

Opinnäytetyö (AMK)

Ajoneuvo- ja kuljetustekniikka

NAUTOS13

2019

Riku Joska

MOOTTORIN MEKAANISEN KUNNON TUTKIMINEN

- MOOTTORITESTAUSPENKIN
KÄYTTÖOHJEEN LAATIMINEN



OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Ajoneuvo- ja kuljetustekniikka

Marraskuu 2019 | Sivumäärä 36 + 7 liitesivua

Riku Joska

MOOTTORIN MEKAANISEN KUNNON TUTKIMINEN

- Moottoritestauspenkin käyttöohjeen laatiminen

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on esitellä erilaisia keinoja ja menetelmiä moottorin mekaanisen kunnan varmistamiseksi. Opinnäytetyössä käydään myös läpi polttomoottoreiden toiminnan edellytyksiä ja pohditaan moottorin mekaanisen kunnan vaikutuksia. Opinnäytetyön taustalla oli tarve saada Turun ammattikorkeakoulun autolaboratorioon liikuteltava moottoritestauspenkki opiskelijoiden laboratoriokäyttöön. Opinnäytetyön toimeksiantoon sisältyi myös ohjeen laatiminen testauspenkin käyttöön. Mittaukset suoritettiin penkkiin asennetulle Opel Commodoren kuusisylinteriselle bensiinimoottorille, johon on opetuksellisista syistä tehty mekaanisia vaurioita. Moottoritestauspenkki, jossa mitattava moottori on kiinni, on Mats Tuomisen suunnittelema ja toteuttama.

Moottorin mekaanisen kunnan mittaamista varten on yleisesti käytössä puristus- ja ohivuotomittaus. Näillä kahdella menetelmällä pystytään tarkoin selvittämään ja rajaamaan moottorin vauriot. Tässä työssä puristus- ja ohivuotomittaukset suoritettiin mitattavan moottorin kaikkiin sylintereihin useaan kertaan. Tavoitteena oli, että mittauksien pohjalta pystytään luomaan tarkka arvio moottorin mekaanisesta kunnosta ja vaurioiden laajuudesta.

Mittausten suorittamisen jälkeen saatiin hyvä käsitys mitattavan moottorin mekaanisesta kunnosta. Arvio moottorin kunnosta on tehty pelkästään suoritettujen puristus- ja ohivuotomittausten perusteella. Vikakohteet moottorista saatiin näitä kahta menetelmää käyttämällä hyvin selville. Mittaustuloksia verrattiin Tuomisen tekemiin vaurioihin ja havaittiin, että pelkästään mittausten perusteella tehty arvio moottorin mekaanisesta kunnosta on oikea.

ASIASANAT:

Moottori, mekaaninen kunto, puristus- ja ohivuotomittaus, mittaustarve

BACHELOR'S / MASTER'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Automotive and Transportation Engineering

November 2019 | Total number of pages 36 + 7 pages of appendices

Riku Joska

RESEARCHING MECHANICAL WEARING OF ENGINE

- creating engine test bench using instructions

The purpose of this thesis is to present different ways and methods to measure mechanical condition of the engine. In this thesis, there is also consideration about the effects of mechanical wearing of the engine and prerequisites for the operation of internal combustion engines. This thesis was created because of the need for easily movable engine test bench in the automotive laboratory of Turku University of Applied Sciences. The test bench will be used by students for their laboratory studies. The assignment of this thesis included also making of using instructions for the test bench. All measurements were made on an Opel Commodore six-cylinder petrol engine, which was installed on the test bench. There were on purpose built mechanical damages in the engine for educational purposes. The engine test bench is developed by Mats Tuominen.

There are two main measurements that are often used to measure the mechanical condition of the engine. With compression pressure test and leak-off test there is a possibility to determine wearing of the engine very accurately. In this work those tests were made several times to all cylinders of the engine. The target was that with the tests performed, an accurate estimation about the condition of the engine can be made.

After the measuring of the engine there was a good understanding about the mechanical condition of the engine. The estimation concerning engine condition was based only on compression pressure and leak-off measurements. Engine fault locations were found precisely. When comparing the results to the damages made by Mr. Tuominen, the conclusion was that the estimation about the condition of the engine was correct.

KEYWORDS:

Engine, mechanical condition, compression pressure measurement, leak-off measurement, necessity for measurement

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
2 POLTTOMOOTTORIN MEKAANIikka JA SEN KUNNON VAIKUTUKSET	7
2.1 Polttomoottori, yleistä	7
2.2 Moottorin mekaanisen kunnan merkitys ja vaikutukset	9
2.2.1 Puristusaine	9
2.2.2 Palotilan ohivuoto	10
3 TUTKIMUKSEN KOHDE JA MITTAUKSET	11
3.1 Mittaustarpeen arviointi	18
3.1.1 Puristusaineiden mittaaminen	19
3.1.2 Ohivotojen mittaaminen	20
3.2 Mittaustulosten kerääminen	21
4 MITTAUSTULOKSET	29
4.1 Puristusainemittaukset	29
4.2 Ohivotomittaus	31
5 PÄÄTELMÄT TULOksISTA	34
6 YHTEENVETO	35
LÄHTEET	36

LIITTEET

Liite 1. Moottoritestauspengin käyttöohje

KAAVAT

Kaava 1. Puristusaineen laskentakaava	21
---------------------------------------	----

KUVAT

Kuva 1. Moottorimittauspenkki vasemmalta katsottuna	12
Kuva 2. Moottorimittauspenkki oikealta katsottuna	13
Kuva 3. Moottorimittauspenkki edestäpäin katsottuna	14
Kuva 4. Sähkömoottori kiinnitettynä moottoritelineeseen	15
Kuva 5. Sähkömoottorin valmistajan tyyppikilpi	16
Kuva 6. Danfoss 6000 -käyttöpaneeli	17
Kuva 7. Bosch FSA - testilaitteisto	20
Kuva 8. Motometer-puristuspainemittarin säilytyslaatikko	22
Kuva 9. Motometer – puristuspainemittari	23
Kuva 10. Puristuspainemittarin asettaminen sytytystulpan reiälle	24
Kuva 11. Sun CLT 352 – ohivuotomittari	25
Kuva 12. Stetoskooppi	27
Kuva 13. Endoskooppi jäykällä varrella	28

KUVIOT

Kuvio 1. Puristusaineet nopeudella 120 <i>1min</i>	29
Kuvio 2. Puristusaineet nopeudella 210 <i>1min</i>	30
Kuvio 3. Puristusaineet nopeudella 300 <i>1min</i>	31
Kuvio 4. Ohivuoto prosentti työtahdin alussa	32
Kuvio 5. Ohivuoto prosentti puristustahdin lopussa	33

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheeksi valikoitui itseä kiinnostava, töiden ja harrastustenkin kautta tulleeksi tullut moottorin mekaanisen kunnan tarkastelu erilaisia työvälineitä apuna käyttäen. Polttomoottorin käydessä sen sisäisten komponenttien liikkeet aiheuttavat palotapahtuman ja kitkan vuoksi lämpöä ja kulumista moottorin komponentteihin. Tässä työssä keskitytään nelitahtisen bensiinimoottorin mekaanisen toimintaperiaatteen ja kunnan vaikutuksen tarkasteluun.

Autojen valmistuksessa ja kehityksessä on tapahtunut valtavia harppauksia viimeisten vuosikymmenten aikana. Sähköisiä apulaitteita on tuotu valtavasti lisää polttomoottoreiden rinnalle. Jotkut näistä ovat moottorin toiminnan kannalta välttämättömiä, osa taas puhtaasti esimerkiksi pakokaasujen hallintaan liittyviä komponentteja. Polttomoottorit ovat kuitenkin pysyneet periaatteeltaan hyvin pitkälti samanlaisena siitä saakka, kun saksalainen insinööri Nicolaus Otto ensimmäisen ottomoottorin valmisti vuonna 1863. (Lehtinen & Rantala 2012, 11–12.)

Haasteita mekaanisen moottorin kunnan tarkastelulle aiheuttaa autoissa nykyisin käytettävät moottoreiden sähköiset komponentit. Nykyajan tarkat moottorinohjaukset pystyvät kompensoimaan todella pitkälle moottorin mekaanisia vaurioita. Kuitenkin jossain vaiheessa moottorin mekaanisen kunnan heikentyessä esimerkiksi polttoainesuuttimet, sekä muuttuvat venttiilien ajoitukset eivät pysty enää kompensoimaan mekaanista kulumista. Tästä seuraa usein moottorin sylintereiden palotilassa tapahtuvan palotapahtuman huono toteutuminen, pakokaasupäästöjen nousu ja moottorin tehon lasku. Myös moottorin polttoaineen ja öljyn kulutus usein lisääntyvät.

Nykyajan ajoneuvojen kehittyneet testilaitteistot ovat kuitenkin helpottamassa moottorin vikojen diagnosointia. Ajoneuvojen tarkat itsediagnostiikkajärjestelmät havaitsevat usein vikoja, joita normaali ajoneuvon käyttäjä ei edes huomaa. Kuljettajan istuimella istuttaessa harvemmin kuitenkaan tuntee, jos jonkun sylinterin palotapahtumassa on jotakin omituista. Testilaitteistolla moottorin sähköisten komponenttien toiminnan testaaminen on luotettavalla tasolla ja ongelmia pystytään sulkemaan pois komponentti kerrallaan.

