköhydraulisen venttiilin toimilaitteen perustoimintaperiaatteessa nokka-akselin ja venttiilin välillä on hydrauliikkanestettä, jota ohjataan sähköisellä venttiilillä (kuva 7). Näin saadaan sähköisellä venttiilillä säädettyä venttiilin avoinnaoloaika.

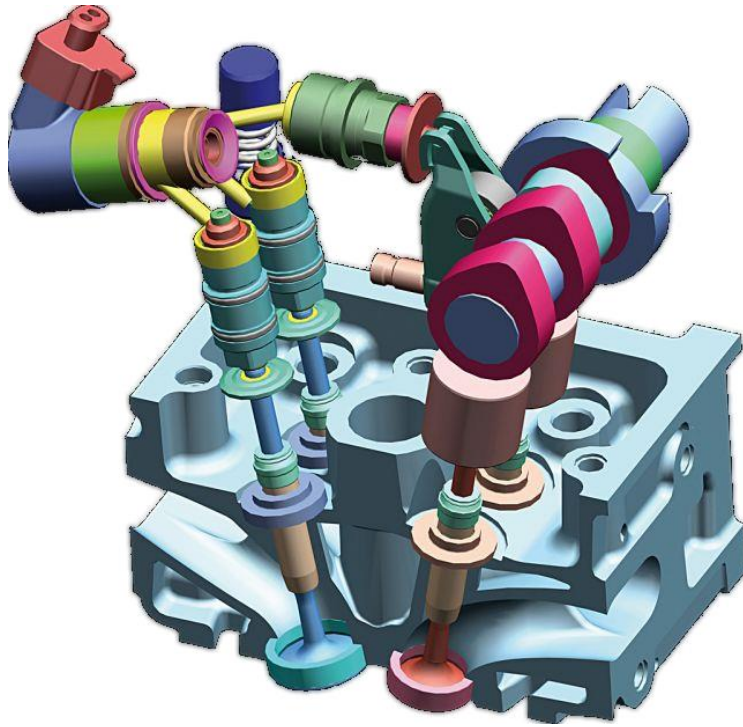
Kuvassa 7 on esitetty sähköhydraulisen venttiilin toimilaitteen rakennetta ja perustoimintaa.



Kuva 7. Sähköhydraulinen venttiilin toimilaite (Bosch 2014).

Tämä menetelmä vaatii kuitenkin nokka-akselin toimiakseen, joten Fiatin ratkaisu eroaa tästä. Fiatin sähköhydraulisessa järjestelmässä (kuva 8) on yksi nokka-akseli pako-puolella, joka käyttää pakoventtiileitä sekä imupuolen hydraulimäntää. Hydraulimäntä on yhteydessä hydraulikammioon, josta hydraulinesteen virtaus venttiilille ohjataan solenoidiventtiilillä.

Kuvassa 8 on 3D-mallinnus Fiat Twin Air- moottorin venttiilien ohjauksesta.



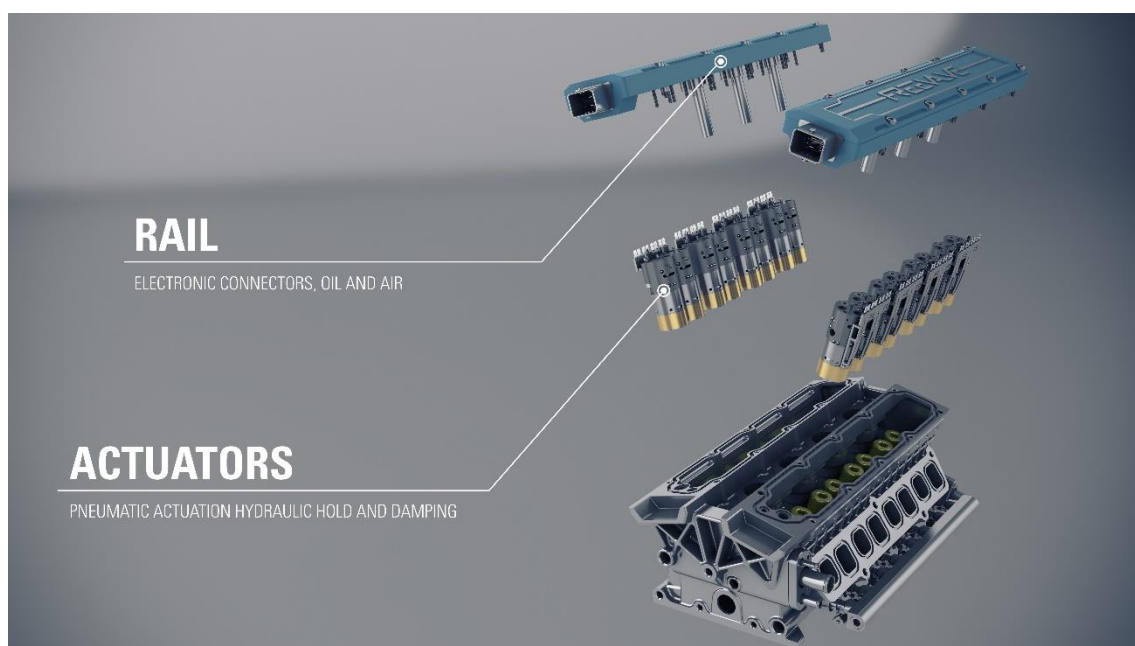
Kuva 8 Fiat Twin Air-venttiilien toiminta. (Carmagazine 2009)

