



LISÄVOITELUJÄRJESTELMÄ VAG-KONSERNIN 2.5 LITRAN V6 TDI -
MOOTTOREIHIN

Joni Kervinen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2011
Konetekniikka
Tuotekehitys
Tampereen ammattikorkeakoulu

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikan koulutusohjelma
Tuotekehitys

KERVINEN, JONI: Lisävoitelujärjestelmä VAG-konsernin 2.5 litran v6 TDI - moottoreihin.

Opinnäytetyö 37 s., liitteet 3 s.
Huhtikuu 2011

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja valmistaa lisävoitelujärjestelmä VAG-konsernin 2,5 litran v6-turbodieselmoottoriin, jossa on tyyppivikana nokka-akselien ennenaikainen kuluminen. Ideana oli tuoda nokka-akseleille lisää voitelevaa öljyä, joka estäisi niiden kulumisen. Koska voitelu on riittämätöntä nimenomaan tyhjäkäynnillä, haluttiin lisävoitelu rajata siihen.

Suunnittelun aikana selvisi nopeasti, että erillinen voitelujärjestelmä nykyisen, moottorin oman voitelujärjestelmän rinnalle oli ainut realistinen vaihtoehto. Perusideana olikin ottaa öljy moottorin öljypohjasta sähköiselle pumpulle ja tuoda se siitä paineistettuna putkistoa pitkin suihkuputkille, venttiilikoppien sisään. Venttiilikopan sisälle suunniteluissa suihkuputkissa oli pienet suihkureiät, jotka olivat kohdistettuna nokka-akselin profiileihin, jokaiselle profiilille oli oma suihkureikänsä. Paineputkiston paine rajoitettiin vastusventtiilillä, joka ohjasi ylimääräisen paineen letkua pitkin takaisin imuputkeen ja siitä kiertoon. Ohjaus toteutettiin öljynpainekeytkimellä, joka mittaa moottorin oman öljynpaineen määrää. Öljynpaineen noustessa riittäväksi kytkin sammuttaisi pumpun releohjauksen avulla. Näin järjestelmä olisi päällä vain pienillä kierroksilla.

Projekti onnistui kokonaisuutena hyvin ja on varmasti toimiva. Nokka-akselit tulevat saamaan riittävän voitelun läpi kierrosalueen. Nähtäväksi tosin jäi, että estääkö tämä nokka-akselien kulumista toivottavalla tavalla vai onko pääasiallinen syy vaurioon jossain muualla. Negatiivisena asiana projektissa jäi esille vääränlaisen pumpun aiheuttamat ongelmat.

Asiasanat: lisävoitelujärjestelmä, sähköinen öljypumppu, suihkuputki

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical engineering
Option of research & development

KERVINEN, JONI: Extra lubrication system for VAG-concern 2.5 liter v6 TDI engines.

Bachelor's thesis 37 pages, appendices 3 pages
April 2011

Purpose of this thesis was to design and produce an extra lubrication system for VAG-concern 2.5liter v6 turbo diesel engine, which has an intermittent fault of too early camshaft damages. My main idea was to bring more lubricating oil for camshafts, to prevent that erosion. Because the lubrication of this engine is too small, especially at the idle speed, I wanted to limit the extra lubrication for that.

During the designing, it realized fast that only possible way to bring more oil for the camshafts, was to create separate oil system to work with the cars own system. Idea was to suck the oil from the oil pan to the electrical oil pump, and bring it from there with hoses to jet oil pipes, which are inside the valve covers. The jet oil pipes are included with oil holes, those squirts the oil for the each profile of camshafts. Pressure of the system was reduced with resistance valve, which redirected the over pressured oil back to the intake pipe and to the circulation. Control of this system was created with pressure switch that measures the pressure of cars own oil pressure. When this pressure is enough, the switch cuts the power from the pump with relays. This way the extra lubrication system works only with small engine speeds.

The project succeeded fine and is truly working. Camshafts will surely get enough lubricating oil through the entire engine speed area. It will be seen that does this system end the damaging of camshafts or is the main reason something else. This pump problem annoyed me a little bit, because with the right oil pump the system would have been great.

Key words: extra lubrication system, electric oil pump, jet oil pipe

SISÄLLYS

1	TEORIA.....	5
2	VIKA-ANALYYSI.....	6
3	SUUNNITTELU JA OSIEN VALMISTAMINEN.....	8
3.1	Öljypumppu.....	9
3.2	Putkisto	11
3.3	Öljysuihkut	13
3.4	Muut tarvikkeet	21
4	ASENNUS	22
4.1	Öljypumppu.....	23
4.2	Putkisto	24
4.3	Öljysuihkut	26
5	OHJAUS	28
6	TESTAUS.....	31
7	KULUT.....	34
8	POHDINTA.....	35
	LÄHTEET.....	37
	LIITTEET	38

1 TEORIA

VAG-konsernin vuosina 1997- 2003 valmistamat 2.5 litran diesel (AFB/AKN) moottoreiden enneaikaiset nokka-akselien kulumiset ovat aiheuttaneet harmia monelle, moottoria käytettiin useissa eri autoissa vuomallista 1997 vuoteen 2002 (Autodata, 2009, Automotive technical manual). VAG-konsernilla tarkoitan Volkswagenin ja Audin muodostamaa yhteisyritystä, jossa molemmat merkit ovat käyttäneet näitä samoja moottoreita autoissaan ja ovat yhdessä kehittäneet ne. Erityisesti kylmäkäynnistyksen ja tyhjäkäynti kuluttavat nokkia erityisen paljon, nokka-akselien ja keinojen väliset liukupinnat on ainoastaan roiskevoideltu ja tyhjäkäynnillä ei tämä yksistään ole riittävä säilyttämään näitä pintoja ehjinä (Härkönen K., 2011, haastattelu). Nokka-akselin liukupinta kuormittuu liikaa ja alkaa kulua. Samoin käy myös keinoivulle, jota nokka liikuttaa. Hiljalleen nokka-akselit ja keinoivut kuluvat niin että moottorinkäynti huononee, polttoaineenkulutus kasvaa ja lopulta joko keinovipu tai venttiilinostin särkyvät aiheuttaen konevaurion. Vaikka nokka-akselit ja keinoivut kuluvat pikkuhiljaa, tulee vika esiin yleensä hyvinkin yllättäen, johtuen hydraulisista nostimista jotka tasaavat venttiilinväläyksiä hyvin myös kuluneilla osilla. Huonontuneen moottorinkäymisen aiheuttaa venttiilien pienentynyt nosto, joka lyhentää venttiilin aukioloaikaa. Nokkien uusiminen on kallis ja työläs korjaus, joka ei kuitenkaan takaa nokkien pysymistä ehjinä. Valmistajan mukaan syy nokkien enneaikaiseen kulumiseen on epäonnistunut karkaisu valmistusvaiheessa, mutta myös uusiotuotanto nokka-akseleissa on havaittu samaa vikaa, joten syytä on myös muita. Valmistaja itse vaihtoi lopulta laahaavat nokka-akselit rullanokka-akselihin, jotka kestävät paremmin kulutusta. Työn tarkoituksena on suunnitella ja valmistaa nokka-akseleille lisävoitelujärjestelmä, joka hidastaisi nokkien enneaikaista kulumista ja pidentäisi näin moottorin elinikää. Voitelua parantamalla on tarkoitus pienentää kitkaa nokka-akselin ja keinoivun välisellä liukupinnalla erityisesti moottorin käyntinopeuden ollessa alhainen.

2 VIKA-ANALYYSI

Nokkien ainut voitelu on roiskevoitelu, joka ei tässä tapauksessa ole riittävä. Joka kerta käynnistäessä moottoria nokat pyörähtävät hetken kuivana, ennen kuin nostimien läpi virtaava öljy alkaa voidella nokkia roiskien. Suomen oloissa, talvipakkasilla, tässä saattaa kestää kauemminkin, riippuen pakkasasteista ja öljyn viskositeetista. Pakkasessa kangistunut öljy tulee nokille hitaammin ja kestää hetken ennen kuin se alkaa voidella pintoja. Pääsyy on kuitenkin riittämätön roiskevoitelu. Nokat eivät yksinkertaisesti saa riittävää voitelua tyhjäkäynnillä, kylmyys ja kylmäkäynnistykset lisäksi tehostavat tätä tapahtumaa. Tyhjäkäyntiä nostamalla voitaisiin osittain ehkäistä ongelmaa, mutta mielestäni se ei olisi oikea ratkaisu tähän, koska jo lakikin kieltää tyhjäkäynnin nostamisen liian suureksi. Moottorilla tulee siis olla normaalit tyhjäkäyntikierrokset, noin 800kr/min.



Kuva 1. Kuluma keinuvivun vastinpinnassa keskellä

Epäonnistuneen voitelujärjestelmän lisäksi mielestäni keinuvivut voisivat olla jopa 2 mm leveämpiä kuin alkuperäisinä ovat, sillä ne kuluttavat nokan profiiliin keskelle uran laahautuessaan (KUVA 2). Muutamankin millimetrin levennys tarkoittaisi huomattavasti pienempiä pintapaineita ja luultavasti paljon pidempää kestoikää.

Riittämättömään voiteluun viittaa myös se, että nokka-akselien profiilit eivät ole kuluneet tasaisesti, vaan yleensä ne ovat kuluneet samoista profiileista, saman paikan nokka-akseleista melkein kaikissa vaurioituneissa koneissa.



Kuva 2. Kuluneet nokka-akselit, profiileissa näkyy selvä ura kulumisesta

3 SUUNNITTELU JA OSIEN VALMISTAMINEN

Tarkoituksena on parantaa nokka-akselien ja keiuvipujen voitelua, joten luonnollinen vaihto on käyttää moottorin omaa öljyä. Moottorilohkon omia öljykanavia ja virtauksia on lähes mahdotonta muuttaa enää valamisen jälkeen, joten lisäkanavat tai putket ovat ainut realistinen mahdollisuus tuoda lisää öljyä nokille.

Moottorin oma öljypumppu ottaa käyttövoimansa mekaanisesti ketjulla kampiakselilta ja näin ollen, sen tuotto on suoraan verrannollinen moottorin kierrosnopeuteen. Yläpaine on tosin rajoitettu venttiileillä. Voitelu onkin riittävä, kunhan vain moottorissa on tyhjäkäyntiä enemmän kierroksia. Eli tarkoituksena on tuoda nokka-akselille lisää öljyä erityisesti pienillä kierroksilla, 0-1200 kierroksen välillä. Sähköinen öljypumppu on järkevä ratkaisu tähän, koska ylimääräisen mekaanisen pumpun asentaminen moottoriin olisi erittäin työlästä ja kallista, ehkä jopa mahdotonta tilahtauden takia. Sähköisen pumpun kanssa hankala asia onkin pumpun sijoittaminen, joka kuitenkin saadaan jonkin mahtumaan.