Loppujen lopuksi kuitenkin kaiken perustana on mekaanisesti kunnossa oleva ja toimiva moottori. Moottorin mekaaninen kunto voidaan selvittää puristus- sekä ohivuotomittauksella. Työssä paneudutaan näiden mittausten oikeaoppiseen suorittamiseen.

2 POLTTOMOOTTORIN MEKAANIikka JA SEN KUNNON VAIKUTUKSET

2.1 Polttomoottori, yleistä

”Ottomoottorilla tarkoitetaan mäntämoottoria, joka toimii ulkoisella tai sisäisellä seoksenmuodostuksella ja ulkoisella sytytyksellä” (Bosch 2003, 412).

Perinteisen polttomoottorin mekaanisen perustan luovat yhdessä kampikammio, kampiakseli, sylinteriputket, männät, kiertokanget, sylinterikansi, nokka-akselit, sekä venttiilikoneisto (Bosch 2003, 412).

Nykyajan ajoneuvoissa käytetään voimanlähteenä paljon bensiini- tai dieselkäyttöisiä moottoreita, mutta vaihtoehtoiset polttoaineet ovat lisääntymässä. Käytössä on mm. sähkömoottoreita, sekä myös maakaasulla tai biokaasulla toimivia kaasumoottoreita. Ajoneuvoissa on nykyään paljon tärkeitä sähköisiä komponentteja, jotka mahdollistavat moottorin toiminnan. Muuttuva venttiilien ajoitus, sekä nousu alkavat olla nykyään jokaisessa sarjatuotannossa olevan ajoneuvon moottorissa. Myös muuttuvalla puristussuhteella olevat moottorit ovat tulossa pian kuluttajien markkinoille.

Perustana toimivalle moottorille on kuitenkin aina mekaaninen moottorin toiminta ja kunto. Minkäänlainen sähkökomponentti ei pysty kompensoimaan moottorin sisäisten komponenttien kulumista loputtomiin.

Käynnissä olevan moottorin sisäisten komponenttien liike aiheuttaa ennen pitkää jonkin asteista kulumista eri komponentteihin. Tätä kulumista pyritään estämään paineistetulla öljyvoitelujärjestelmällä. Polttomoottoreiden valmistajat ovat pyrkineet valmistamaan moottorit niin, että niiden peruskomponentit kestävät ajoneuvon oletetun elinkaaren ajan. Mikään moottori ei kuitenkaan kestä loputtomiin. Moottoreita tarvitsee huoltaa, ja jossain vaiheessa kuluvia osia on vaihdettava.

Nykytrendi polttomoottorien valmistamisessa on sisäisen kitkan vähentäminen, komponenttien keveys ja polttoainetaloudellisuus. Tämä on ajanut ajoneuvon valmistajat vaikeaan tilanteeseen komponenttien kestoikää ajatellen. Liian kevyet ja ohuet materiaalit kuluvat nopeammin. Esimerkiksi joidenkin ajoneuvovalmistajien moottoreissa on nyky-

päivänä havaittu liiallista öljynkulutusta mäntien öljyrenkaiden kulumisen tai tukkeutumisen, sylinterien soikeaksi kulumisen tai sylinterikannen venttiilinohjaimien väljäksi kulumisen johdosta. Nämä ovat asioita, joita sisäisen kitkan vähentäminen ja komponenttien keveys tuovat valitettavasti tullessaan.

Nelitahtisen bensiinimoottorin toimintaperiaate

Nelitahtinen bensiinimoottori tarvitsee toimiakseen ilmaa, polttoainetta ja palotilaan ulkoisen kipinän tuottajan, tähän käytetään perinteisesti sytytystulppaa. Moottorissa nokka-akseli avaa ja sulkee venttiilejä kampiakselin ohjaamana jakohihnan tai -ketjun välityksellä. Nelitahtimoottorin toimintaperiaate perustuu nimensä mukaisesti neljään eri toimintavaiheeseen.

1. Imutahdilla mäntä alaspäin mennessään luo sylinteriin alipaineen, jolloin happipitoista ilmaa virtaa imuventtiilin kautta sylinteriin, jonka nokka-akseli on avannut hieman ennen poistotahdin loppua. Samanaikaisesti polttoainetta ruiskutetaan joko imusarjaan, tai suoraruiskutteisessa bensiinimoottorissa suoraan palotilaan.
2. Puristustahdilla mäntä nousee takaisin ylöspäin, jolloin imuventtiili sulkeutuu ja ilma-polttoaineseos puristetaan optimaaliseen lämpötilaan sytytystä varten.
3. Ilma-polttoaineseoksen syttymisen jälkeen mäntä liikkuu sylinteriputkessa alaspäin seoksen palamisrintaman aiheuttaman voiman johdosta, tätä kutsutaan työtahdiksi. Tällöin mäntä välittää männäntapin ja kiertokangen kautta kampiakselille pyörittävää voimaa.
4. Viimeinen tahti on poistotahti, jolloin mäntä on tulossa takaisin ylöspäin. Pakoventtiili on avautunut ennen männän alakuoloa, jolloin noin 50 % pakokaasuista poistuu pelkästään palotilan ja pakokanavan paine-erosta johtuen. Suurin osa lopuista pakokaasuista poistuu pakokanavaan männän edellään työntäminä.

(Bosch 2003, 425–426.)

2.2 Moottorin mekaanisen kunnan merkitys ja vaikutukset

Moottorin mekaaninen kunto on tärkeä moottorin toiminnan kannalta. Jos ilma-polttoaineseoksen puristus jää syystä tai toisesta vajaaksi, aiheutuu tästä käyntihäiriöitä ja seoksen syttyminen saattaa jäädä jopa kokonaan tapahtumatta. Vajaa puristus aiheuttaa seoksen riittämättömän lämmön nousun ennen sytytys hetkeä.

Tavoitteellinen loppulämpötila puristustahdin jälkeen palotilassa on 400-500 °C. Jos tavoitteellinen loppulämpötila jää saavuttamatta, seoksen muodostus häiriintyy, polttoaine ei höyrysty vaan saattaa pisaroitua. Tämä aiheuttaa myös usein palamisreaktion sivutuotteena enemmän haitallisia päästöjä kuin mekaanisesti kunnossa oleva moottori. Epätäydellisestä palamisesta syntyy esimerkiksi osittain palaneita hiilivetyjä, jäänöshappea, typpeä ja vetyä. Usein pahoin kuluneen moottorin tehot laskevat, sekä polttoaine- ja öljynkulutus nousevat verrattuna kunnostettuun tai uuteen vastaavaan moottoriin. (Bosch 2003, 602.)

2.2.1 Puristusaine

Yksi moottorin mekaanisen kunnan kertovista luvuista on puristusaine. Puristusaine mitataan yleisimmin baareissa: paine, joka saadaan sylinteriin ennen seoksen sytytystä männän ollessa yläkuolokohdassa. Moottorin käyntihäiriöistä tai suorituskyvyn laskusta johtuen puristusaine saatetaan mitata. Ennen tätä on kuitenkin varmistettava, etteivät moottorin suorituskyvyn ongelmat johdu sytytys- tai polttoainejärjestelmästä. (Haynes Publishing 1999, 2A-3.)

Puristusaineeseen vaikuttaa mitattavan moottorin puristussuhde. Puristussuhde on henkilöajoneuvojen bensiinikäyttöisissä nelitahtimoottoreissa yleisesti 7:1-12:1 välillä. Ahdetuissa bensiinimoottoreissa joudutaan käyttämään alhaisempaa, 7:1-9:1 puristussuhdetta nakutuksen, ts. puristus sytytyksen tai ennen aikaisen seoksen syttymisen johdosta. (Bosch 2003, 453.)

Bensiinimoottoreissa puristusaineet ovat yleisesti välillä 8-22 baaria hieman moottorista ja sen käyttötarkoituksesta riippuen. Dieselmootoreissa puristussuhde on bensiinimoottoria huomattavasti korkeampi. Dieselmootorin puristusaineet vaihtelevat 25-55 baarin välillä, eli ovat karkeasti noin kaksinkertaiset bensiinimoottoriin nähden. (Lehtinen, Rantala 2012, 119.)

Moottorin toiminnan kannalta tärkeää on sen sisäisten komponenttien välykset ja kuluminen. Optimaalisen puristustahdin loppulämpötilan saavuttaminen edellyttää sylinteriryhmän, mäntien sekä sylinterikannen ja venttiilien tiiveyttä. Jos joku näistä komponenteista on erityisen kulunut, ei puristuspaine pääse palotilassa nousemaan riittävästi puristustahdin lopussa ja tavoiteltu loppulämpötila ennen seoksen sytytystä jää saavuttamatta.