Freevalve on superautoja valmistavan ja kehittävän Koenigsegg-yhtiön sisaryritys, joka kehittää pelkästään nokka-akselitonta tekniikkaa. Yritys on testannut nokka-akselitonta tekniikkaansa asentamalla tekniikkansa Saab 9-5 -testiautoon. Aluksi v. 2009–2011 testattiin siten, että pelkästään imupuolen venttiilit toimivat ilman nokka-akselia ja onnistuneesti ajettiin yli 55 000 km jokapäiväistä ajoa sekä testattiin kylmäkäynnistyksiä -20 celsiusasteen pakkasessa. Sitten nokka-akseli poistettiin kokonaan ja autolla ajettiin 10 000 km niin, että koko venttiiliohjaus toimi Freevalve-tekniikalla.

Freevalve kertoo, että heidän testeissään polttoaineen kulutus putosi 12-17 % verrattuna viimeisimmällä teknologialla varustettuun nelitahtiseen 2-sylinteriseen moottoriin, jossa oli suorasuihkutus sekä muuttuva-ajoitukselliset nokka-akselit. ”Qamfree” moottori on ensimmäinen sarjatuotantoon tuleva moottori, jossa ei ole ollenkaan nokka-akselia. Qamfree-moottorissa on yhdistetty sähkömagneettiset ja sähköpneumaattiset toimilaitteet sähkö-hydraulis-pneumaattisiksi. Nämä toimilaitteet ovat sähköpneumaattisia, joissa venttiilin pito ja vaimennus tapahtuvat käyttäen hydraulineestettä (kuva 9). Tarkempaa tietoa näistä venttiilintoimilaitteista ei ole saatavilla julkisesti. (Freevalve 2017.)

Freevalven Qamfree-moottori on kehitetty Qoroksen perinteisestä 1.6-litraisesta turboahdetusta moottorista. Moottorin uudessa kannessa on käytössä sähköpneumaattiset toimilaitteet, joista jokaista pystytään säätämään yksilöllisesti. Toinen iso ero on se, että jokaiselle venttiilille on oma imu-/pakokanava (kuva 9).

Kuvassa 9 näkyy 3D-mallinnus Freevalven kehittämästä nokka-akselittomasta sylinterikannesta.

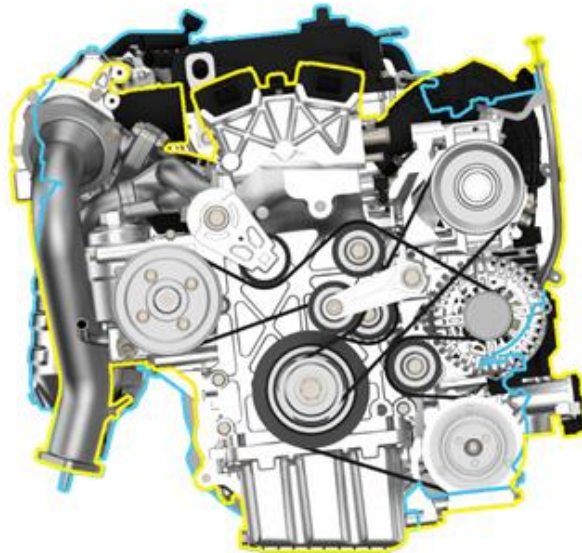


Kuva 9. Freevalve:n kehittelemä nokka-akseliton sylinterikansi (Freevalve 2017).

