



Ville Säynäjäkangas

PUUKAASUTIN AUTON MOOTTORIN OHJAUS

PUUKAASUTIN AUTON MOOTTORIN OHJAUS

Ville Säynäjäkangas
Opinnäytetyö
Syksy 2012
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka, auto- ja kuljetustekniikka

Tekijä: Ville Säynäjäkangas
Opinnäytetyön nimi: Puukaasutin auton moottorin ohjaus
Työn ohjaaja: Mauri Haataja, Arto Lehtonen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: syksy 2012 Sivumäärä: 30 + 4 liitettä

Toimeksiantaja: Fortel Components, Juha Sipilä

Puukaasu autossa on perinteisesti säädetty seosta ja sytytystä käsikäyttöisillä säätimillä eri ajotilanteita varten, mutta tähän haluttiin saada muutos. Tässä työssä käsitellään, kuinka puukaasutin-autosta saadaan yhtä vaivatonta ajaa, kuin nykyaikainen bensiini- tai dieselhenkilöauto.

Idea toteutukseen syntyi OAMK:n Autojen säätäminen kurssilla (TL2516), jossa opiskeltiin Motec 800 moottorinohjaimen ohjelmointia. Työssä käytettiin sähköistä kaasuläppää lisäilman annostelussa puukaasun sekaan, jotta palamis-kelpoinen seos pysyy optimaalisena kuormituksesta riippumatta. Moottorinohjain sää-
tää sähköistä lisäilmaläppää kaasupolkimen asennon ja kierrosnopeuden mu-
kaan ja sen asentoa korjataan vielä pakokaasun lambda-arvon mukaan.

Auto saatiin toimimaan hyvin eri ajotilanteissa, ilman moottorin käynnin epäröintiä. Tämän työn tuloksia on hyödynnettävissä puukaasua polttoaineena käyttäviin polttomoottori ajoneuvoihin, generaattoreihin ym. laitteisiin kopioimalla koko järjestelmä. Kempeleen Ekokorttelissa on puukaasuvoimalaitos johon on rakennettu tämän työn pohjalta Motec moottorinohjausjärjestelmä.

Asiasanat: puukaasu, moottorinohjaus, automaatio, uusiutuva energia

ALKULAUSE

Ensimmäiseksi haluan kiittää diplomi-insinööri, kansanedustaja Juha Sipilää, joka antoi mahdollisuuden tähän ainutlaatuiseseen ja innovatiiviseen opinnäytetyön toteutukseen.

Seuraavaksi kiitän laboratorioteknikko Arto Lehtosta ja laboratorioinsinööri Janne Ilomäkeä, jotka perehdyttivät minut Motecin käyttöön. Idea tähän työhön tuli heidän kursseiltaan.

Kotirintamalta kiitän vaimoani Tiina Säynäjäkangasta, joka jaksoi aina uskoa valmistumiseeni, vaikka nelivuotiset opinnot venyivät kahdeksaan vuoteen, ja isääni Hannu Säynäjäkangasta kontaktin luomisesta Juha Sipilän ja minun välillä.

Kiitoksen ansaitsevat myös mekaanikko Esa Kuitula ja sähkömies Jani Piippo, jotka toteuttivat ideoitani, sekä pitkän linjan puukaasuautoilija, diplomi-insinööri Vesa Mikkonen, jonka kirjaan perustuen puukaasutin on tehty.

Oulussa 18.10.2012

Ville Säynäjäkangas

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	6
2 CAD-KUVAT JA MOOTTORINOHJAUKSEN LÄHTÖKOHTA	7
3 PUUKAASUTUKSEN PERIAATE	8
4 PUUKAASUAUTON TOIMINTA	10
4.1 Lämmitys	10
4.2 Puhdistus ja jäähdytys	11
4.3 Seoksen muodostus	12
5 PUUKAASUTINAUTON TEKNIikka	13
5.1 Ei Kamina	13
5.2 Moottori ja sekoitin	14
5.2.1 Alkuperäinen kokoonpano	14
5.2.2 Evo1	15
5.2.3 Evo1.1	15
5.2.4 Evo1.2	16
5.2.5 Evo2	19
5.2.6 Evo3	19
6 SÄHKÖJÄRJESTELMÄ	22
6.1 MoTec	23
6.2 Anturit ja toimilaitteet	23
6.3 Toimintaperiaate	24
6.3.1 Puukaasukäyttö	25
6.3.2 Bensiinikäyttö	26
7 YMPÄRISTÖKUORMITUS	27
8 YHTEENVETO	28
LÄHTEET	29
LIITTEET	30

1 JOHDANTO

Maailmanlaajuisesti ollaan huolissaan fossiilisten polttoaineiden todennäköisestä loppumisesta. Siksi öljyn hinta jatkaa nousuaan uhkaavaan loppuun saakka. Suomessa on paljon uusiutuvia metsiä, joita voitaisiin hyödyntää niin liikenne- polttoaineena kuin paikallisessa energian- ja lämmöntuotannossakin.