2.2.2 Palotilan ohivuoto

Sylinteriryhmän ohivuodot aiheutuvat useimmiten sylinteriseinämän ja männän välin tiivistävistä männän ylempien painerenkaiden tai sylinteriseinämän kulumisesta. Molemmat aiheuttavat puristuspaineen karkaamisen männän ja sylinterin seinämän välistä kampikammioon aiheuttaen lisääntyntä moottorin huohotusta, puristuspaineen laskua ja sen myötä moottorin antaman tehon laskua. Normaali mekaaninen kuluminen, imuilman joukossa olevat epäpuhtaudet, voiteluongelmat, sekä liiallinen lämpökuorma ovat usein syitä sylinteriseinämän ja männän painerenkaiden kulumiseen.

Sylinterikannen ohivuodot aiheutuvat useimmiten venttiilin tiivistymisen heikkenemisestä sylinterikannen venttiilin istukkaan, eli seettiin. Venttiilin istukka ja venttiili on tarkoin koneistettu toistensa vastakappaleiksi tiiveyden takaamiseksi. Seetipinnan kulumiseen vaikuttavat mm. imuilmassa olevat epäpuhtaudet ja moottorilla ajatut kilometrit.

Ajoneuvojen moottoreiden venttiilikoneistossa käytetään nykyään venttiilin varren ja nokka-akselin välissä hydraulisia venttiilinnostimia tai paininkuppeja. Hydraulinen venttiilinnostin tasaa automaattisesti moottorin öljynpaineen avulla venttiilin varren ja venttiilinnostimen välyksen sopivaksi. Välyks on välttämätön, ettei venttiili ole painettuna irti seetipinnasta palotapahtuman aikana. Mikäli välyks puuttuu niin venttiili ”kantaa”, eli on hie-man raollaan. Tämä johtaa hyvin nopeasti venttiilin palamiseen palotapahtuman korkean lämpötilan ja paineen johdosta.

3 TUTKIMUKSEN KOHDE JA MITTAUKSET

Tämän opinnäytetyön mittausten pohjana toimii Mats Tuomisen opinnäytetyönä Turun ammattikorkeakoulun autolaboratorioon, vuonna 2017 keväällä tekemä moottorimittauspenkki. Moottorimittauspenkki on toteutettu 60-70 luvun Opel Commodoren 2,5S – moottorilla. Moottori on CIH – tyyppinen ”Camshaft inside head” - moottori, eli nokka-akseli on sijoitettu sylinterikannen sisään.

Moottorin tekniset tiedot:

- 2,5 litrainen, suora kuusisylinterinen, 25NE – moottori
- Cam-in-head, 12 venttiiliä
- Vesijäähdytetty
- Iskunpituus: 69,8 mm
- Männän halkaisija: 87 mm
- Tilavuus: 2490 cm^3
- Huipputeho: 115 hp / 5200 rpm
- Huippuvääntö: 174 Nm / 3800 rpm
- Puristussuhde: 9,2:1

(Haynes Publishing 1999, 2B–1; Lankila 2017. Suullinen tiedonanto).

Moottorimittauspenkin on suunnitellut ja toteuttanut Mats Tuominen. Moottorimittauspenkki on rakennettu moottorin kannattelemiseen suunnitellun moottoritelineen pohjalta. Teline on vahvikehittattu käyttöturvallisuutta ajatellen. Moottorimittauspenkkiin kuuluvia komponentteja ovat mitattava moottori, moottoria pyörittävä sähkömoottori, käyttöpaneeli sekä ketjuvälitteinen voimansiirto.

Moottorimittauspenkki on esitelty kuvissa 1, 2 ja 3.



Kuva 1. Moottorimittauspenkki vasemmalta katsottuna

Kuvassa 1 näkyy alhaalla sähkömoottori kiinnitettynä moottoritelineeseen. Tällä puolella moottoria sijaitsevat sytytystulpat, joiden kautta puristus- ja ohivuotomittaus suoritetaan.



Kuva 2. Moottorimittauspenkki oikealta katsottuna

Kuvassa 2 näkyy vasemmalla moottorimittauspenkin käyttöpaneeli, käynnistyskatkaisin, turvakytkin ja säätöpyörä. Käynnistyskatkaisin ja säätöpyörä sijaitsevat valkoisessa ohjauslaatikossa. Säätöpyörällä voidaan säätää portaattomasti sähkömoottorin pyörimisnopeutta välillä 20-50 Hz. Tällä puolella moottoria sijaitsevat myös pako- ja imukanavat, joista ohivuotoja voidaan paikantaa ohivuotomittausta tehdessä.

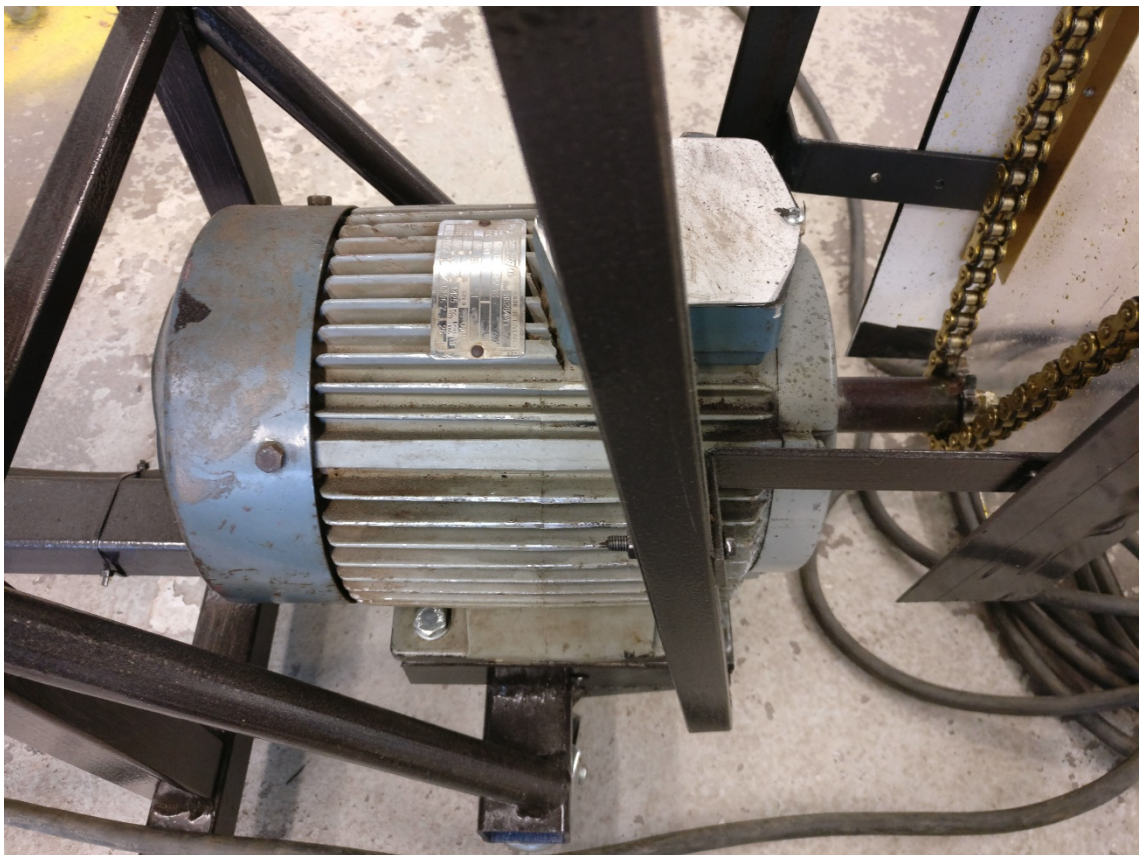


Kuva 3. Moottorimittauspenkki edestäpäin katsottuna

Kuvassa 3 näkyy alhaalla moottoritelineeseen kiinnitetty sähkömoottori, ketjuvälitys ja kampiakselin ketjupyörä. Sähkömoottorilla pyöritetään ajoneuvosta irrotettua moottoria.

Ajoneuvon moottoria pyörittää Oy Strömberg Ab:n Suomessa valmistama HXUR 208A2 3 kW sähkömoottori ketjuvedon välityksellä. Sähkömoottorille annetuin tiedoin on ketjuvedon välitykseksi valittu 4,73. Sähkömoottorin akselin pyörintänopeus 50 Hz 380 V verkkojännitteellä on $1425 \frac{1}{min}$, jolloin välityssuhteella saadaan ajoneuvon moottori pyörimään noin $300 \frac{1}{min}$. Tämä kierrosluku on valittu normaaliolosuhteissa ajoneuvon moottoria $200-300 \frac{1}{min}$ pyörittävän starttimoottorin perusteella. (Valveen Sähkökone Oy, Viitattu 14.11.2019.)

Sähkömoottori on esitelty kuvissa 4 ja 5.



Kuva 4. Sähkömoottori kiinnitettynä moottoritelineeseen

Kuvassa 4 näkyy oikealla ketjувälitys sähkömoottorin ja ajoneuvon moottorin välillä.



Kuva 5. Sähkömoottorin valmistajan tyypikilpi

Sähkömoottoria ohjataan Danfoss 6000 -taajuusmuuttajalla. ”Taajuusmuuttajalla voidaan määrittää lähes kaikki sähkömoottorin toimintaan liittyvät parametrit, kuten esimerkiksi kierrosnopeus, kiihtyvyys, kierrosnopeuden vaihteluväli, virta, teho jne. Säättämällä moottorin syöttötaajuus- ja jännite voidaan säätää moottorin kierrosnopeutta ja momenttia.” (Tuominen, 2017, 21.)