Öljy tullaan ruiskuttamaan nokka-akselille niiden yläpuolelta, venttiilikopan sisältä öljyputkilla, joissa on suihkureiät. Erityisen haastavan suihkujen suunnittelusta tekee erittäin pieni tila venttiilikoppien ja nokkapukkien välissä. Työläämpänä vaihtoehtona mietin jokaiselle profiilille tehtyä erillistä suihkua, mutta voideltavien kohteiden suuren lukumäärän takia tämä ensimmäinen vaihtoehto tuntui järkevämmältä.

Öljy tullaan ottamaan öljypohjasta, siitä putkistoa pitkin imevälle pumpulle, joka painistaa öljyn ja työntää sen nokka-akselille putkistoa pitkin. Öljy palautuu öljypohjaan moottorin omia alkuperäisiä kanavia pitkin. Putkiston mitoituksessa lähdin liikkeelle pumpun liittimien mukaan, jotka pumpun valmistaja on laskenut riittäviksi. Öljyähän kulkee teoreettisesti aina sama määrä riippumatta putken halkaisijasta, joten mitään minimihalkaisijaa en lähtenyt valitsemaan. Koska järjestelmässä tulee olemaan erittäin pieni virtaus ja suhteellisen pienet halkaisijakoot, tulee myös painehäviöt olemaan erittäin pienet (Valtanen E., 2008, 924-925).

Moottoriöljyn lämpötila voi nousta jopa 150 celsiusasteeseen, joka asettaa käytettäville osille ja materiaaleille omat vaatimuksensa. Normaali moottorin öljynlämpötila on 80-130 astetta (Mobil1, 2011, Voitelun tehtävät ja merkitys). Tämän moottorin lämpötilaksi saatiin mittauksessa kuormituksen jälkeen 20 °C:en ulkolämpötilassa noin 90 °C.

Testivaiheessa ilmenneistä ongelmista johtuen järjestelmän rakennetta oli pakko suunnitella uudestaan. Järjestelmän paineiden noustessa testeissä liian suuriksi ja siitä aiheutunut pumpun ylikuormittuminen poltti sulaketta ja vaati järjestelmään muutoksia. Pumpun maksimipainetta oli siis rajattava. Ensimmäisenä tuli mieleen pumpun pyörimisnopeuden alentaminen diodeilla, mutta koska itsellä ei tähän taitoa ollut, jätin asian sikseen. Jälkimmäisenä, ja toteutuneena, vaihtoehtona päätin asentaa paineputkistoon vastusventtiilin, jonka avautumispaine on 1,5 baria. Tällä tavoin se rajoittaa järjestelmän kokonaispaineen sopivalle tasolle. Vastusventtiilejä on valittavana usealla eri avautumispaineella. Venttiililtä ohjasin öljyn takaisin imuputkeen, josta se pääsi takaisin kiertoon. Nyt järjestelmän paine pysyy vakiona koko käytön ajan, sekä kylmällä että kuumalla öljyllä ja suihkujen antama öljysuihku on edelleen hyvä. Erilaisilla pumppu- ja vastusventtiilivariaatioilla saadaan paineistettua öljyä erilaisilla, erikokoisilla suihku-rei'ille.

3.1 Öljypumppu

Mekaanisesti voimanottavan öljypumpun asentaminen tähän moottoriin olisi erittäin työlästä, käytännössä mahdotonta. Siksi nopean mietinnän jälkeen sähköinen öljypumppu on paras valinta. Se on helpompi asentaa haluttuun paikkaan ja sen ohjaus olisi helppo toteuttaa sähköisesti. Auton oma sähköjärjestelmä toimii 12 voltin jännitteellä, joten järkevintä onkin valita myös öljypumppu joka toimii samalla jännitteellä. Yllätyksenä minulle tuli se, että tällaisia öljypumppuja ei olekaan tarjolla jokaisessa hydrauliiikkaliikkeessä. Pitkän etsinnän jälkeen löysin myyjän mukaan tarpeisiini sopivan rataspumpun hydrauliikkaliikkeestä, joka maahantuo näitä pumppuja.



Kuva 3. Öljypumppu suojarakenteessa. Kuvassa myös pumpun oma suodatin

Pumpun myyneen liikkeen mukaan, sen nimellistuotto on 6 litraa minuutissa ja käyttöjännite 12 voltia. Käytännössä pumpun toimintajännite tulee olemaan auton laturin antama jännite, eli hieman yli 14 voltia. Pumpun tuottamasta maksimipaineesta ei saanut tarkkaa tietoa, mutta myyjä arvioi sen olevan yhden barin luokkaa. Pumpussa on valmiina suodatin imupuolella, joka tullaan pitämäänkin siinä, jos se vain on tilan puolesta mahdollista. Se on helppo irrottaa ja puhdistaa tarvittaessa, eikä pumpulle tarvita muuta suodatinta. Jos suodatinta ei saada mahtumaan moottoritilaan, täytyy pumpulle laittaa suodatin tai sihti imuputkeen. Pumpun sisään ja ulos on 3/8 tuuman sisäkierrrellitokset. Pumppu on melko pieni mitoiltaan, mikä mahdollistaa sen asentamisen pieneenkin tilaan. Pumpun korkeus on noin 15 cm ja halkaisija noin 8 cm.

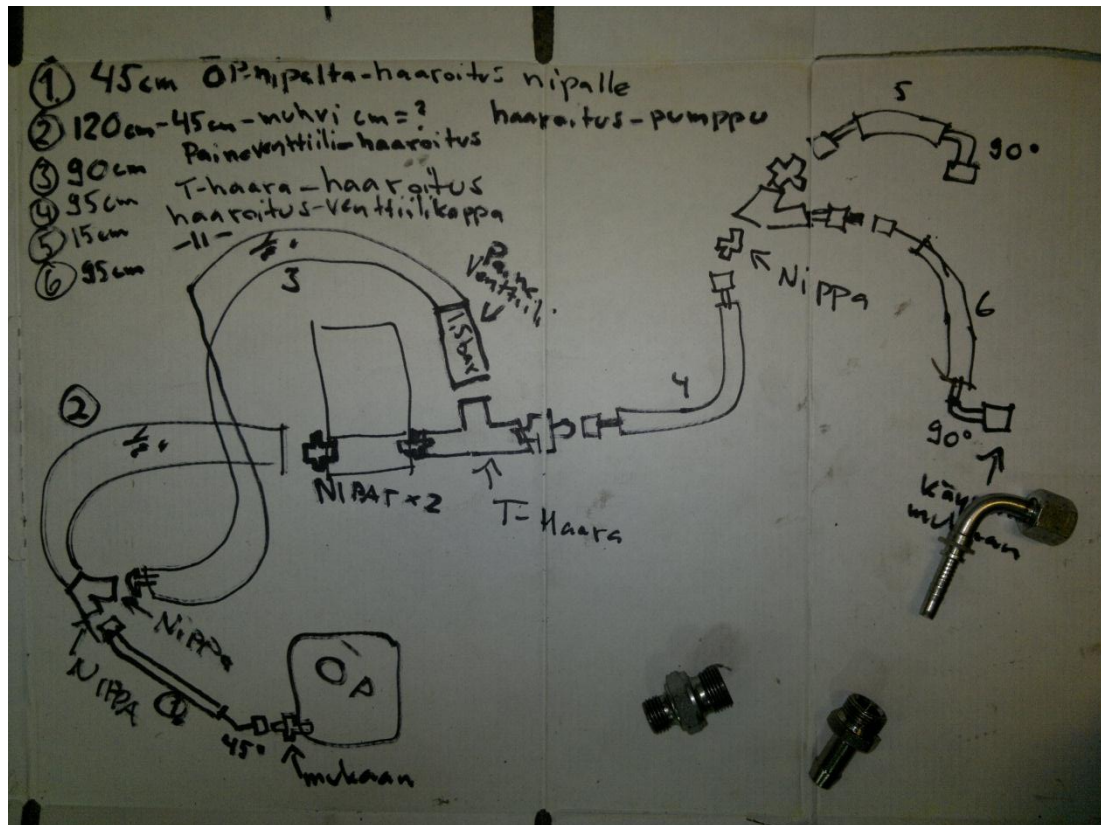


Kuva 4. Marcon valmistama UP3- öljypumppu

Testeissä ilmenneistä ongelmista johtuen, jouduin nopeasti etsimään lisätietoa tästä pumpusta. Pumpun valmistaja ja lisätiedot löytyivät suojakuoren alta. Purkaessa pumpun suojakuorta löysin siitä valmistajan ilmoittamat merkinnät, joissa pumpun sallitaksi maksimipaineeksi ilmoitetaan 2 baria. Valmistaja ilmoittaa internetsivuillaan selvästi pumpun olevan tarkoitettu kevyiden öljyjen pumppaukseen ja tässä tapauksessa se olikin vääränlainen. Tässä tapauksessa oikean pumpun tilaamiseen ei ollut aikaa. Samalta valmistajalta löytyy myös raskaalle öljylle tarkoitettuja öljypumppu, tosin hieman erilaisilla liitännöillä. Pumpuksi tulisi valita tällainen öljypumppu, joka jaksaa pumpata myös hieman jäykempää öljyä kuormittumatta liikaa. Pumpuntuotto tulee valita käytettävän vastaventtiilin salliman maksimipaineen mukaan. Suuremman paineen salliva vastaventtiili tarkoittaa, että pumpun tulee kestää kovempaa painetta ja samalla sillä tulee olla suurempi tuotto. Oikea pumppu tähän tarkoitukseen olisi ollut esimerkiksi Marcon valmistama UP12/OIL- öljypumppu (MARCO S.p.A., 2011, Marine products).