Normaalisti imu- ja pakokanavat ovat sylinterikohtaisesti yhdessä, tämän näkee helposti pakosarjasta, sillä jokaisen sylinterin kohdalta lähtee yksi pakoputki. Tämän lisäksi Qamfree-moottorissa joka toinen pakosarjasta lähtevä putki menee katalysaattorille ja joka toinen ahtimelle. Tämän ratkaisun avulla hukkaporttia ei tarvita ahtimella, sillä ahtimelle virtaavaa pakokaasun määrää pystytään säätämään pakoventtiilien avauksella. Toinen hyöty tästä on se, että kylmäkäynnistyksen yhteydessä saadaan katalysaattori lämpenemään tavallista nopeammin pienentäen huomattavasti kylmäkäynnistyspäästöjä. (Koenigsegg 2017.)

Nokka-akselittomassa tekniikassa säästetään moottorin painosta sekä koosta huomattavasti (kuva 10). Moottorin pienempää kokoa voidaan käyttää hyödyksi ajoneuvon muotoilussa, jolloin on mahdollista saavuttaa entistä pienempi ilmanvastus. Lisäksi poistuu jakopääremontin tarve, ei tarvitse huolehtia jakohihnan tai ketjun vaihtovälistä eikä sen ajoituksista. Ja jos jokin toimilaitte menee epäkuntoon, pystytään silti ajamaan "limb-mode" -tilassa korjaamolle, sillä jokaista venttiiliä pystytään ohjaamaan itsenäisesti.

Kuvassa 10 on havainnollistettu Qoros 1.6l moottorin koko ero, perinteisen venttiilien ohjauksen ja Freevalve-tekniikan välillä.



Kuva 10. Qamfree moottorin kokoero, keltainen Freevalve-tekniikalla ja sininen alkuperäinen Qoros 1.6-l (Freevalve 2017).

4 VAIKUTUS VARAOSAMYYNTEEN

Downsized-moottorien kuvauksessa keskityttiin ahdintekniikkaan, sillä se on yksi tärkeimmistä yksittäisistä komponenteista, joka mahdollistaa moottorikoon pienentämisen. Varaosamyynnillisestikin se tuo haasteen, sillä ahtimia pitäisi pystyä myymään tehokkaasti myös Motonetissa niiden kysynnän kasvaessa nopeasti. Tällä hetkellä ahtimia voi pääsääntöisesti ostaa erikoistuneista liikkeistä ja se ei ole kuluttajalle edullista, mutta koska turbomoottorit ovat yleistyneet nopeasti, uskon ahtimien hintojen alentuvan tuotannon määrän kasvun johdosta sekä siitä syystä, että valmistajat haluavat säästää kokoonpanokustannuksissa ja kehittävät edullisempia valmistusratkaisuita.

Uudempiin ajoneuvoihin myydään pääosin pyyhkimensulkia, tuulilasinpesunestettä, öljynsuodattimia sekä muita pieniä huolto-osia. Varsinaisien varaosien myynti alkaa vasta hieman iäkkäämpiin ajoneuvoihin, sitten kun käyttäjät alkavat itse tekemään huoltoja tai kun huoltoja ei teetetä merkkikorjaamolla vaan pienemmillä korjaamoilla, jotka hakevat Motonetista osia.

Motonetin valikoimista löytyy jo ahtimia, mutta valikoimaa pitää päivittää jatkuvasti. Ahtimet ovat myös melko isoja paketteja varastoida, joten pitää analysoida, mitä tuotteita halutaan varastoitavaksi missäkin myymälässä. Motonet-myymälöitä on erikokoisia ja ne sijaitsevat ympäri Suomea, joten pitää pystyä varastoimaan niitä tuotteita myymälöissä, joita kunkin paikkakunnan asiakkaat haluavat ja samalla pitää pystyä välttämään varastoimasta kalliita komponentteja turhaan. Lisäksi ahtimien myynnin pääpaino on yritysasiakkaissa, sillä yksityiset henkilöt harvemmin vaihtavat ahtimia uudempiin autoihinsa.