Danfoss -taajuusmuuntajan käyttöpaneeli esitelty kuvassa 6.



Kuva 6. Danfoss 6000 -käyttöpaneeli

Kuvassa 6 näkyy Danfoss 6000 -käyttöpaneeli. Kun virrat kytketään laitteeseen, käyttöpaneelissa alkaa vilkkumaan "Hz"-merkintä. Tämän jälkeen painetaan oikeasta alakulmasta "Reset"-nappia ja "Autostart"-nappia. Tämän jälkeen laite on käyttövalmis, "Hz"-merkintä lopettaa tällöin vilkkumisen. Tarkempi toiminta esitelty liitteessä Käyttöohje.

3.1 Mittaustarpeen arviointi

Nykyaikaisen bensiinikoneen mekaanisen kunnan selvittäminen vaatii usein yllättävän paljon purkamista ja testilaitteistoa. Suurissa autokorjaamoissa on oltava paljon osamista ja työhön sopivat laitteet. Kuntoanalyysiin lähdetään yleensä asiakasvalituksesta, joka koskee ajoneuvon suorituskyvyn laskua, moottorin epämääräistä käyttäytymistä, lisääntyntä öljyn- tai polttoaineenkulutusta tai mahdollisesti asiaankuulumatonta ääntä moottorista. Työhön lähdettäessä on huomioitava ajoneuvon tekniset ratkaisut, jotka saattavat vaikuttaa työn kulkuun. Esimerkiksi elektronisesti ohjatun kaasuläpän riittävään avaamiseen puristuspainemittausta varten saatetaan tarvita järjestelmätesteriä.

Mittausmenetelmiä moottorin mekaanisen kunnan tarkasteluun on useita. Ennen suurempia purkamistöitä on ensimmäisenä hyvä tarkastella moottorin ulkopuolelle mahdollisesti näkyvät tai kuuluvat ongelmat. Jos osana asiakasvalitusta on ollut jäähdytysnesteen tai öljyn häviäminen, ensimmäisenä on tarkastettava silmämääräisesti moottorin lohkon öljynkierto, sekä jäähdytysnesteen kiertoon liittyvät komponentit. Mikäli ulkoisia vuotoja ei näy, on syytä ryhtyä tutkimaan asiaa tarkemmin.

Moottoriöljyn lisääntyminen, väheneminen, sekä väri, että haju kertovat usein paljon moottorin kunnosta. Jäähdytysneste katoaa yleensä jäähdytysjärjestelmästä liiallisen paineen vuoksi paisuntasäiliön ylivuotoletkun kautta. Liiallinen paine järjestelmässä johdetaan usein sylinterikannen tai sen tiivisteiden vauriosta. Joskus jäähdytysneste sekoittuu kuitenkin moottoriöljyyn esimerkiksi sylinterikannentiivisteiden hajoamisen seurauksena. Jäähdytysnesteen sekoittumisen öljyn kanssa havaitsee harmahtavasta moottoriöljystä.

Moottoriöljyn kulutukseen liittyviä tekijöitä on usein venttiilivarsien, männänrenkaiden, sekä sylinteriseinämien tiiveys. Venttiilivarsien, sylinteriseinämien ja männänrenkaiden kautta moottoriöljy pääsee suoraan palotilaan. Palotilaan päässyt moottoriöljy palaa palotapahtumassa ilma-polttoaineseoksen mukana, jolloin pakoputkesta tulee silmin havaittavaa sinistä savua. Tällöin korjaamon on päätettävä yhdessä asiakkaan kanssa,

lähdetäänkö moottoria purkamaan todellisen vian selvittämiseksi ja korjaamiseksi. (Lehtinen, Rantala 2012, 279-285.)

3.1.1 Puristuspainemittaus

Puristuspainemittaus on tärkeä mittaus moottorin mekaanisen kunnan tarkastelun osalta. Puristuspainemittaus suoritetaan vasta, kun muut moottorin käyntihäiriöihin liittyvät tekijät, kuten sytytys- ja polttoainejärjestelmän ongelmat on suljettu pois. Puristuspainemittaukseen on käytännössä kaksi erilaista keinoa. Perinteinen puristuspainemittaus tapahtuu bensiinimoottorissa sytytystulpan ja dieselmoottorissa hehkutulpan reiän kautta. Jos mitattava moottori on paikallaan nykyaikaisessa ajoneuvossa, voidaan suorittaa myös ns. dynaaminen puristuspainemittaus, jossa käytettävä testilaitteisto vertaa puristuspainemittaukseen tarvittavaa käynnistysvirtaa eri sylinterien välillä. Tähän vaaditaan esimerkiksi Boschin FSA – testilaitteisto, joka on esitelty kuvassa 7.

Puristuspainemittaukseen suoritettaessa tulee ajoneuvon sytytysjärjestelmän olla kytkettynä pois. Tähän riittää esimerkiksi sytytyspuolalle tulevan liittimen irrotus. Sytytystulpat kierretään kokonaan sylinterikannasta irti. Sytytystulpan keskielektrodin eristeen väristä voidaan jo hieman päätellä kunkin sylinterin kunnosta. Nokinen ja mustunut keskielektrodi kertoo sylinterissä olevan jonkunlaista palotapahtumaan liittyvää ongelmaa. Sytytystulpat kannattaa laittaa sylinterikohtaiseen järjestykseen irrotettaessa.

Uudempien autojen kohdalla voidaan joutua käyttämään ajoneuvoon tarkoitettua testilaitteistoa, jotta sähköinen kaasuläppä saadaan riittävästi auki. Vanhemmissa autoissa, joissa kaasuläppän ja kaasupolkimen välillä on mekaaninen yhteys, riittää kaasupolkimen painaminen täydelle kaasun asennolle. Tällä varmistetaan, ettei mikään rajoita merkittävästi sylinterin sisään imettävän ilman kulkua.

Puristuspainemittaukseen varten on moottoria pystyttävä pyörittämään riittäväällä nopeudella ($200-300 \text{ r/min}$) vähintään 5-6 puristusiskun ajan, tai vastaavasti niin kauan, ettei puristuspainemittarin lukema enää nouse. Tämän jälkeen puristuspainemittarin lukema kirjataan ylös ja otetaan mittaus jokaiselta sylinteriltä erikseen. Mittauksesta saatuja lukuja keskenään vertaamalla voidaan jo osittain päätellä moottorin mekaaninen kunto. (Lehtinen, Rantala 2012.)



Kuva 7. Bosch FSA - testilaitteisto

Kuvassa 7 on nähtävillä FSA - testilaitteisto, jolla pystytään vertailemaan esimerkiksi puristuspuheen voittamiseen tarvittavaa käynnistysvirtaa. Testilaitteisto pystyy vertaamaan tarvittavaa käynnistysvirtaa eri sylintereiden kesken.

3.1.2 Ohivuotojen mittaaminen

Ohivuotojen mittaus toimii usein jatkotoimenpiteenä puristuspuheen mittaukselle. Tällä mittauksella saadaan tarkempaa tietoa siitä, miksi jonkin sylinterin puristuspuhe ei nouse toivotulle tasolle.

”Mittaus perustuu palotilan paineistamiseen paineilman avulla, jolloin voidaan seurata vuotoääniä ja vuotojen aiheuttamaa paineenlaskua.” (Lehtinen, Rantala 2012.)

Mittauksessa mäntä kierretään puristustahdin loppuun yläkuolokohtaan, jolloin venttiilit ovat kiinni ja työtahti alkaa. Paineilmaa johdetaan sylinteriin sytytystulpan tai hehkutulpan reiän kautta sopivalla adapterilla mittalaitteeseen liitettynä. Mittalaitteistossa on yleensä %-asteikko ilmaisemassa kuinka monta prosenttia sylinteriin johdetusta ilmasta vuotaa sylinteristä ulos. Ohivuodon ääntä seuraamalla pystytään paikallistamaan vuotokohde. Pakoventtiilin tiiveyden ongelmat saavat ohivuodon äänen kuulumaan pakokanavassa ja pakosarjassa. Vastaavasti taas imuventtiilin tiiveyden ongelma aiheuttaa su-

hisevaa ja kohisevaa ääntä imukanavan ja imusarjan puolella. Jos ohivuodon äänet kuuluvat öljykorkista, pääsee sylinterin sisällä oleva paine vuotamaan todennäköisimmin männänrenkaiden ja sylinteriseinämän välistä moottorin kampikammioon.

Mittauksessa on hyvä muistaa, että sylinterin ohivuoto ei ole yleensä koskaan täysin 0 %. Ohivuodon äänen kuuluminen venttiilikoneiston tai öljykorkin puolelta ja tuloksien pysyessä alle 15-20 %, ei ohivuoto ole merkittävän suuri moottorin toiminnan kannalta. (Lehtinen, Rantala 2012, 281.)