3.2 Putkisto

Pienistä paineista johtuen koko järjestelmässä riittäisi myös tavalliset klemmariliitokset, mutta johtuen käyttökohteesta ja siihen tarvittavasta käyttövarmuudesta, tulee kaikki putket kiinnittää kierrelitoksilla. Letkuiksi tulee hydraulikkaletkua, joka kestää kuuman öljyn (LIITE 2). Tässä tapauksessa valitsin Dunlop Hiflexin T122- letkun, hieman kalliimpana vaihtoehtona 814AE COMMANDER- letku olisi ollut varmempi, sen suuremman lämmönkeston takia. Mutta koska järjestelmän paine ei yllä kuin sadasosaan letkujen kestävästä työpaineesta, ajattelin letkun kestäväen hieman sallittua suurempaa lämpökuormitusta. Kaikki liittimet tullaan prässäämään hydraulikkaliikkeessä putkiin kiinni valmiisiin mittoihin. Kaikki liittimet oli suunniteltu valmiiksi, mutta putkien pituudet selvisivät vasta asennusvaiheessa, kun päästiin kunnolla tutkimaan niiden erititismahdollisuuksia. Prässättyjen liittimien etuina on myös niiden helppo asennettavuus, johtuen ”irralisista” muttereista. Näiden muttereiden ja valmiiksi taivutettujen kulmien kanssa asentaminen on erittäin vaivatonta ja nopeaa.



Kuva 5. Karkea putkistosuunnitelma, autonkorjaushalleissa on harvemmin mahdollisuutta kirjata tuloksia suoraan sähköiseen muotoon. Muistiinpanot ja suunnitelmat toimivat hienosti myös käsin piirrettyinä

Imupuolella, eli öljypohjan ja öljypumpun välillä, käytetään 3/8" sisähalkaisijaltaan olevaa hydraulikkaletkua, johon saadaan prässättyä kierreliittimet. Vaihtoehtona mietin öljypohjaan asennettavaa läpivientä, josta öljy sitten imettäisiin pumpulle. Läpivientä varten tulisi öljypohjaan porata reikä. Paras kohta reiän poraamiseen olisi öljypohjan takalaidassa, jossa on myös riittävästi tasaista pintaa. Kuitenkin tasaisesta pinnasta huolimatta, ei läpivientä ollut mahdollista asentaa öljypohjaan tilahtauden takia. Ainut vaihtoehto olisi ollut asentaa se öljypohjan alaosaan, melkein tietä vasten, mikä jo valmiiksi matalassa autossa ei olisi ollut pitkäikäinen ratkaisu.

Mietittyäni asiaa päätin ottaa öljylähdön öljypohjan tyhjennyspropusta, jossa oli valmiit 1/4" -sisäkierteet. Helpolla ei selvitty tälläkään tavalla. Suhteellisen pienen reiän takia hydraulikkaliikkeestä ostettua välinippaa jouduttiin muokkaamaan, jotta öljy varmasti tulisi riittämään pumpulla. Sen alkuperäinen sisähalkaisija oli 6 mm, joka sitten työstettiin poraamalla 9 mm:seksi.



Kuva 6. Muokattu öljypohjaan tuleva välinippa vasemmalla. Kuvassa oikealla vertailun vuoksi muokkaamaton, tosin hieman pienempikokoinen vastaava välinippa

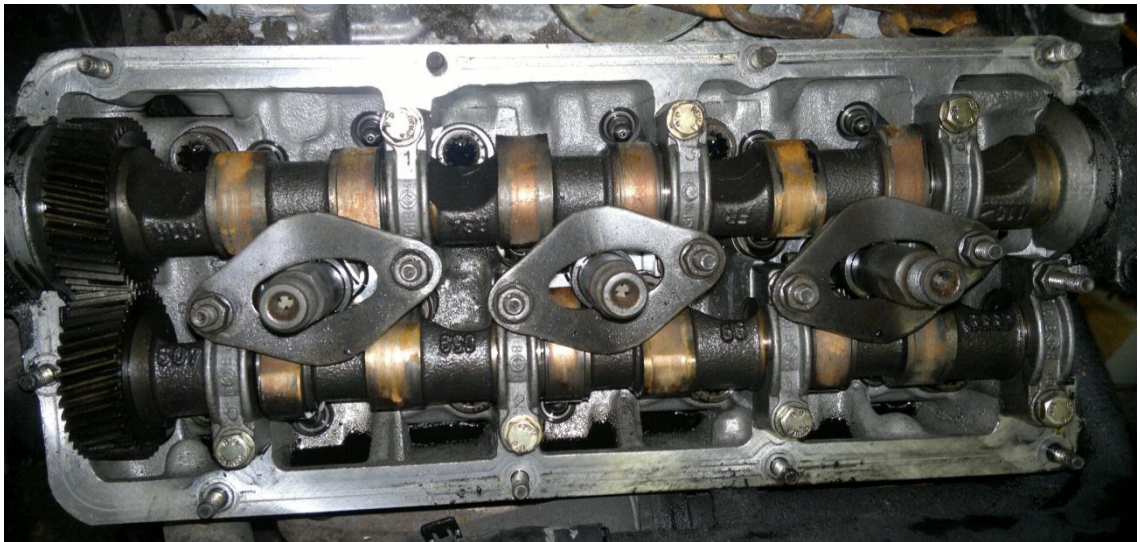
Koska nämä nipat on tarkoitettu järjestelmiin joissa paineet ovat useampia satoja bareja, ei tästä seinämän ohenuksesta aiheudu vaaraa luotettavuudelle, vaan se tulee kestämään hyvin olemattoman imupaineen. Tällä tavalla toteutettuna säästyttiin myös öljypohjan työstämiseltä, joka nopeuttaa ja helpottaa asentamista huomattavasti.

Testauksessa ilmenneistä ongelmista johtuen, imuputkeen tuli lisäksi Y-haaroitus. Vastusventtiililtä ohjataan ylimääräinen öljy tähän, josta se imeytyy takaisin kiertoön. Haaroitus tehtiin tarkoituksella hieman kauemmaksi pumpusta, jotta öljynpaine kerkeää tasaantua hieman, ennen kuin se palaa pumpulle uuden öljyn seassa. Testauksen yhteydessä ilmi tulleista ongelmista kerron tarkemmin kappaleessa 6.

3.3 Öljysuihkut

Suihkujen tarkoitus tässä projektissa on ruiskuttaa öljy oikeaan kohtaan nokka-akseleille. Tässä moottorissa on neljä nokka-akselia, kaksi kummallekin kannelle. Venttiilejä on kokonaisuudessaan 24, kuusi jokaista nokka-akselia kohden. Tässä tapauksessa ei öljyn tarvitse tulla nokan profiilille sumuna, vaan riittää että se tulee suihkuna tai tippoina, koska öljy kyllä levittää itsensä laskeutuessaan koko profiilille. Koska voideltavia profiileja on näinkin monta, niin jokaiselle oman suihkun suunnittelu ja asentaminen olisi työlästä. Mielestäni paras vaihtoehto onkin suunnitella suihkuputket jokaisen nokan

yläpuolelle, josta öljy suihkuaisi nokille. Jokaiselle nokanprofiilille tulisi oma suihku-reikä. Tilaa ei venttiilikopan alla ole liiaksi, mutta tarkalla mitoituksella ja oikeankokoisilla suihkuputkilla se on mahdollista. Kansien rakenne on toistensa pelikuvat ja näin molemmin puolin suihkuputket ovat täsmälleen identtisiä. Suihkuputken sisääntulon kohdaksi valitsin kannesta päädyn jossa ei ole hammaspyöriä. Hammaspyörillä välitetään voima toiselle nokka-akselille. Ero asennettaessa suihkuputkia tulee siinä, että suihkuputket asennetaan molemmin puolin, suihkuputken mutka kohti hammaspyöriä. Vasemmanpuolen kannessa rattaat ovat etupuolella ja oikeanpuolen kannessa takapuolella. Näin saadaan molemmat suihkuputket käymään samanlaisina molemmille puolille, eroavaisuutena läpivientireikä venttiilikopassa ja samalla sisään tulevan putkiston kohta. Suihkuputkien suunnittelua helpotti huomattavasti minulla ylimääräisenä ollut vastaava moottori, johon pystyin suihkuja suunnittelemaan.



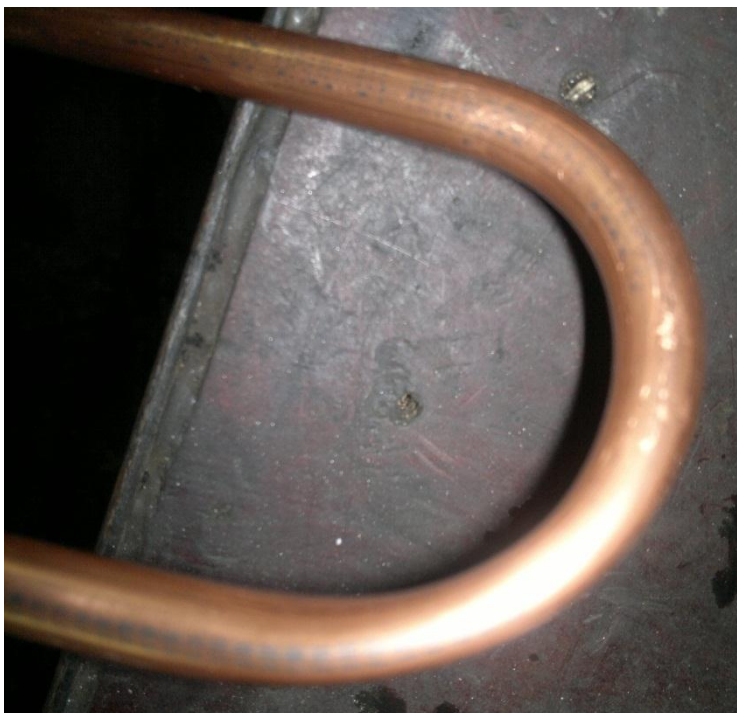
Kuva 7. Kannen ja nokka-akselien rakenne

Sinkittyä terästä oleva putki on hyvä aihio öljysuihkuille: sitä saa useassa eri koossa ja se on helppo työstää halutunlaiseksi. Työstäminen tarkoittaisi tässä tapauksessa putken taivuttamista, putkenpään sulkemista ja suihkureikien poraamista. Myös kupariputkea harkitsin, lähinnä sen helpon taivuttamisen takia, mutta varsinkin löijätty kupariputki lommahtaa helposti sitä taivuttaessa. Suihkuputken rakennetta miettiessä kävin läpi kaikki mahdolliset vaihtoehdot. Putken olisi voinut taivuttaa kokonaisuutena venttiilikopasta ulos mutta silloin ainut liitännävaihtoehto olisi ollut helmiliitos, joka taas ei ole purettava. Tässä tapauksessa suihkuputken olisi pitänyt jäädä kiinteästi venttiilikoppaan kiinni, jota taas en halunnut. Toki suihkuputkeen olisi voinut tehdä myös ulkokierteen vent-

tiilikopan ulkopuolelle, mutta silläkin se olisi mennyt melko työlääksi, ja mielestäni käyttövarmuus olisi kärsinyt siitä. Kierre olisi pitänyt tehdä hienona 10x1mm ja silläkin putken seinämävahvuus olisi pienentynyt huomattavasti. Lisäksi liitokseen olisi tullut monta erilaista välinippaa.