Ahtimien myynnissä on monia muitakin haasteita kuin tuotteiden saatavuudet sekä niiden sopivuuksien ylläpitäminen tai tuotteiden varastojen min/max-arvojen laskenta. Varaosamyymiä pitää kouluttaa, jotta he osaavat palvella asiakkaitamme mahdollisimman asiantuntevasti. Broman Groupissa on lanseerattu uusi oppimisympäristö Broman Akatemia, joka on koko konsernin yhtenäinen oppimisportaali. Yrityksen pitäisi pystyä käyttämään juuri tätä uutta mahdollisuutta hyödyksi, josta saataisiin materiaalia sekä yhtenäinen koulutustaso koko konsernin varaosamyymijille.

”Varaosamyynti on kehittymässä niin, että uusiin ajoneuvoihin myydään varaosia harvemmin, mutta kun niitä myydään, kaupaksi menee isompia kokonaisuuksia ja arvokkaampia osia. Esimerkiksi Start & Stop -ominaisuudella varustettu auto on osoittanut käytännössä olevan erittäin herkkä akun kunnosta. AGM-akku pitää siis olla uutta vastaavassa kunnossa, pelkkä hyvä kunto ei riitä. Hyllyssä ja varastossa pitää siis olla tarpeeksi laaja valikoima akkuja uusiin autoihin, joihin eivät perinteiset ”premium” akut sovi.” (J. Halmeenmäki, suullinen tiedonanto 18.5.2017)

Kirjoittaja on työssään keskittynyt turbotekniikkaan ja koska muuttuvageometriset turbot ovat yleistyneet, Motonetissa pitää huomioida myös öljyjen kehittyvät luokitukset. Moottorin öljykierto voitelee myös turboahtimen, joka toimii myös korkeiden lämpötilojen jäähdyttäjänä. Öljyn laadulla on tällöin suuri vaikutus, koska voiteluöljyn lämpötila laakerin pinnalla saattaa kohota 600 celsiusasteeseen (Turbotekniikka 2017c). Motonetillä pitää olla tarpeeksi laaja valikoima öljyjä, jotka kattavat jokaisen ajoneuvon öljyn laatuvaatimukset.

5 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Mahdollisen vaikutuksen arviointi osoittautui hankalaksi, sillä ajoneuvot, joissa on erityäin pieniä moottoreita, ovat vielä niin uusia, ettei niihin myydä varaosia kuin vähän se-
kä se, että ajoneuvoteollisuus kehittyi koko ajan. Tämän työn aikana ajoneuvovalmista-
jat ovat myöntäneet ongelmiaan pienitilavuuksisten moottoreiden kanssa. Pienten
moottoreiden käyttöikä on vielä mysteeri, mutta monet sitä epäilevät. Merkkiliikkeiden
suuret puolimoottorien vaihtomäärät puhuvat tämän puolesta.

VW:n päästöskandaali sekä muut tämän johdosta esille tulleet päästöhuijaukset ovat
nostaneet julkisuuteen päästötestin ”oikeellisuuden”. Päästötesti ei osoita kyseisen
moottorin päästöarvoja todellisen käytön tilanteissa. Tästä syystä useat valmistajat,
muun muassa VW ja Renault, ovat ilmoittaneet korvaavansa kaikkein pienimmät moot-
torinsa hieman suurempitilavuuksisilla. Työn aihe oli haastava pitää helposti ymmärret-
tävänä sekä tästä syystä, että siksi, koska ajoneuvoteollisuus on suurien haasteiden ja
muutosten edessä, jotta tulevat päästöstandardit saavutetaan.

Yksi asia on varmaa ja se on se, että varaosien myynti ei tule loppumaan. Olipa ky-
seessä bensiini-, diesel-, hybridi- tai sähköauto, kaikki tulevat tarvitsemaan varaosia.
Olipa voimalähde mikä tahansa, jokaisessa kulkuneuvossa on alustassa niveliä jotka
kuluvat, jarrut jotka vaativat huoltoa ja osia niiden varman toimivuuden ylläpitämiseksi.
Varaosa, joita tulee olemaan tulevaisuudessakin, ovat kaasujouset takakonttiin, pyyh-
kijänsulat, kaikki anturit tai katkaisimet ja näitä tullaan hakemaan varaosaliikkeistä.