3.2 Mittaustulosten kerääminen

Tässä opinnäytetyössä mitattava moottori ei ollut kiinni autossa, eikä siinä ole minkäänlaisia moottorinohjaukseen tarvittavia sähköjä kytkettynä. Ennen mittausten suorittamista moottori tulisi käyttää käyntilämpötilaansa. Tällöin moottorin sisäisten komponenttien välykset ovat vähentyneet lämpölaajenemisen ja moottoriöljyn tiivistävän vaikutuksen johdosta. Tämä ei ollut mahdollista tässä mittauksessa. Moottoria käytettiin kuitenkin nopeudella $300 \frac{1}{min}$ noin viiden minuutin ajan, jotta moottoriöljyn painekiertoivoitelu sai aikaan tiivistävän öljykalvon sylinteriputken seinämille.

Mitattavan moottorin puristussuhde on 9,2:1. Puristussuhteen tiedolla ja oletuksella, että loppulämpötila puristusvaiheen lopussa syttyvälle kaasuseokselle on $+150 \text{ }^\circ\text{C}$ (423 K), saadaan laskennallisesti mitattavan kohteen puristuspaine. Oletetaan myös puristusvaiheen alussa paineen sylinterissä olevan sama kuin ilmakehän paine 0,1 MPa ja sylinteriin sisään menevän ilman lämpötilan olevan $+20 \text{ }^\circ\text{C}$ (293 K). Tällä puristussuhteella ja näillä oletamuksilla mitattavan moottorin puristuspaine on noin 13,3 baaria. Laskentakaava esitelty Kaavassa 1. (Lehtinen & Rantala 2012, 119.)

$$p_1 = 9,2 \times \frac{423 \text{ K}}{293 \text{ K}} \times 0,1 \text{ MPa} = 1,33 \text{ MPa}$$

Kaava 1. Puristuspaineen laskentakaava

Puristuspainemittauksessa käytettiin Motometer-merkkistä puristuspainemittaria (kuvat 8 ja 9).



Kuva 8. Motometer-puristuspainemittarin säilytyslaatikko



Kuva 9. Motometer – puristuspainemittari

Kuvassa vasemmassa ja oikeassa reunassa näkyvät puristuspainemittarit. Dieselmoottorille ja bensiinimoottorille on molemmille omansa. Keskeltä löytyvät erilaiset adapterit, jotka mahdollistavat moottorin puristuspainemittauksen moottorin ollessa paikoillaan ajoneuvossa. Alhaalla olevat kumiset adapterin päät ovat tarkoitettu eri suuruisille sytytys- ja hehkutulpan rei'ille.

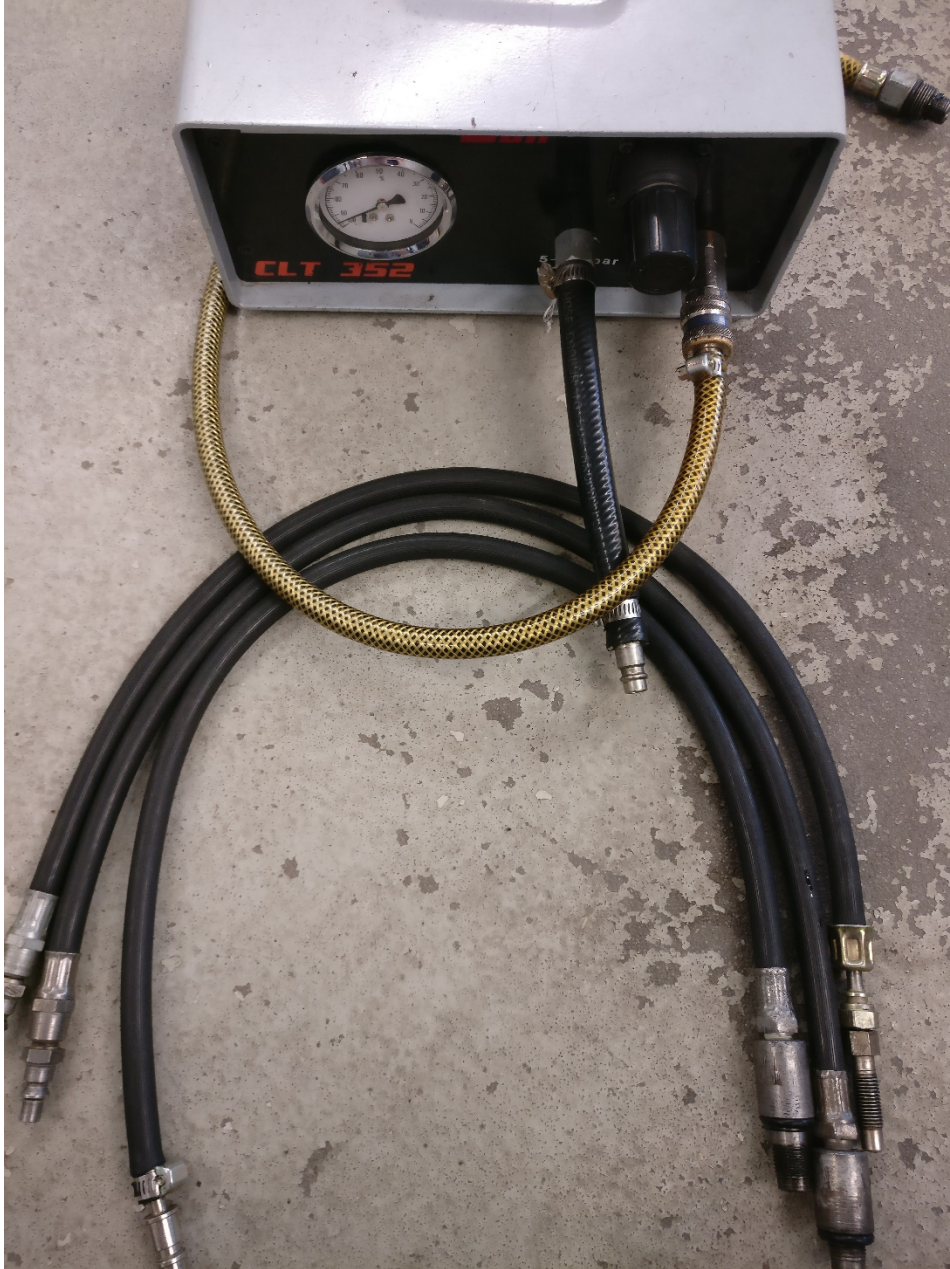
Puristuspainemittaus aloitettiin irrottamalla sytytystulpat sylinterikannesta. Puristuspainemittari asetettiin sylinterin numero yksi sytytystulpan reiälle tiiviisti (kuva 13) ja moottoria pyöritettiin sähkömoottorin taajuuksilla 20 Hz, 35 Hz, sekä 50 Hz. Mittaus toistettiin jokaiselle sylinterille edellä mainituilla sähkömoottorin taajuuksilla. Puristuspainemittaria pidettiin sytytystulpan reiällä aina niin kauan, ettei bar-lukema mittarissa enää noussut.



Kuva 10. Puristuspainemittarin asettaminen sytytystulpan reiälle

Kuvassa 10 on esitelty puristuspainemittarin asettaminen sytytystulpan reiästä. Puristuspainemittarin kuminen pää on asetettava tiiviisti sytytystulpan reikään, jottei puristusaine pääse vuotamaan mittarin ohi. Tämä on huomioitava tarkoin, sillä väärin suoritettu mittaus voi johtaa vääränlaiseen diagnoosiin moottorin todellisesta kunnosta.

Ohivuotomittaukset suoritettiin Sun CLT 352 -ohivuotomittarilla. Ohivuotomittari on esitelty kuvassa 11.



Kuva 11. Sun CLT 352 – ohivuotomittari

Kuvassa 11 näkyy ylhäällä ohivuotomittari, jossa kiinni letkulähdöt, kalibrointia varten säädin ja mitta-asteikko, joka näyttää ohivuodon prosentteina. Alhaalla kuvassa näkyy adapteripäät erilaisille sytytys- ja hehkutulpan rei'ille.

Ohivuotomittauksessa mitattavan sylinterin mäntä on kierrettävä yläkuolokohtaan normaaliin moottorin pyörimissuuntaan, jolloin venttiilit ovat kiinni ja työtahti alkaa. Mäntä on saatava hyvin tarkkaan yläkuolokohtaan, kun sylinteri paineistetaan paineilmalla. Mikäli

mäntä ei ole yläkuolokohdassa, voi moottori pahimmassa tapauksessa päästä pyörähtämään paineilman vaikutuksesta. Tämä täytyy huomioida varsinkin, kun mitataan ajoneuvossa kiinni olevan moottorin ohivuotoja. Virheellisesti suoritettu ohivuotomittaus antaa väärää informaatiota moottorin mekaanisesta kunnosta ja tämä voi johtaa väärään diagnoosiin mahdollisesta ongelman aiheuttajasta. Ohivuotomittausta aloitettaessa ohivuotomittari on aina muistettava kalibroida.

Yleensä ohivuotomittarit kalibroidaan irrottamalla sylinterin paineistukseen käytettävä paineilmaletku. Tällöin ohivuotomittarin ohivuotoa kuvaavan osoittimen on näytettävä, ettei ohivuotoa ole ollenkaan. Mikäli osoitin ei asetu näyttämään nollavuotoa, tulee mittaria säätää. Säätö tapahtuu ohivuotomittarissa olevasta paineensäätöruuvista. (Lehtinen, Rantala 2012.)