Halusin pitää putken sisähalkaisijan suhteellisen kookkaana, eli 7 millimetrinenä, siitä syystä että suihkuputki toimii öljylle eräänlaisena purkaussäiliönä, joka täyttyy öljystä, eikä vain kuljeta sitä. Tällä haluttiin varmistaa se, että öljyä riittää varmasti myös viimeisimmille rei'ille, eikä se vain valu pois suihkuputken alkupään suihkurei'istä. Toki tähän vaikuttaa myös suihkureikien halkaisija.

Tulin lopulta siihen tulokseen, että 10x1,5 teräsputki on paras aihio suihkuputkeksi. Oikeanlaisella taivuttimella sen muotoileminen oli erittäin helppoa, jopa hieman alle 3 cm:n säteellä, jota myös tässä käytettiin. Putkeen tulee kaksi taivutusta, ensimmäinen alkaa suoran osuuden kohdalla 240 mm, jota taivutetaan 180 astetta tässä tapauksessa hieman alle 3 cm:n säteellä. Toinen taivutus alkaa puolikaaren jälkeen 150 mm:n kohdalla ja taivutus on noin 7 asteen suuruinen sisäänpäin. Yhdessä läpiviennin kanssa tämän viimeisen osuuden pituudeksi tulee noin 70 mm. Kaikki taivutukset tapahtuvat samassa vaakatasossa (LIITE 1).



Kuva 8. Kupariputki taivutettuna, kuva vääristää, oikeasti putki on pahemmin lommolla

Tilanahtaus venttiilikoppien alla on merkittävästi rajoittava tekijä, korkeussuunnassa on tilaa noin 1,5 cm. Vaihtoehtoina on kiinnittää suihkuputki nokka-akselin laakeripukkeihin, jolloin suihkuputket jäisivät kiinteästi kiinni niihin venttiilikoppaa irrottaessa. Vaikeuksia aiheutui läpiviennin kanssa, josta tosin selvittiin. Toisena vaihtona oli kiinnittää suihkuputket kiinteästi venttiilikoppaan, jolloin sitä ei tarvitsisi irrottaa erikseen kopasta. Lisäksi jälkimmäisessä vaihtoehdossa putkiliitosten tekeminen helpottuu huomattavasti. Liitos voidaan valmistaa tavallisella hydrauliiikan helmi-liitoksella, jossa helmi ja mutteri jäävät kiinni putkeen, ilman irrotusmahdollisuutta. Huomion arvoinen asia on se, että kun suihkuputket laitetaan kiinni venttiilikoppaan, kasvaa etäisyys suihkureikien ja nokanprofiilien välillä. Eli suihkureikiä valmistettaessa tulisi kiinnittää niiden oikeaan suuntaan enemmän huomiota.



Kuva 9. Suihkuputki asennettuna paikoilleen

Päädyn kuitenkin kiinnittämään suihkuputket nokkapukkeihin, tarkoitukseen sopivilla putkenkiinnityslenkeillä. Suihkuputki tulee kiinni neljällä kiinnityslenkillä nokkapukkeen pulttien alle. Nokkapukkien pultit kiristetään samaan arvoon kuin aikaisemminkin. Asennuksen ja purkamisen mahdollistaa 90 asteen läpivienti, josta jouduttiin muokkaamaan vastinpintaa alemmaksi, koska tilaa ei ole korkeussuunnassa ollut muuten riittä-

västi. Suihkuputki hitsattiin kiinni läpivientiin, koska kaikki muut liittotyypit joita mietin, joilla suihkuputken olisi saanut kiinnitettyä läpivientiin, olisivat olleen liian kookkaita.



Kuva 10. Hydraulikkaliikkeestä ostettu ja siitä muokattu läpivienti



Kuva 11. Suihkuputki hitsattuna kiinni läpivientiin

Nyt kun suihkuputket oli vihdoin saatu paikoilleen kestävästi, alkoi suihkureikien paikoittaminen. Suihkuputki jätettiin paikoilleen ja siihen merkattiin profiilien kohdat, joihin reiät tulisi tehdä. Jokaiselle profiilille porattiin oma suihkureikä, kohdistettuna suo-

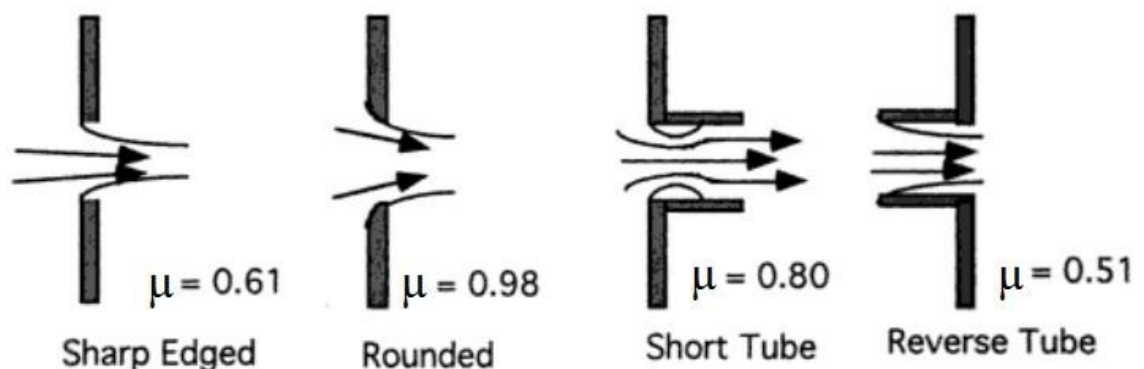
raan nokka-akselin keskikohtaan. Tämä tarkoittaa sitä että läpiviennin puoleiset suihkureiät ovat kohtisuoraan alaspäin ja toisen puolen suihkureiät ovat 60 asteen kulmassa osoittaen hieman sisälle päin. Suihkureiän halkaisijaksi tuli 1 mm, ja siitä paineessa tuleva öljyvirtaus on riittävä tähän tarkoitukseen.

Reiät valmistettiin pylväsporakonetta käyttäen. Suihkuputkenpää tukittiin tekemällä siihen M8-sisäkierre, ja asentamalla siihen M8x10 kuusiokolopultti kierrelukitteen kanssa.



Kuva 12. Suihkureiät suihkuputkessa

Laskin suihkureikien halkaisijat myös teoriassa. Suihkureiän purkauskertoimen valitsin sen muodon perusteella (Summers A., 1995, Waterjetting technology) käyttämällä vertailuna veden erilaisia purkauskertoimia, jotka varmasti tässä tapauksessa toimivat kun kyse on kuitenkin nesteestä.



Kuva 13. Suihkureiän muotokertoimet (Summers, A. 1995, Waterjetting technology, 59, muokattu)

Putkeen porattu reikä on lähimpänä pyöristämätöntä reikää. Öljyntiheyden valitsin käytettävän öljyn Mobil1 0W-40 perusteella (Mobil1, 2011, Henkilöautojen moottoriöljyt).

Purkauskertoimen kaavalla (Fonselius, J. 1993, Koneautomaatiikka, hydraulikka) laskin teoreettisen öljyvirtauksen määrän 1,5 barin paineella, 1 mm:n halkaisijalla olevalle suihkureiälle ja virtaukseksi tuli vajaa 13 l/min (KUVA 14, Q_{skok}). Tämä riittää hyvin.

$$\text{Purkauskerroin } \mu := 0.61 \quad \text{Tiheys } \rho := 855 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Halkaisija } D_{\text{test}} := 1.0\text{mm} \quad \text{Paine } p := 1.5\text{bar} = 0.15\text{MPa} \quad p_2 := 2.5\text{bar} \quad D_{\text{test}2} := 0.5\text{mm}$$

$$\text{Suihkun pinta-ala} \quad S_{\text{at}} := \left(\frac{D_{\text{test}}}{2}\right)^2 \cdot \pi = 0.785 \cdot \text{mm}^2 \quad S_{\text{at}2} := \left(\frac{D_{\text{test}2}}{2}\right)^2 \cdot \pi = 0.196 \cdot \text{mm}^2$$

$$\text{Yhden suihkun virtaus} \quad Q_{\text{st}} := \mu \cdot S_{\text{at}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot p}{\rho}} = 0.538 \cdot \frac{1}{\text{min}} \quad Q_{\text{st}2} := \mu \cdot S_{\text{at}2} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot p_2}{\rho}} = 0.174 \cdot \frac{1}{\text{min}}$$

$$\text{Yhteenlaskettu virtaus} \quad Q_{\text{skok}} := 24 \cdot Q_{\text{st}} = 12.923 \cdot \frac{1}{\text{min}} \quad Q_{\text{skok}2} := 24 \cdot Q_{\text{st}2} = 4.171 \cdot \frac{1}{\text{min}}$$

Kuva 14. Suihkureikien teoreettinen mitoittaminen MathCadilla

Vertailun vuoksi laskin myös toisen virtauksen määrän 2,5 barin paineella ja 0,5 mm:n suihkureiän halkaisijalla. Virtaukseksi tulee tällaisella variaatiolla 4,2 l/min (KUVA 14, $Q_{\text{skok}2}$).



Kuva 15. Suihkuputki asennettuna, tilaa ei todellakaan ole paljoa.

Venttiilikoppiin tehtiin 15 mm:n reiät täsmälleen samaan kohtaan peilattuina. Paikoitukseksi käytettiin venttiilikopassa kiinteinä olleita M6-ruuveja, jotka poistettiin ja joidenka tilalle reiät tehtiin. Nämä M6-ruuvit on alun perin tarkoitettu johtonippujen kiinnittämiseen, mutta koska tämä oli niin hyvä referenssipiste läpiviennin paikoitukselle, päätin kiinnittää johdotukset eritavoin, vaikka nippusiteillä. Helppo paikoitus ja tasainen pinta varmistavat tiiveyden asennettaessa kuparirikkojen kanssa. Läpivienti kiristetään venttiilikopan asentamisen jälkeen ulkoapäin 1/4"- mutterilla, käyttämällä välissä kuparirikkoja. Läpiviennin sisähalkaisija on 6 mm, joka on myös koko järjestelmän ”ahtain” kohta.