Motonetissa tulevaisuudessa tulee haasteeksi varastointi ja saatavuuksien ylläpitämi-
nen, sillä ajoneuvojen voimalähteet tulevat monipuolistumaan, joten varaosavalikoima
tulee vain kasvamaan. Ajoneuvoteollisuuden ja ajoneuvomarkkinoiden suuntaa pitää
seurata, ja pitää pystyä tarjoamaan kulutusosia myös uusimpiin ajoneuvoihin.

6. YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli perehtyä downsizing-ilmion mahdollisiin vaikutuksiin varaosamyynnissä. Työssä keskitytään erityisesti pakokaasuahtimiin, sillä ne ovat yksinään jo erittäin tärkeässä roolissa downsized moottoreissa.

Ilmaston lämpeneminen ja varsinkin CO₂-kasvihuonekaasun huolestuttava nousu on johtanut ajoneuvoteollisuuden kehittämään polttomoottoria päästöjen pienentämiseksi. Tästä kehityksen suunnasta johtuen downsizing-ilmio on kasvanut paljon ja nykyään monella valmistajalla on automalleihin saatavissa pieniä 4-sylinterisiä, 3-sylinterisiä tai jopa 2-sylinterisiä moottoreita isojen moottoreiden tilalle.

Downsizing-ilmion mahdollisten vaikutusten arviointi osoittautui hankalaksi, sillä ajoneuvot, joissa on erittäin pieniä moottoreita, ovat vielä niin uusia, ettei niihin myydä varaosia kuin vähän. Motonetissa varaosamyynti alkaa yleensä noin viisi vuotta vanhoihin autoihin. Uudempiin myydään pääosin pyyhkimensulkia, tuulilasinpesunesteitä, öljynsuodattimia sekä muita pieniä huolto-osia.

LÄHTEET

Autonews 2016. Diesel Fiat 500X has excess emissions, German lobby group claims. Viitattu 24.7.2017

<http://www.autonews.com/article/20160209/OEM11/60209834/diesel-fiat-500x-has-excess-emissions-german-lobby-group-claims>

Bosch 2014. Automotive Handbook 9th Edition, 2014.

Bosch Autoteknillinen taskukirja 6.painos, 2002.

Carmagazine 2009. Crosse J. Tomorrow's world: Fiat's MultiAir engine tech. Viitattu 2.12.2017 <http://www.carmagazine.co.uk/car-news/industry-news/flat/tomorrows-world-fiats-multi-air-engine-tech/>

Dieselnet 2017. Emission Standards. Viitattu 24.10.2017
<https://dieselnet.com/standards/eu/ld.php#stds>

Freevalve 2017. Freevalve technology. Viitattu 3.6.2017
<http://www.freevalve.com/technology/freevalve-technology/>

Green car congress 2013. Viitattu 6.4.2017
<http://www.greencarcongress.com/2013/08/20130829-ea888.html>

Koenigsegg 2017. Qoros debuts driveable Freevalve Qamfree engine at 2016 Guangzhou motor show. Viitattu 4.6.2017 <http://www.koenigsegg.com/qoros-debuts-driveable-freevalve-qamfree-engine-at-2016-guangzhou-motor-show/>

Kosunenracing 2016. Turboahdin "Pinnalta ja pintaa syvemmältä". Viitattu 26.11.2016 www.kosunenracing.com/turbo.html

Moottori 2017. Ajoneuvoutiset. Viitattu 5.2.2017
<http://www.moottori.fi/ajoneuvot/jutut/iskutilavuudet-kasvavat-taas-volkswagen/>

Motonet 2017. Viitattu 26.7.2017 <http://www.motonet.fi/fi/sivut/yritys>

Speed Academy 2014. Pratte D. Twin-scroll turbocharging: Still the new hotness. Viitattu 3.12.2017 <http://speed.academy/twin-scroll-turbocharging-still-the-new-hotness/>

Turbotekniikka 2017a. VNT. Viitattu 30.10.2017 <https://turbotekniikka.fi/vnt/>

Turbotekniikka 2017b. Garrett-turboahdetimet. Viitattu 30.10.2017 <https://turbotekniikka.fi/wp-content/uploads/2016/11/VNTTurbotekniikka2.pdf>

Turbotekniikka 2017c. Turboahdin toiminta. Viitattu 30.10.2017 <https://turbotekniikka.fi/turbot/turboahdin-toiminta/>