Kalibroinnin jälkeen valitaan sytytystulpan kierrettä vastaava testilaitteiston pää ja asennetaan se sytytystulpan reikään tiiviisti. Paineilmaa johdetaan sylinteriin ja luetaan lukema ohivuotomittarin näytöltä. Tässä työssä ohivuotomittaus suoritettiin jokaiselle sylinterille yläkuolokohdassa kyseisen sylinterin työtahdin alussa. Mittaus suoritettiin jokaiselle sylinterille myös puristustahdin loppuvaiheessa imuventtiilin ollessa suljettuna, jolloin mäntä on hieman alempana. Tämä haluttiin suorittaa, jotta voitiin sulkea pois mahdolliset kulumat sylinteriputken seinämässä. Vaikutus sylinteriputken kulumiseen on suurimmillaan männän ollessa yläkuolokohdassa ja sylinteripaineen ollessa korkeimmillaan työtahdin alkaessa. Tulokset olivat suunnilleen samoja molemmilla mittaustavoilla.

Moottorin mekaanisen kunnan tarkastelua voi tehdä myös steto- tai endoskoopilla. Stetoskoopilla kuullaan hyvin moottorista tulevia mekaanisia ääniä. Tällä tavoin voidaan ilman suurempia purkutöitä eristää ongelman aiheuttajaa esimerkiksi johonkin tiettyyn sylinteriin. Stetoskooppi esitelty kuvassa 15.

Endoskooppi on pieni, esimerkiksi sylinterin sisään laitettava putki, joka heijastaa kuvaa sivulta peilien avulla. Endoskoopissa itsessään on yleensä jonkinlainen valonlähde, jolloin mahdolliset vauriot pystytään havaitsemaan endoskoopin pään ollessa esimerkiksi pimeän sylinterin sisällä. Tällä työkalulla pystytään havaitsemaan silmämääräisesti mekaanisia vaurioita. Nykyään korjaamoilla on yleensä käytössä endoskoopit, joissa on taipuisan putken päässä pieni kamera ja valo. Endoskooppi esitelty kuvassa 12.



Kuva 12. Stetoskooppi

Kuvassa 12 näkyy stetoskooppi, joka on tarkoitettu moottorin mekaanisten vaurioiden kuunteluun moottorin ulkopuolelta. Ylhäällä näkyvät kumiset korville laitettavat päät. Alhaalla kuvassa stetoskoopin pää, joka painetaan vasten kuunneltavaa kohdetta. Tällä pystytään paikantamaan esimerkiksi ylimääräisen äänilähteen suuntaa.



Kuva 13. Endoskooppi jäykällä varrella

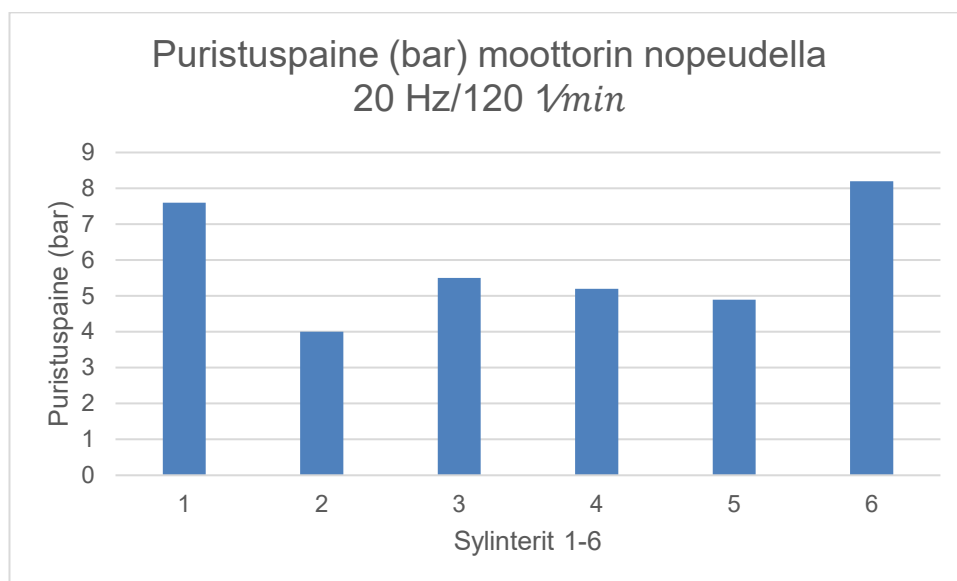
Kuvassa 13 on endoskooppi. Itse sylinteriputkeen laitettava osa on keskellä laatikkoa oleva pitkä ja ohut varsi. Mukana endoskoopin laatikossa on erilaisia päitä ja johto endoskoopin valolle.

4 MITTAUSTULOKSET

4.1 Puristuspainemittaukset

Puristuspainemittaukset suoritettiin auton moottoriin kolmella eri taajuusmuuntajan nopeudella. Nopeudet olivat 20 Hz, 35 Hz, sekä 50 Hz. Näillä taajuuksilla auton moottorin kierrosnopeudet olivat $120 \frac{1}{min}$, $210 \frac{1}{min}$, sekä $300 \frac{1}{min}$. Erot jo näillä nopeuksilla olivat huomattavat puristuspainneiden nousuun.

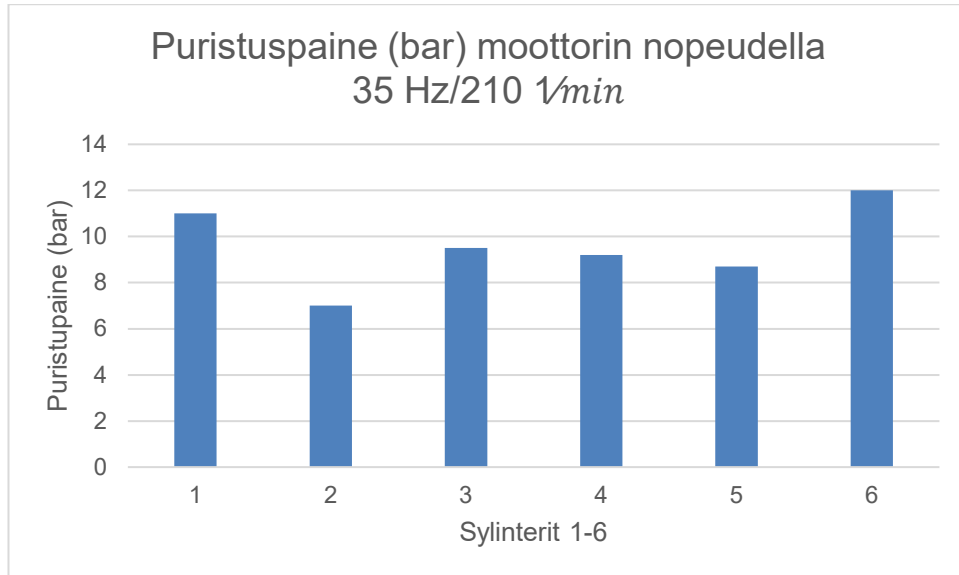
Ensimmäisessä mittauksessa moottoria pyöritettiin nopeudella $120 \frac{1}{min}$, joka on lähes kolme kertaa hitaammin, kuin normaalin auton moottorin pyörintänopeus käynnistyshehkellä. Tulokset on esitelty kuviossa 1.



Kuvio 1. Puristusaineet nopeudella $120 \frac{1}{min}$

Ensimmäisestä puristuspainemittauksesta, joka on suoritettu moottorin nopeudella $120 \frac{1}{min}$, havaittiin, että sylintereissä 2-5 on jotain ongelmaa. Arvoja sylintereiden välillä vertaamalla voi huomata, että puristusaine sylinterissä numero kaksi on vain noin puolet sylinterin numero yksi arvosta. Samalla voidaan myös päätellä, että sylinterit yksi ja kuusi ovat todennäköisimmin normaalissa kunnossa.