Kuva 16. Venttiilikopat muokattuina. Kuvasta näkee että venttiilikopat ovat muodoltaan samanlaisia, ne vain asennetaan eripäin.

3.4 Muut tarvikkeet

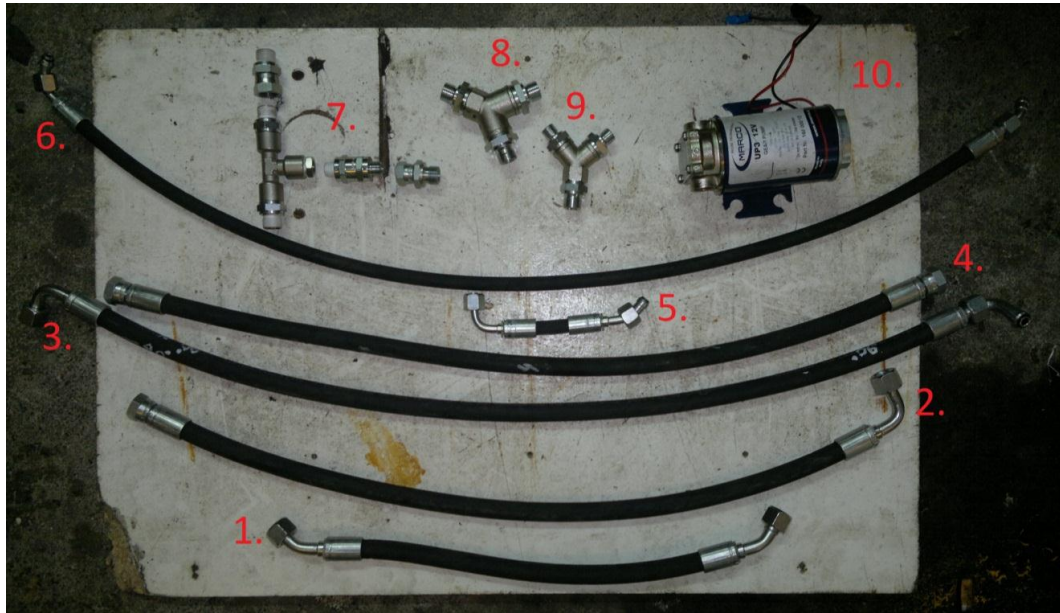
Testivaiheessa käytettiin painemittaria järjestelmässä, koska siinä vaiheessa ei vielä tiedetty vastusventtiilin tarpeesta. Paineen avulla voidaan tarvittaessa laskea teoreettisia virtausarvoja suihkurei'ille. Lisäksi tarvitaan haaroitusmuhvi imuputkeen, haaroitusmuhvi paineputkeen ja välinipat näiden muhvien sisäkierteiden muuttamiseksi ulkokier-teiksi. Haaroitusten ja nippojen välissä käytettiin asennuksessa putkitekippä, joka tiivistää liitokset.



Kuva 17. Öljynpainemittari testijärjestelmässä

4 ASENNUS

Asennusta varten tilasin venttiilikopille uudet tiivisteet. Moottorista purettiin pois moottorin suojamuovi, polttoaineen suihkuputket, polttoaineen ylivuotoputket ja lopuksi venttiilikopat.



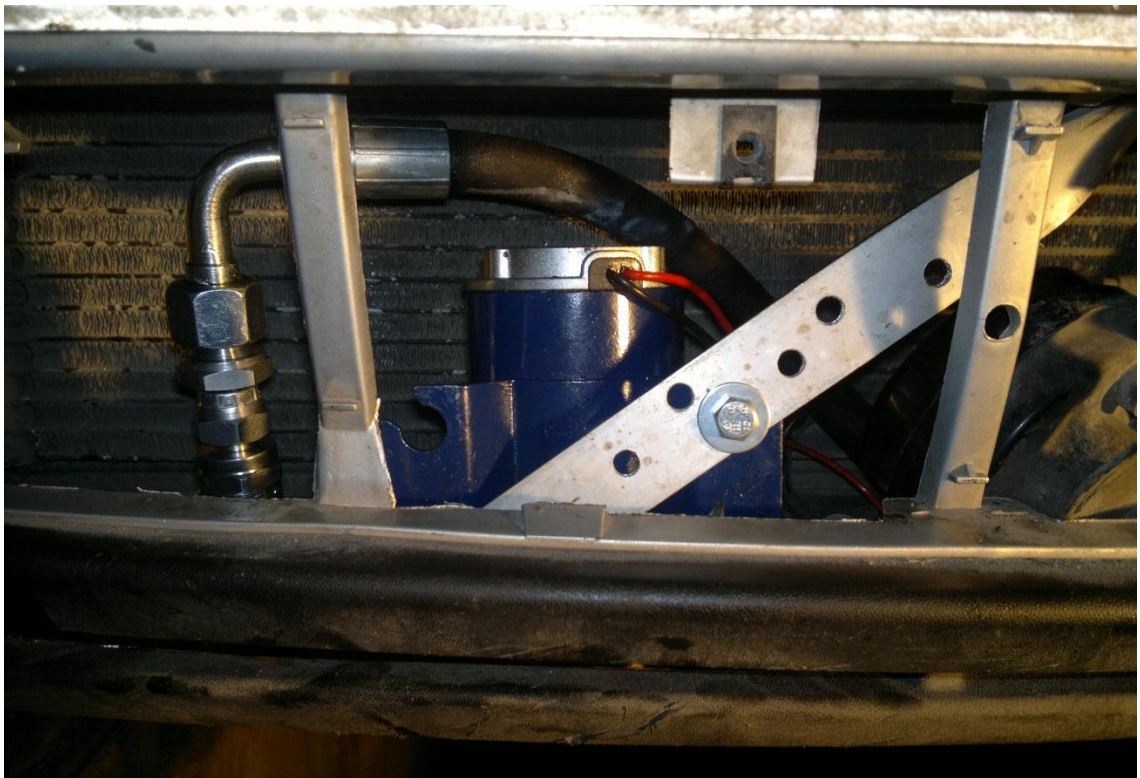
Kuva 18. Kuvassa öljyletkut, öljypumppu, välinippoja, haaroitusmuhveja sekä vastusventtiili (Numerot viittaavat liitteeseen 3)



Kuva 19. Järjestelmä kasattuna, tosin ilman suodatinta ja suihkuja

4.1 Öljypumppu

Öljypumpun suojarakenne poistettiin tilan säästämiseksi. Pumppu tulee asentaa mahdollisimman lähelle öljypohjaan, jotta sen imukorkeus olisi mahdollisimman pieni, samalla imuputken pituus pystytään pitämään mahdollisimman lyhyenä. Paras paikka pumpulle on etupuskurin ja jäähdyttimen välissä. Imuputken kokonaispituudeksi tulee noin 1,2 metriä. Paikka on erittäin hyvä, pumppu mahtuu tähän hienosti ja kaikki letkut, suodatin ja liittimet jäävät suojamuovien alle suojaan.



Kuva 20. Öljypumppu asennettuna keulalle

Pumpulle tehtiin kiinnitysrauta puskurinpalkkiin latta-alumiinista. Kiinnitys on helppo järjestää millä tahansa lattaosalla jossa on taivutettu kulma välillä 0-90 astetta. Tällainen latta on helppo kiinnittää puskurin sisällä olevaan palkkiin tavallisella pultiliitoksella. Itse asensin kiinnityslatan äänimerkin kiinnityspulttiin.

4.2 Putkisto

Kaikkien putkien pituudet tarkistettiin vasta tässä vaiheessa, siitä syystä että on mahdollista tietää tarvittavia mittoja ilman piirustuksia moottoritolasta. Kun tiedetään pumpun tarkka paikka, pystytään putket valmistamaan suoraan juuri oikean mittaisiksi (LIITE 3). Öljypohjalta imuputki vietiin puskurin sisälle alaosaan vasempaan etukulmaan, jossa se myös haaroitettiin y-haaralla. Y-haaralta pumpulle putki kulkee puskurin sisällä alaosassa. Samaa reittiä tulee myös vastusventtiililtä tuleva paluuputki, joka liittyy tähän samaan Y-haaraan. Myös liittimien kulmat valittiin vasta tässä vaiheessa, 90 asteen liitin mahtuu erilaiseen paikkaan kuin suora.

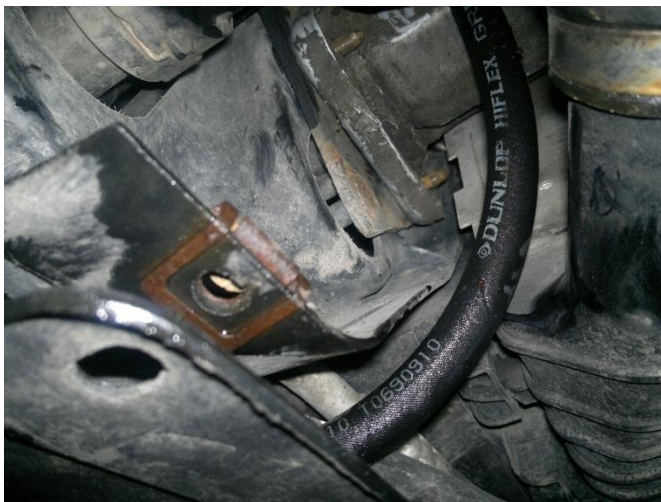


Kuva 21. Lähtö öljypohjasta imuputken kanssa. Kuvassa näkyy hyvin myös kuinka nätisti putket jäävät piiloon puskurin sisään