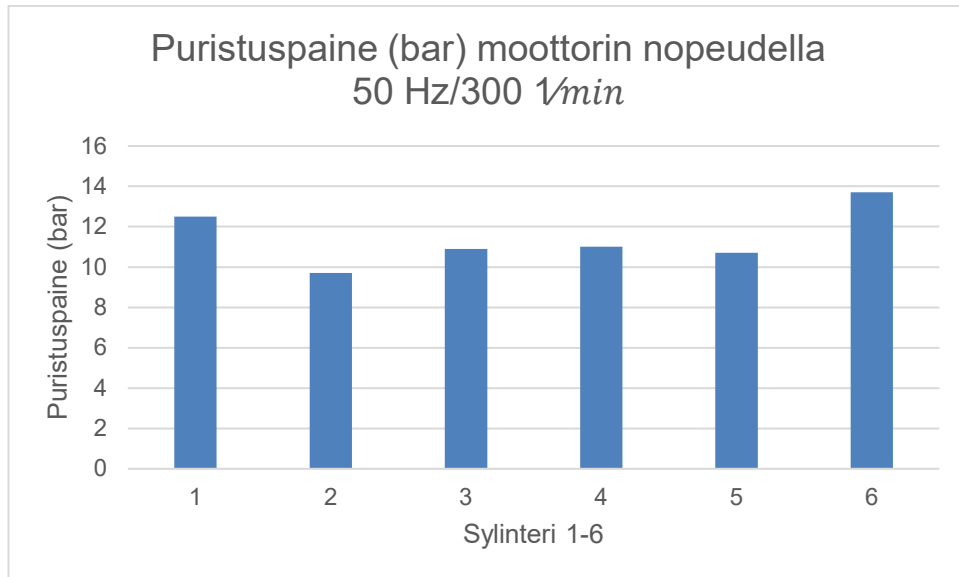
Seuraavaksi sähkömoottorin taajuus nostettiin arvoon 35 Hz, jolloin auton moottori pyöri nopeudella $210 \frac{1}{min}$. Tulokset on esitelty kuviossa 2.



Kuvio 2. Puristusaineet nopeudella $210 \frac{1}{min}$

Toisesta puristusainemittauksesta, joka on suoritettu moottorin nopeudella $210 \frac{1}{min}$, havaittiin pientä puristusaineiden tasaantumista sylintereiden välillä. Tämä johtuu osittain moottorin pyörimisnopeuden kasvusta, jolloin mahdollisesti pienistä mekaanisista vaurioista sylinterin paine ei pääse niin nopeasti romahtamaan kuin hitaammin moottoria pyöritettäessä. Edelleen kuitenkin sylintereiden yksi ja kuusi puristusaineiden ero sylintereiden 2-5 puristusaineisiin on havaittavissa selkeästi.

Viimeisenä sähkömoottorin taajuus nostettiin arvoon 50 Hz, tämä vastaa noin suunnitteen normaalia ajoneuvon moottorin pyörimisnopeutta käynnistyshetkellä, eli noin $300 \frac{1}{min}$. Tulokset on esitelty kuviossa 3.



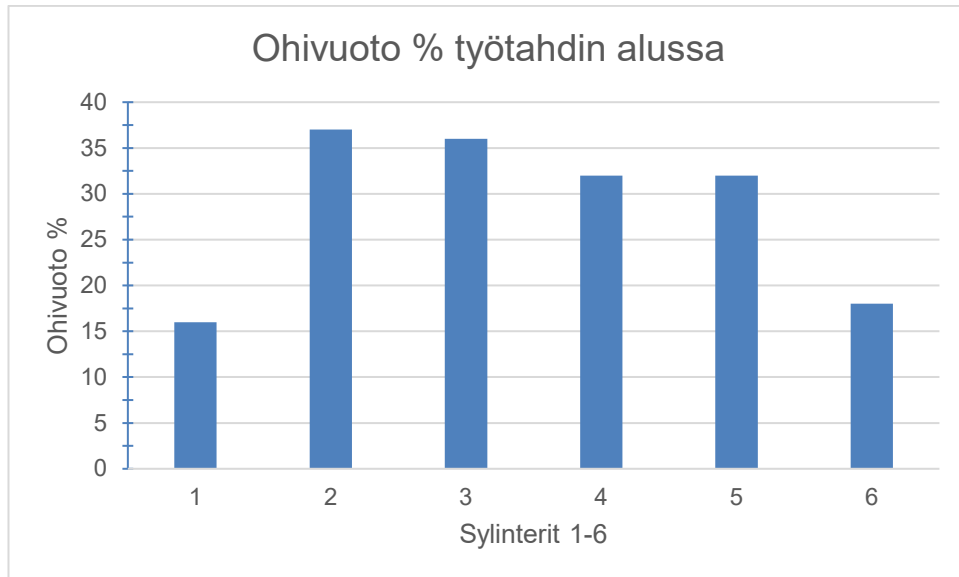
Kuvio 3. Puristusaineet nopeudella 300 1/min

Viimeisestä puristusainemittauksesta, joka on suoritettu moottorin nopeudella 300 1/min, havaittiin edelleen puristusaineen tasoittumista sylinterien välillä. Kuitenkin suurimman ja pienimmän puristusainearvon ero on noin 29 %.

4.2 Ohivuotomittaus

Ohivuotomittaus suoritettiin jokaiselle sylinterille muutaman kerran. Mittaus suoritettiin sekä männän ollessa työtahdin alussa yläkuolokohdassa, että puristusahdin kohdassa, jossa imuventtiili on juuri sulkeutunut. Eri männän asennolla haluttiin sulkea pois mahdolliset sylinteriputken vauriot. Puristusahdin loppuvaiheessa mäntä ei ole tarkalleen yläkuolokohdassa vaan vasta saavuttamassa sen. Tämä on huomioitava turvallisuuden vuoksi, sillä moottori voi päästä pyörähtämään ohivuotomittauksessa, mikäli moottoria ei saada lukittua millään. Tässä tapauksessa moottorin pyörähtäminen estettiin pitämällä räikkävääntimellä kampiakselista vastaan moottorin mahdolliseen pyörähtämisseuntaan nähden. Mittaustulokset olivat lähellä toisiaan molemmilla mittaustavoilla.

Ohivuotoprosentit työtahdin alussa männän ollessa yläkuolokohdassa on esitelty kuviossa 4.

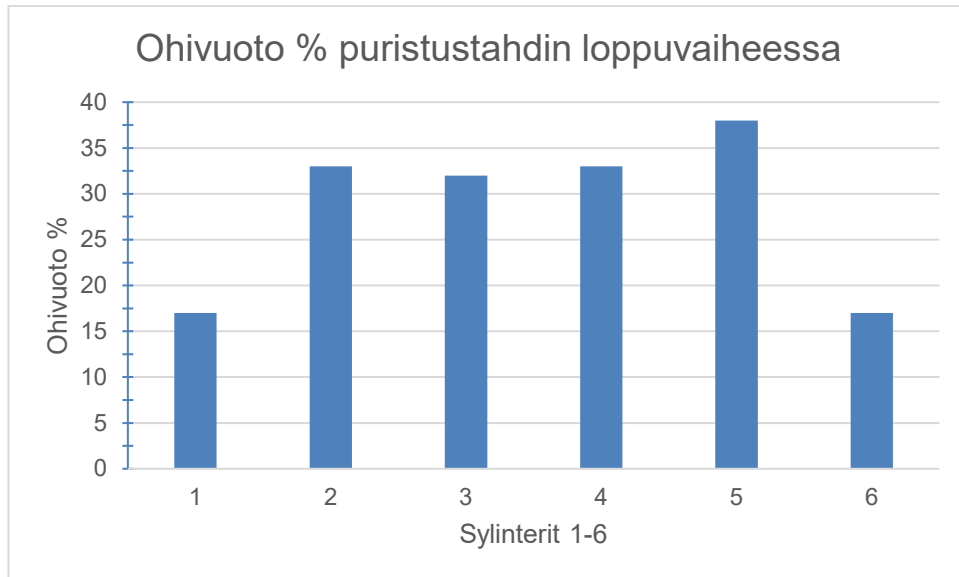


Kuvio 4. Ohivuotoprosentti työtahdin alussa

Työtahdin alussa otetussa ohivuotomittauksessa havaittiin sylintereiden yksi ja kuusi olevan hyvässä kunnossa. Vastaavasti taas ohivuotomittaus vahvisti sylintereissä 2-5 olevan ongelmaa. Mittauksessa kuunneltiin ohivuodon ääniä moottorin eri puolilta. Sylintereistä kaksi ja kolme ohivuodon äänet kuuluivat selkeästi moottorin öljyntäyttökorkista ja öljytason mittatikusta. Tämän perusteella molempien sylintereiden männän ja sylinteriputken tiivistyksessä on vaurio.

Sylinterin numero neljä ohivuodon äänet kuuluivat sylinterikannen imukanavasta. Venttiililautasen ja seetipinnan välinen tiivistys on tässä tapauksessa vaurioitunut. Sylinterin numero viisi ohivuodon äänet kuuluivatkin taas sylinterikannen pakokanavasta. Oletettavasti tämän sylinterin vauriot vastaavat sylinterin numero neljä vaurioita. Vaurio on imuventtiilin sijaan pakoventtiilissä tai sen seetipinnassa. Ohivuodot sylintereistä yksi ja kuusi kuuluivat vaimeasti moottorin öljyntäyttökorkista. Tämä on normaalia. Sylinteriputken ja männän välinen tiivistys ei ole koskaan täysin tiivis.

Ohivuotoprosentit puristustahdin loppuvaiheessa männän lähestyessä yläkuolokohtaa on esitelty kuviossa 5.



Kuvio 5. Ohivuoto prosentti puristustahdin loppu vaiheessa

Ohivuotomittaus puristustahdin loppuvaiheessa osoitti sylinterissä viisi olevan sylinteri-putken yläpäässä, hieman ennen männän yläkuolokohtaa kulumaa tai jokin naarmu, josta sylinterin paine pääsee vuotamaan ohi. Ohivuoto oli tässä kohtaa sylinterissä viisi suurempi kuin työtahdin alussa, männän ollessa yläkuolokohdassa. Muissa sylintereissä ohivuoto oli vastaavasti puristustahdin loppuvaiheessa pienempi tai yhtä suuri kuin työtahdin alussa.