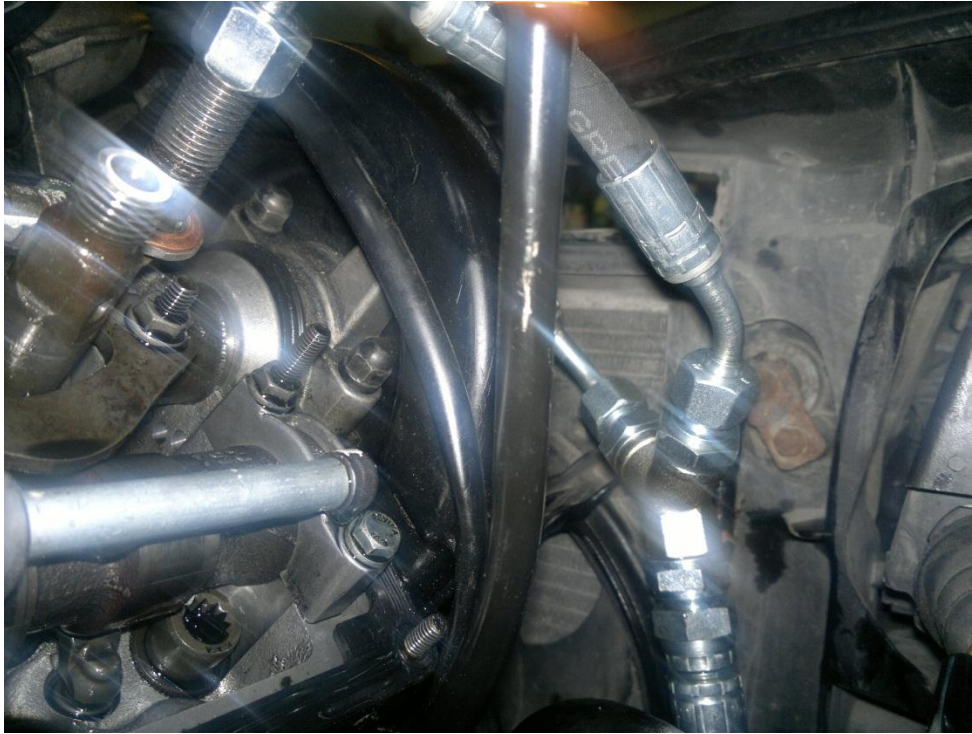
Kuva 22. Puskurin sisällä pumppu ja letkut asennusvaiheessa

Järjestelmä oli erittäin helppo kasata puskurin sisään. Tai halutessaan sen saa asennettua myös kokonaisena, raottamalla etupuskurin alaosa, työntämällä sen alaosan ja palkin välistä kokonaisena puskurin sisään.



Kuva 23. Letku nousee moottorin oikeasta alakulmasta ahtoputken vierestä konehuoneen yläosaan

Järjestelmän putkireitityksistä olen erityisen tyytyväinen. Kaikki putket jäivät hyvin suojaan muovien alle, asentaminen oli helppoa ja mitään häiritsevää ei jäänyt näkyville. Käytännössä ainoat putket jotka jäivät näkyviin, olivat paineputket, joilla öljy tuodaan venttiilikopille (KUVA 26).



Kuva 24. Y-haaroitus paineputkessa. Putki nousee moottorin oikealta etupuolelta ylös

4.3 Öljysuihkut

Öljysuihkujen asennuksessa ei ollut mitään ongelmia, koska suihkut pystyin suunnittelemaan valmiiksi asti toiseen moottoriin, joka minulla oli hankittuna. Suihkujen kiinnittämistä varten tarvitsi siis ottaa neljä M6-pulttia irti, joilla nokkapukit ovat kiinni. Pultteihin pujotettiin suihkuputken kiinnityslenkit ja ne asennettiin takaisin paikoilleen. Nokkapukkien pultit, joiden alle kiinnityslenkit tulivat, kiristettiin samaan 10 Nm:n momenttiin, johon ne oikeastikin kuuluisivat (AUTODATA, 2009). Venttiilikopille laitettiin samalla uudet tiivisteet. Venttiilikopat oli työstetty jo valmiiksi irrallaan olleeseen moottoriin, joten nekin periaatteessa vain vaihdettiin paikalleen.

Testauksen jälkeen venttiilikopat asennettiin paikalleen. Kummallekin puolelle venttiilikoppaa läpivientiin asennettiin kuparialuslevyt, jotka estävät öljyn vuotamisen ulkopuolelle (KUVA 25). Lisäksi mutterin alle laitettiin väliholkit, koska kierre ei läpivienissä yltänyt tarpeeksi syväälle. Halutessaan kierrettä olisi voinut jatkaa ja näin väliholkia ei olisi tarvinnut käyttää.



Kuva 25. Lämpivienti venttiilikoppaan



Kuva 26. Järjestelmä asennettuna, ylimääräisiä putkia hädin tuskin huomaa kuvasta, lisäksi moottorin päälle tulee vielä suojamuovi

5 OHJAUS

Öljypumppua tullaan ohjaamaan sähköisesti, siten että se lähtisi pyörimään heti kun virrat laitetaan päälle autoon. Koska moottorin oman öljypumpuntuotto on riittävä suuremmilla kuin tyhjäkäyntikiirroksilla, tulee sähköisen pumpun sammua esimerkiksi kierrosnopeuden ollessa 1200 minuutissa tai sen yli. Tällä vältetään tilanne, jossa kaksi öljypumppua työntäisi öljyä yläkertaan yhtä aikaa maksimituotolla ja öljy öljypohjassa loppuisi. Kun pumppu on ohjelmoitu edellä mainitulla tavalla, tulee voitelujärjestelmä toimimaan halutulla tavalla ja voitelun määrä on riittävä kokonaisuudessaan käynnistyksestä suuremmille kierrosnopeuksille.

Pumpun ohjaussignaali voitaisiin ottaa sähköisesti joko laturilta, kierrosnopeutena tai sähköiseltä kaasupolkimelta. Auton omasta sähköjärjestelmästä ohjauksen ”ryöstäminen” saattaisi kuitenkin muuttaa auton oman moottorinohjauksen toimintaa, ja siksi tuli mietittyä myös muunlaista vaihtoehtoista ohjausta. Halusin tehdä ohjauksesta mahdollisimman yksinkertaisen ja toimivan. Moottorinohjaukseen puuttuminen vaatii jo hieman enemmän ammattitaitoa.

Koska moottorin öljynpaine on tunnettu eri kierrosnopeuksilla ja turbolle tulevassa öljyputkessa on yksi ylimääräinen anturipaikka, voisi mekaaninen ohjaus öljynpaineesta olla kaikista paras vaihtoehto. Moottorinkäyntinopeuden ollessa 2000 krs/min tulisi öljynpaineen olla minimissään 2 baria (AUTODATA, 2009), joten tyhjäkäynnillä sen tulisi olla tätä huomattavasti pienempi. Tämä paineen arvo tullaan vielä tarkastamaan mittaamalla, sekä kylmällä että täysin kuumalla moottorilla, mittarilta saatava arvo on kaikista tarkin painekytkimen raja-arvoa valittaessa. Turbon öljyputkessa sijaitseva ylimääräinen anturipaikka on kierteellä 10x1 mm. Öljyputki on maadoitettu moottorin kautta koriin ja sen takia käyttöön soveltuu myös itsemaadoittuva painekytkin. Ohjauksessa anturi katkoisi maa-signaalia. Varaosamyymälästä löytyi useita eri kytkeytymispainevaihtoehtoja tällaiselle paineanturille. Kun öljynpaineen maksimiarvo tyhjäkäynnillä on selvitetty, otetaan siitä hiukan korkeamman kytkeytymispisteen painekytkin. Paineekytimestä tuodaan ohjaus releelle, joka pyörittää pumppua. Pumppua ohjaava rele on normaaliasennossa jatkuvasti päällä, ja sitten kun painekytkin kytkeytyy, se katkaisee virran pumppulta. Tämän releen plusvirtaa ohjataan toisella releellä, joka kytkey-

tyy päälle, kun virtalukossa avain käännetään ON-asentoon. Tällä toteutuksella pumppu pyörii aina silloin kun paine on alle kytketymispisteen ja virtalukko on ON-asennossa. Toteutus on yksinkertainen ja sen pitäisi olla erittäin luotettava.



Kuva 27. Releet, varoke ja poiskytkin asennusvaiheessa

Järjestelmään tullaan laittamaan varoke, joka mahdollisen ylikuormittumisen takia suo-
jaa pumppua vaurioilta. Asensin järjestelmään myös katkaisijan, kaiken varmuudeksi
(KUVA 27).

Tarkastaessa moottorin omaa öljynpainetta, huomattiin että paineet ovat huomattavasti
oletettua suuremmat. Jo tyhjäkäynnillä paineet olivat noin 2,2 bar ja 2000 krs/min koh-
dalla jo 4 bar. Halutulla pumpun pysähtymisalueella eli noin 1200 krs/min kohdalla,
öljynpaine oli noin 3,2 baria. Kylmän moottorin painetta mitatessa tyhjäkäynnin korotus
itsessään nostaa jo paineita melkein 3 bariin. Tarvitsin siis painekytkimen, jonka kyt-
keytymisraja oli noin 3-3,5 baria. Autovaraosaliikkeistä tällaista ei valitettavasti löyty-
nyt, ei myöskään säädettävää mallia. Lähimmäksi pääsi painekytkin, jonka raja on 2,5
baria. Tämä oli myös ollut valmiiksi oikealla kierteellä ja erittäin edullinen. Hydraulii-
kaliikkeestä löytyi kuitenkin säädettävä malli, jonka kytketymisarvoa pystyi säätämään
välillä 0-10 bar. Tämä olisi paras ja helpoin tapa saada kytkin toimimaan halutulla taval-

la, oikeaan aikaan. Paras kytkeytymisarvo olisi vähän yli 3 baria, tällöin pumppu pyörisi myös kylmällä että lämpimällä moottorilla noin 1200 kierrosnopeuteen asti.