5 PÄÄTELMÄT TULOKSISTA

Puristus- ja ohivuotomittausten tuloksia tarkastellessa oli selkeää, mitkä sylinterit olivat vaurioituneet. Sylinterit 1 ja 6 olivat moottorin ikä huomioiden hyvässä kunnossa, mutta sylintereistä 2-5 saadut tulokset kertoivat sylintereiden olevan vaurioituneet. Ohivuotoprosentit saavat toimintakykyisessä sylinterissä olla noin 15-20 %. Sylintereissä 1 ja 6 tämä toteutui, mutta sylintereissä 2-5 ohivuotoprosentit olivat 30-40 % välillä. Ohivuodon johdosta puristuspaineet jäävät puristustahdin lopussa alhaisemmaksi kuin moottorin toiminnan kannalta on suunniteltu. Tämä vaikuttaa oleellisesti moottorin toimintaan. Moottorista saatu teho jää alhaiseksi, koska palotapahtuma sylinterin sisällä ei ole normaali vajaan puristuspaineen johdosta. Moottorin päästöt ja polttoaineen kulutus kasvavat huomattavasti verrattuna hyvässä kunnossa olevaan moottoriin.

Puristuspaineet sylintereissä 2-5 ovat sillä tasolla, että moottorin käynnistäminen on todennäköisesti vaikeaa. Puristuspaineet jäivät sylinterissä kaksi hieman alle 10:n baarin lukemaan moottorin pyöriessä $300 \frac{1}{min}$. Sylintereissä 3-5 puristuspaineet nousivat noin 11:n baarin lukemaan. Kyseiseen moottorimalliin ei löytynyt tarkkaa puristuspaineen arvoa täysin kunnossa olevalle moottorille, mutta laskennallinen puristuspaine tälle moottorille on 13,3 baaria, aikaisemmin oletetuilla arvoilla. Opel pitää mitä tahansa puristuspaineen lukemaa, joka on alle 10 baaria haitallisena moottorin normaalin toiminnan kannalta. Suoritetuilla mittauksilla voidaan siis pitää sylinteriä kaksi vaurioituneena ja moottorin toimintaan vaikuttavana tekijänä. (Haynes Publishing 1999, 2A-4.)

Mittaustuloksia verratessa Tuomisen tekemään opinnäytetyöhön voimme pitää mittauksia onnistuneena. Tuominen kertoo opinnäytetyössään katkaisseensa sylinteristä numero 2 molemmista männän painerenkaista pienet palat pois. Sylinteristä numero 3 Tuominen oli poistanut vain ylimmästä painerenkaasta palan. Mitatessa ohivuotoja sylintereistä 2 ja 3 ohivuodon äänet kuuluivat selvästi moottorin öljykorkista ja öljytason mittatikun reiästä. Sylinterissä numero 3 olikin kaikissa mittauksissa paremmat arvot kuin sylinterissä 2. Tuominen kertoo myös viilanneensa pienet lovet sylintereiden 4 ja 5 venttiileiden seetipintaan. Sylinterissä numero 4 on viilattu lovi imuventtiiliin ja vastaavasti sylinterissä 5 lovi on pakoventtiilissä. Mittaustulokset vahvistivat myös tämän. Sylinterit yksi ja kuusi Tuominen oli jättänyt ehjiksi. Mittaustulokset kyseisistä sylintereistä olivat hyviä kaikissa mittauksissa.

6 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä suoritettut puristus- ja ohivuotomittaukset on suoritettu ajoneuvosta irti olleelle moottorille. Mitattavana moottorina toimi 60-70-luvun Opel Commodoren 2,5S -moottori. Moottoritestauspenkin on suunnitellut ja toteuttanut opiskelutoveri Mats Tuominen. Mittaukset suoritettiin Turun ammattikorkeakoulun autolaboratoriossa syksyllä 2017. Työn taustalla oli tarve saada autolaboratorioon liikuteltava ja helposti mitattavissa oleva moottori, sekä ohjeet mittausten suorittamiseen ja laitteiston käyttöön.

Mittaukset aloitettiin suorittamalla puristus- ja ohivuotomittaukset jokaiseen sylinteriin erikseen. Tulokset kirjattiin ylös ja niitä verrattiin keskenään. Puristus- ja ohivuotomittauksessa saadaan hyvin nopeasti ja helposti suuntaa moottorin mekaanisesta kunnosta. Yhdistämällä puristus- ja ohivuotomittaukseen myös ohivuotomittaus moottorin viillisen sylinterin selvittäminen on yllättävän helppoa ja tehokasta. Ohivuotoja kuuntelemalla pystytään rajaamaan viallisia moottorin osia helposti pois ja tarvekartoitus moottorin kunnostamiseen tai uusimiseen voidaan tehdä pelkästään näiden kahden mittauksen pohjalta.

Nykyaikaiset testilaitteistot mahdollistavat myös dynaamisen puristus- ja ohivuotomittauksen. Tämän mahdollistaa esimerkiksi Bosch FSA -testilaitteisto, joka pystyy vertaamaan puristus- ja ohivuotomittaukseen tarvittavaa käynnistysvirtaa eri sylinterien kesken. Dynaaminen puristus- ja ohivuotomittaus on mahdollista vain, mikäli moottori on vielä kiinni ajoneuvossa.

Mittauksissa onnistuttiin kartoittamaan mitattavan moottorin ongelmat. Vertaamalla tuloksia Tuomisen tekemän opinnäytetyön sisältöön, saatiin vahvistus mittausten onnistumiselle. Mitattava moottori on hyvin todennäköisesti vielä käyntikuntoinen, mutta ei toimi suunnitellulla tavalla. Moottorin käynnistäminen on varmasti vaikeaa, sen polttoaineen kulutus ja pakokaasupäästöt ovat lisääntyneet ja moottorin tuottama teho on alentunut. Kuudesta mitatusta sylinteristä vain kaksi sylinteriä olivat täysin toimintakuntoiset.

LÄHTEET

Tuominen, M. 2017. Moottoritestaustenkin suunnittelu ja valmistus. Opinnäytetyö, Turun Ammattikorkeakoulu, ajoneuvo- ja kuljetustekniikka.

Bosch 2003. Autoteknillinen taskukirja. Autoalan Koulutuskeskus Oy. 6. painos. Jyväskylä: Gummerus Oy.

Haynes 1999. Opel Omega & Senator Service and Repair Manual. USA: Haynes Publishing.

Lehtinen A. & Rantala J. 2012. Autotekniikka 4. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.

Lankila J. 2017. Suullinen tiedonanto.

Valveen Sähkökone Oy. Esite. Viitattu 14.11.2019. http://www.valveensahkone.fi/File/HXUR_esite.pdf

Moottoritestauspenkin käyttöohje



MOOTTORITES- TAUSPENKIN KÄYTTÖOHJE

2017

Ohje
moottorimittauspenkin
käyttöön puristus-
paineen mittaamiseksi

Liitä aluksi voimavirtakaapeli seinällä olevaan pistokkeeseen.



Danfoss-käyttöpaneeliin tulee virta ja näytöllä alkaa vilkkumaan "0.0Hz" merkintä.

Paina "Reset" ja sen jälkeen "Autostart", Hz merkintä lopettaa vilkkumisen.



Nosta laitteiston "Hätäpysäytyspainike" ylös. Tarpeen tullen laitteiston saa sammuttua tästä katkaisijasta.



Käännä Abloyn avaimesta myötäpäivään, kunnes avaimen vieressä oleva LED-valo syttyy. Varmista, että moottorin pyörintänopeuden säätörulla (oikealla alhaalla) on käännettynä "0-asentoon" vastapäivään.



Laite on nyt käyttövalmis.

HUOM! Varmista ennen käynnistämistä, ettei moottoria pyörittävän voimalinjan välissä ole mitään!

Sähkömoottori kytkeytyy päälle kääntämällä "0-I-kytkimen" I-asentoon. Voit säätää moottorin pyörintänopeutta nyt kääntämällä mustaa säätörullaa myötäpäivään.



Näet Danfoss-käyttöpaneelissa Hz-luvun muuttuvan, kun käännät säätörullaa. Säätörullan ollessa käännettynä täysin vastapäivään käyttöpaneelin Hz-luku on 20.

Tällöin mitattava moottori pyörii nopeudella $120 \frac{1}{min}$.

Suurin säädetty kierrosnopeus on noin $300 \frac{1}{min}$, jolloin Hz-luku on käyttöpaneelissa 50 Hz.

Laitteiston sammuttaminen tapahtuu käänteisessä järjestyksessä. Älä käytä hätäpysäytyspainiketta laitteiston pysäyttämiseen, vaan käännä sähkömoottori sammuksiin "0-l-kytkimestä". Tämän jälkeen käännä Abloy-avaimesta vastapäivään, kunnes sininen LED-valo sammuu.

Paina lopuksi hätäpysäytyspainike alas ja ota lopuksi voimavirtakaapeli pois pistokkeesta!