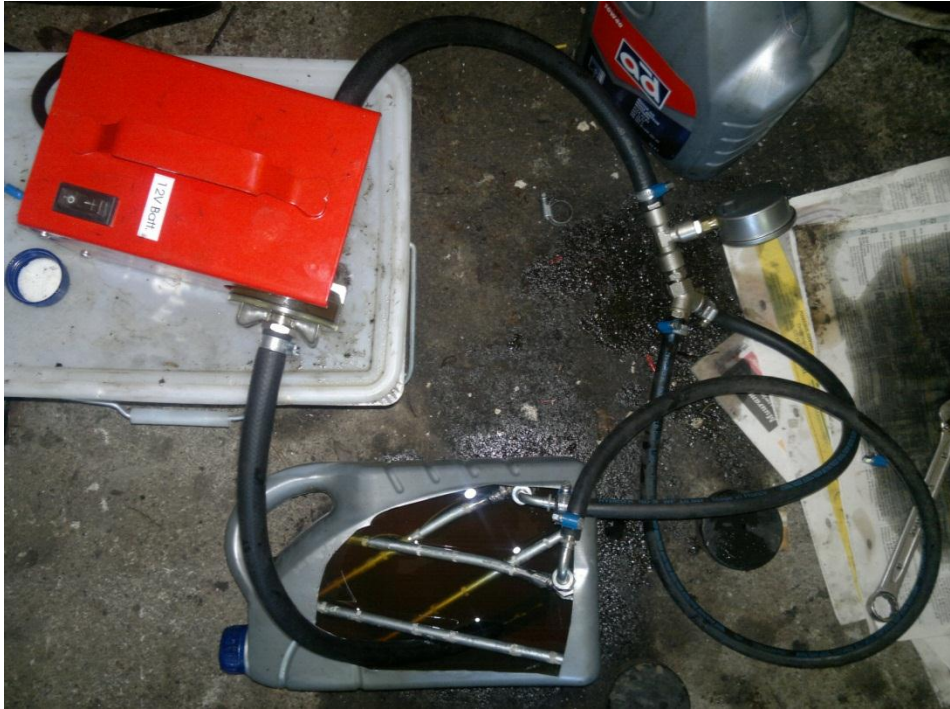
Kuva 28. Kuvassa kolmesta anturista oikeanpuoleisimpana painekytkin asennettuna turbon öljyputkeen

6 TESTAUS

Järjestelmä testattiin jo ennen asennusta ilman vastusventtiiliä ja paluuputkea. Valmiin järjestelmän paineeksi tuli 0 asteisella öljyllä noin 3,2 baria. Suihkujen muoto näytti hyvältä ja oli jokaisessa suihkussa tasainen. Testailin myös erikokoisia suihkureikiä, mutta jo heti alussa tuli selväksi että 1 mm:n suihkureikä tulee riittämään mainiosti. Reikä olisi voinut olla pienempikin, mutta sitten sen valmistaminen kotikonstein olisi vaikeutunut huomattavasti. Jo 1 mm:n suihkureikien poraaminen oli vaikeaa terien rikkoutumisen takia.

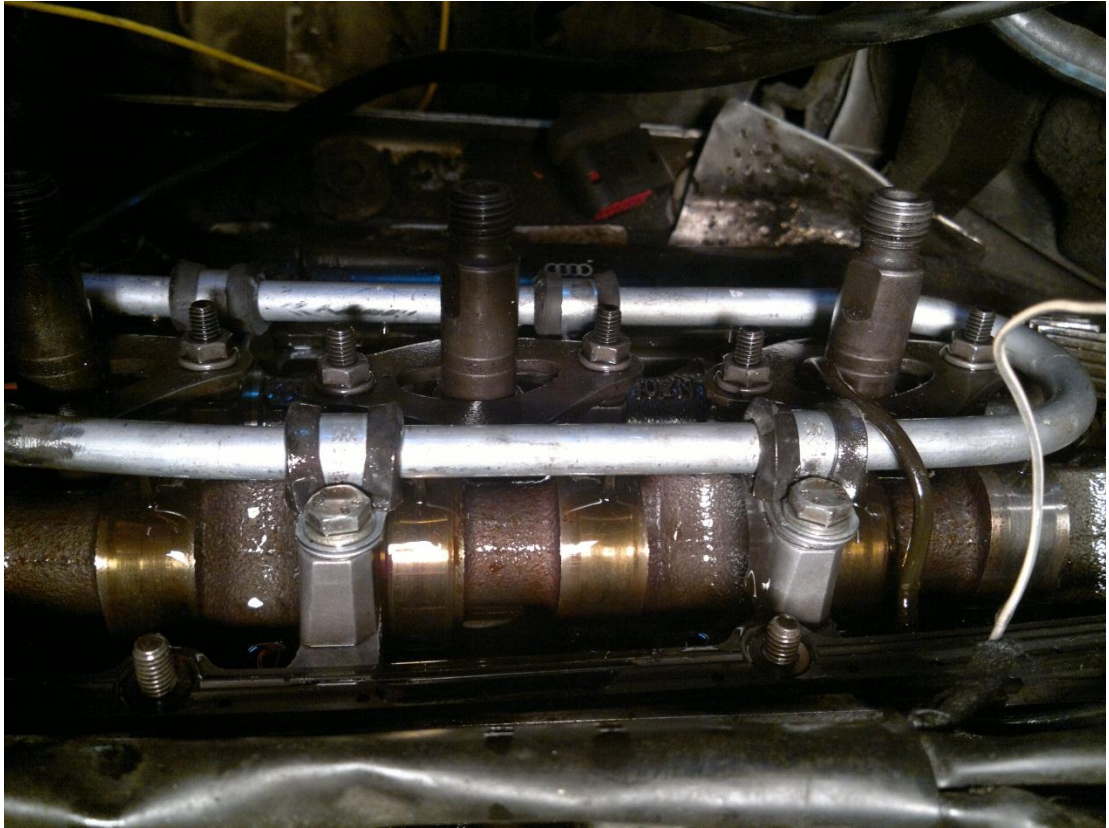
Jostakin syystä moottorin sulake paloi, ja aloin epäillä että pumppu kuormittuu liikaa pumpatessaan öljyä suihkuputkiin. Paine järjestelmässä luultavasti nousi liian suureksi, johtuen pienistä suihkurei'istä. Reikien suurentaminen lisäisi läpikulkevan öljyn määrää ja pienentäisi samalla painetta, mutta öljynmäärä on sopiva enkä halua sitä kasvattaa. Jouduinkin rajoittamaan järjestelmän painetta vastusventtiilillä, jonka avautumispaine olisi alle pumpun sallitun maksimipaineen. Näin pumppu ei kuormittuisi liikaa ja järjestelmässä olisi aina sama paine, riippumatta öljyn lämpötilasta tai pumpun kuormittumisesta. Epäilin myös että pumpun sulake ei olisi kuitenkaan palanut liiallisen paineen takia, vaan siksi että testijärjestelmän virtalähteenä käytetyn akun jännite olisi mennyt liian alhaiseksi, ja siitä syystä kasvanut virran määrä olisi polttanut sulakkeen. Näin ei kuitenkaan ollut, vaan vika oli pumpussa. Järjestelmän ollessa paikoillaan autossa, jännite tulee olemaan moottorin ollessa käynnissä koko ajan yli 14 voltia.

Muutaman palaneen sulakkeen jälkeen päätin purkaa pumpun suojakuoren ja sainkin sieltä lisätietoa pumpusta. Se ei kestä yli 2 barin paineita ja sen takia se kuormittui liikaa ja poltti jatkuvasti sulaketta. Eli paineita täytyisi laskea tai muuttaa pumpun pyörimisnopeutta jotenkin. Valitsinkin siis ensimmäisen keinon, sen suhteellisen helpon toteutuskelpoisuuden vuoksi.



Kuva 29. Testijärjestelmä irrallaan, ilman vastusventtiiliä

Vaikka vastusventtiilin lisääminen järjestelmään tiputtikin sen painetta, riitti se hyvin suihkuputkille asti (KUVA 30). Loppujen lopuksi pumppu kuormittui liikaa ja vaurioitui. Tämä olikin odotettavissa, koska pumppua ei ollut suunniteltu ollenkaan moottoriöljylle vaan dieselöljylle. Pumpun valinta ei ollut lainkaan onnistunut, ja tässä hieman välttelen vastuutani. Etsiessäni pumppua kerroin myyjälle tarkat tiedot pumpun käyttötavasta ja tarkoituksesta, jostakin syystä hän kuitenkin suositteli minulle tätä pumppua. Oikeanlaisella öljypumpulla tätä ongelmaa ei koskaan olisi tullutkaan.



Kuva 30. Järjestelmän testaus käynnissä

Kokonaisvaltaisen testauksen järjestäminen on mahdotonta tällaisella aikataululla. Autolla tulisi ajaa satojatuhansia kilometrejä, tarkkaillen välillä nokka-akselien kuntoa. Eikä yksi toiminut järjestelmä takaisi vielä, että järjestelmä poistaisi kokonaan kaikista kyseisistä moottoreista tämän vauriotyyppin, moottorin kestävyudet voivat vaihdella paljonkin yksilöittäin. Pelkkä nokka-akselien onnistunut karkaisu voi yksinään aiheuttaa sen, että moottoriin ei koskaan edes aiheutuisikaan tätä kyseistä vikaa.

7 KULUT

Kaikista suurin yksittäinen kulu oli öljypumppu. Tarjontaa pumpuista oli erittäin vähän, internetistä tilaamalla olisi voinut säästää muutaman euron, mutta näin sen turhaksi säästökseksi tässä tilanteessa. Ostin myös kaikki muut hydrauliosat samasta liikkeestä kuin öljypumpun. Ohjauksenosat ostin autotarvikeliikkeestä. Hieman erilaisilla osavalinnoilla voi hinta hieman muuttua, mutta pääpiirteissään osat tulevat maksamaan hieman alle 350 euroa (LIITE 3). Osat sain kylläkin listahintoja halvemmalla, normaaliasiakkaan hinnat olisivat noin 30 prosenttia enemmän, eli hieman alle 500e. Projektissa tarvittiin myös lukuisia työkaluja, joille en ole laskenut mitään hintaa, esimerkiksi putkentaivutinta, pylväsporakonetta, kiintoavaimia ja hitsauslaitetta. Yhden suihkuputken valmistamiseen kuluu tällaisilla työkaluilla ja taidolla noin tunti. Valmiiden osien asennus kaikkinsa vie aikaa noin 6 tuntia.

Jos tällä järjestelmällä vältyttäisiin nokka-akseleiden kulumiselta, olisi se kannattavaa asentaa. Uudet nokka-akselit asennuksineen maksavat keskimäärin 2500 euroa. Järjestelmä valmistettuna ja asennettuna korjaamohinnoilla tulisi maksamaan noin 1000 euroa. Mutta kuten jo mainitsin, jos omalle työlle ja työkaluille ei lasketa hintaa, on järjestelmän hinta verrattain halpa pelkkien uusien nokka-akseleiden (1500 euroa alennuksilla) hintaankin verrattuna.

8 POHDINTA

Tuotekehitys onnistui projektissa hyvin, vaikka tulokset jäivätkin lopulta laihoiksi. Suihkuputkista tuli erittäin hyvät, niiden suunnitteluun käytettiin paljon aikaa ja niistä tulikin hyvin toimivat, erittäin matalalla hinnalla. Ne saatiin kiinnitettyä tukevasti ja ne mahtuivat venttiilikoppien sisälle ahtaaseen tilaan mainiosti. Venttiilikoppien helppo työstäminenkin vaikutti onnistumiseen, yhden reiän poraaminen peltikuoreen ei ole iso tehtävä.

Putkiston ja liittimien matala hinta (LIITE 3) yllätti minutkin, odotin niiden maksavan moninkertaisesti enemmän. Kierreliittimillä ja oikeanlaisilla hydrauliletkuilla järjestelmän toimivuus on taattu pitkäksi aikaa. Valitsemalla eri avautumispaineella olevan vastuventtiilin voi virtaavan öljyn määrää säätää mieleisekseen erilaisille järjestelmille. Hydrauliputket olivat erittäin helppoja asentaa niiden pyörivien liitinmuttereiden takia.

Se mikä projektissa jäi harmittamaan, oli epäonnistunut pumpun valinta. Tai ehkä olin liian sokea sitä ostaessani, olisi pitänyt vaatia myyjältä enemmän tietoa pumpusta, jota olin ostamassa. Tämän yrityksen maahantuodessa tämän merkkisiä pumppuja, olisivat he luultavasti saaneet tilattua minulle oikeanlaisenkin pumpun. Tämä UP12/OIL-pumppu, jonka valitsisin jos tekisin projektin uudelleen, olisi luultavasti hieman kalliimpi verrattuna tähän vaurioituneeseen UP3- pumppuun verrattuna. UP12/OIL- pumppu (MARCO S.p.A, 2011, Öljypumppujen valmistaja) olisi kuitenkin toiminut järjestelmässä halutulla tavalla ja olisi sillä tavoin vaikuttanut merkittävästi projektin onnistumiseen kokonaisuutena.

Ohjauksen peruseriaate oli myös onnistunut. Säädettävällä painekeytkimellä, joka tosin maksaa muutaman kymppin enemmän, saa järjestelmän toimivuusalueen säädettyä juuri oikeanlaiseksi. Samalla tämä moottorin omaa öljynpainetta mittaava kytkin on erittäin toimintavarma yhdessä ohjausreleiden kanssa.

Kokonaisuutena projekti oli erittäin mielenkiintoinen. Ehkä oma into tämän konsernin laitteisiin vaikutti asiaan merkittävästi. Projektissa yhdistyi mukavasti mekaniikkasuun-

nittelu, hydraulikka ja sähkötekniikka. Aihe oli myös erittäin opettavainen ja uusia asioita tulikin vastaan monia.

LÄHTEET

CMD Electronics, Co. 2009. Automotive technical manual AUTODATA. CDA3.24
VERSIO: 7.412. Iso-Britannia

DUNLOP HIFLEX. 2011. Hydrauliiikkatuotteet. Luettu 13.3.2011.
<http://www.dunlophiflex.fi/tuoteluettelot/>

Fonselius, J. 1993. Koneautomaatiikka, hydrauliiikka. 7., uusittu painos. Opetushallitus.
Helsinki: Painatuskeskus.

Härkönen, K. Korjaamoesimies. 2011. Useat haastattelut välillä tammikuu 2011- huhti-
kuu 2011. Haastattelija Kervinen J. Ei litteroitu. Joensuu. K-H Autopalvelu Ky.

MARCO S.p.A. 2011. Öljypumppujen valmistaja. Luettu 26.3.2011.
<http://www.marco.it>.

Mobil 1. 2011. Akatemia, voitelun tehtävä ja sen merkitys. Mobil 1. Luettu 19.3.2011.
<http://www.mobil1.fi/akatemia>.

Summers, D. A. 1995. Waterjetting technology. First edition. E & FN Spon. Oxford,
Great Britain: Alden press.

Valtanen E. 2008. Tekniikan taulukkirja. 16. painos. Genesis-Kirjat Oy. Jyväskylä:
Gummerus Kirjapaino Oy.



1-KUDOSLETKUT

HYDRAULIIKKALETKUT

122T (1SN / R1AT)

EN 853 1SN - SAE 100 R1AT / R1B - ISO 1436-1



Värviste: 1 tertekudus.
Sisäpinta: Öljyn kestävä syntetisistä kumia.
Ulkopinta: Säään ja kulutuksen kestävä syntetisistä kumia.
Käyttökohteet: Korkeapaineiset hydraulikkajärjestelmät, polttoaineille, jäähdytysneställe, ilmalle ja vedelle.
Käyttölämpötila: -40°C – +100°C (ilma max. +70°C).
Muuta: Saatavana myös MSHA hyväksytyt versioita.
Luokitukset: DIN, ABS, LR, GL, BV, NKK, FINA, MED.

Tuotenumero	Ø		Ø	bar	bar	mm	kg/m	Hx/MI
	mm	tuuma						
122T-04	6	1/4	13,4	225	900	100	0,22	110000-04-04
122T-06	6	3/8	15,0	215	900	115	0,25	110000-05-05
122T-08	10	3/8	17,4	180	720	130	0,33	110000-08-08
122T-08	13	1/2	20,6	180	840	180	0,42	110000-08-08
122T-10	16	5/8	23,7	130	520	200	0,51	110000-10-10
122T-12	19	3/4	27,7	105	420	240	0,62	110000-12-12
122T-16	25	1	35,6	88	350	300	0,92	110000-16-16
122T-20	32	1 1/4	43,5	83	250	420	1,20	110000-20-20
122T-24	38	1 1/2	50,6	50	200	500	1,48	110000-24-24
122T-32	51	2	64,0	40	180	630	2,00	110000-32-32

141T SUPER SLIMLINE (1SN)



Värviste: 1 tertekudus.
Sisäpinta: Öljyn kestävä syntetisistä kumia.
Ulkopinta: Säään ja kulutuksen kestävä syntetisistä kumia.
Käyttökohteet: Korkeapaineiset hydraulikkajärjestelmät, polttoaineille, jäähdytysneställe, ilmalle ja vedelle.
Käyttölämpötila: -40°C – +100°C (ilma max. +70°C).
Muuta: Rakenteeltaan kevyt ja kompakti letku, jolla pienet taivutus säteet ja korkeat työpaineet. Letku ylittää DIN 20022 normin asettamat vaatimukset 1 SN letkulle.

Tuotenumero	Ø		Ø	bar	bar	mm	kg/m	Hx/MI
	mm	tuuma						
141T-04	6	1/4	12,0	280	1120	80	0,17	100000-04-04
141T-06	10	3/8	15,4	225	900	105	0,25	110000-06-06

814AE COMMANDER (1SN)

EN 853 1SN - SAE 100 R1AT - ISO 1436-1



Värviste: 1 tertekudus.
Sisäpinta: Öljyn kestävä syntetisistä kumia.
Ulkopinta: Säään ja kulutuksen kestävä syntetisistä kumia, väri sininen.
Käyttökohteet: Korkeapaineiset hydraulikkajärjestelmät, polttoaineille, jäähdytysneställe, ilmalle ja vedelle.
Käyttölämpötila: -40°C – +150°C (ilma max. +110°C).
Muuta: Letku on suunniteltu erityisesti korkeissa lämpötiloissa toimivien järjestelmien varten. Saatavana myös 2 tertekudoksella, jolloin saavutetaan korkeammat työpaineet.

Tuotenumero	Ø		Ø	bar	bar	mm	kg/m	Hx/MI
	mm	tuuma						
814AE-04	6	1/4	13,4	225	900	100	0,22	110000-04-04
814AE-08	10	3/8	17,4	180	720	130	0,32	110000-08-08
814AE-08	13	1/2	20,6	180	840	180	0,42	110000-08-08
814AE-10	16	5/8	23,7	130	520	200	0,51	110000-10-10
814AE-12	19	3/4	27,7	105	420	240	0,61	110000-12-12
814AE-16	25	1	35,6	88	350	300	0,93	110000-16-16
814AE-20	32	1 1/4	43,5	83	250	420	1,20	110000-20-20
814AE-24	38	1 1/2	50,6	50	200	500	1,48	110000-24-24
814AE-32	51	2	64,0	40	180	630	2,00	110000-32-32

OSALUETTELO							Hinta yhteensä noin	
Sijainti	Osa	Kokonaispituus	Sisähalkaisija	Ulkohalkaisija	Liittimet	Letku-/putkityyppi		
Kuva 18 nro 1	Imuputki	450mm	3/8"	17,4mm	3/8" 45° & 3/8" 45°	DunlopHiFlex 122T-06	7 €	
Kuva 18 nro 2	Imuputki	750mm	3/8"	17,4mm	3/8" & 3/8" 90°	DunlopHiFlex 122T-06	9 €	
Kuva 18 nro 3	Paluuputki	900mm	3/8"	17,4mm	3/8" 90° & 3/8" 90°	DunlopHiFlex 122T-06	10 €	
Kuva 18 nro 4	Paineputki	850mm	3/8"	17,4mm	3/8" & 3/8"	DunlopHiFlex 122T-06	10 €	
Kuva 18 nro 5	Paineputki	150mm	6mm	13,4mm	1/4" 45° & 1/4" 90°	DunlopHiFlex 122T-04	5 €	
Kuva 18 nro 6	Paineputki	950mm	6mm	13,4mm	1/4" 45° & 1/4" 90°	DunlopHiFlex 122T-04	7 €	
Kuva 18 nro 7	Vastusventtiili	T-haara 3/8", välinipat 3/8" -> 3/8" x2 ja 3/8" x2 ja 3/8" -> 1/8", pyörivä jatkonippa 3/8" -> 3/8" ja 1/8" -> 3/8", vastusventtiili 1,5bar 1/8"						25 €
Kuva 18 nro 8	Imuputken Y-haara	Y-haara 1/2" & välinipat 1/2" -> 3/8" x3						8 €
Kuva 18 nro 9	Paineputken Y-haara	Y-haara 3/8" & välinipat 3/8" -> 3/8" x1, 3/8" -> 1/4" x2						8 €
Kuva 18 nro 10	Öljypumppu				välinipat 3/8" -> 3/8" x2	46-6312	200 €	
Liite 1	Suihkuputket	560mm x 2	7mm	10mm	Läpivienti 1/4" 90° x 2	Teräs 10x1,5	20 €	
Kuva 26	Painekytkin	3bar 10x1mm maadoittuva						10 €
Kuva 25	Releet+sähköjohdot	2-toiminen rele x 2, 2,5mm ² sähköjohtoa 8m						10 €
	Muut tarvikkeet	Kupariprikat, putkiteippi, sähköliittimet						6 €
						Yhteensä	335 €	