Perinteisessä puukaasuajoneuvossa (kuva 1) ilma-kaasuseossuhdetta ja sytytyksen ajoitusta säätää kuljettaja. Säätö tapahtuu ajon aikana käsin, vaijereiden välityksellä. Näin ollen kuljettajan täytyy perehtyä puukaasuttimen toimintaan ja ajamiseen tarvittaviin parametreihin. Siksi kuljettaja ei pysty kohdistamaan koko keskittymiskykyään liikenteen seuraamiseen. Nämä asiat ovat hidastaneet puukaasuttimen yleistymistä. Tämän työn tarkoituksena on automatisoida puukaasuttimella varustettu ajoneuvo nykyauton käyttömukavuuden tasolle, jolloin tavoitteena on, että asiantunteaton henkilö kykenee käyttämään puukaasuautoa kuten nestemäistä polttoainetta käyttävää ajoneuvoa.



KUVA 1. Lähtötilanne, manuaalisäätöinen puukaasutinauto

2 CAD-KUVAT JA MOOTTORINOHJAUKSEN LÄHTÖKOHTA

Vuonna 2007 Juha Sipilä päätti toteuttaa idean häikäpönttöauton rakentamisesta. Hän hankki kirjan Ajoneuvoon asennettavan puukaasuttimen rakennusohjeet (1). Sipilä antoi Katera Steel Oy:lle toimeksiannon kirjan mukaisen puukaasuttimen valmistamiseksi. Katera Steel Oy ilmoitti, että valmistus onnistuu, kunhan yritykselle toimitetaan yksiselitteiset CAD-piirustukset kyseisestä laitteesta.

Isäni Hannu Säynäjäkangas ehdotti Sipilälle, että minä voisin ryhtyä piirtämään kuvia. Olin tuolloin ammattikorkeakoulun kolmannella luokalla ja todella kiinnostunut CAD-piirtämisestä. Erityisesti Autodeskin Inventor ohjelma tuntui varsin loogiselta ja tarkoituksenmukaiselta.

Pidimme palaverin Juha Sipilän kanssa ja sovimme, että ryhtyisin piirtämään kuvat. Kuvia tuli noin 300, ja Katera Steel Oy valmisti niiden perusteella puukaasuttimen suodattimiseen. (Liite 1.)

Häikäpönttö asennettiin Chevrolet El Caminoon, ja Sipilä ajoi autolla yhden kesän. Ajamisen työläys, eli jatkuva ajonaikainen säätely, sai hänet pohtimaan, olisiko asiaan helpottavaa ratkaisua.

Tuolloin minulla oli koulussa Moottorilaboraatiot ja autojen säätäminen kurssi, joissa kummassakin käsiteltiin moottorinohjaimen ohjelmointia. Kun käsitelimme tunnilla drive-by-wire, sähköisen kaasuläpän toimintaa, sain oivalluksen, että tässä on ratkaisu häikäpönttöauton pulmaan. Esitin ongelman ja siihen juuri keksimäni ratkaisun opettajallemme Arto Lehtoselle ja hän näki ehdotukseni kehityskelpoiseksi. Saman tien soitin Sipilälle ja hän kiinnostui ehdotuksestani. Niin syntyi tämä opinnäytetyöaihe, jonka menestyksestä lopputulosta on käytetty muissakin sovelluksissa esimerkiksi voimalaitoskäytössä.

3 PUUKAASUTUKSEN PERIAATE

Kaasutuksessa puuta poltetaan ilma-alimäärällä, jolloin jäljelle jää palamatonta kaasua. Palamisvyöhykkeessä syntyneet kaasut ja osa polttoaineesta höyrystyvistä vesihöyrystä imetään moottoriin hiilloksen kautta. Kulkiessaan tämän hehkuvan kerroksen läpi hiilidioksidi pelkistyy kaavan $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$ mukaan häkäkaasuksi. Vesihöyrystä tulee vetyä ja häkää kaavan $\text{H}_2\text{O} + \text{C} = \text{H}_2 + \text{CO}$ mukaisesti. Puukaasu sisältää pääasiassa hiilimonoksidia, hiilidioksidia, vetyä ja typpeä ja myös pieniä määriä muita kaasuja. (2, s. 5)

40 % puukaasusta koostuu seuraavista palavista kaasuista:

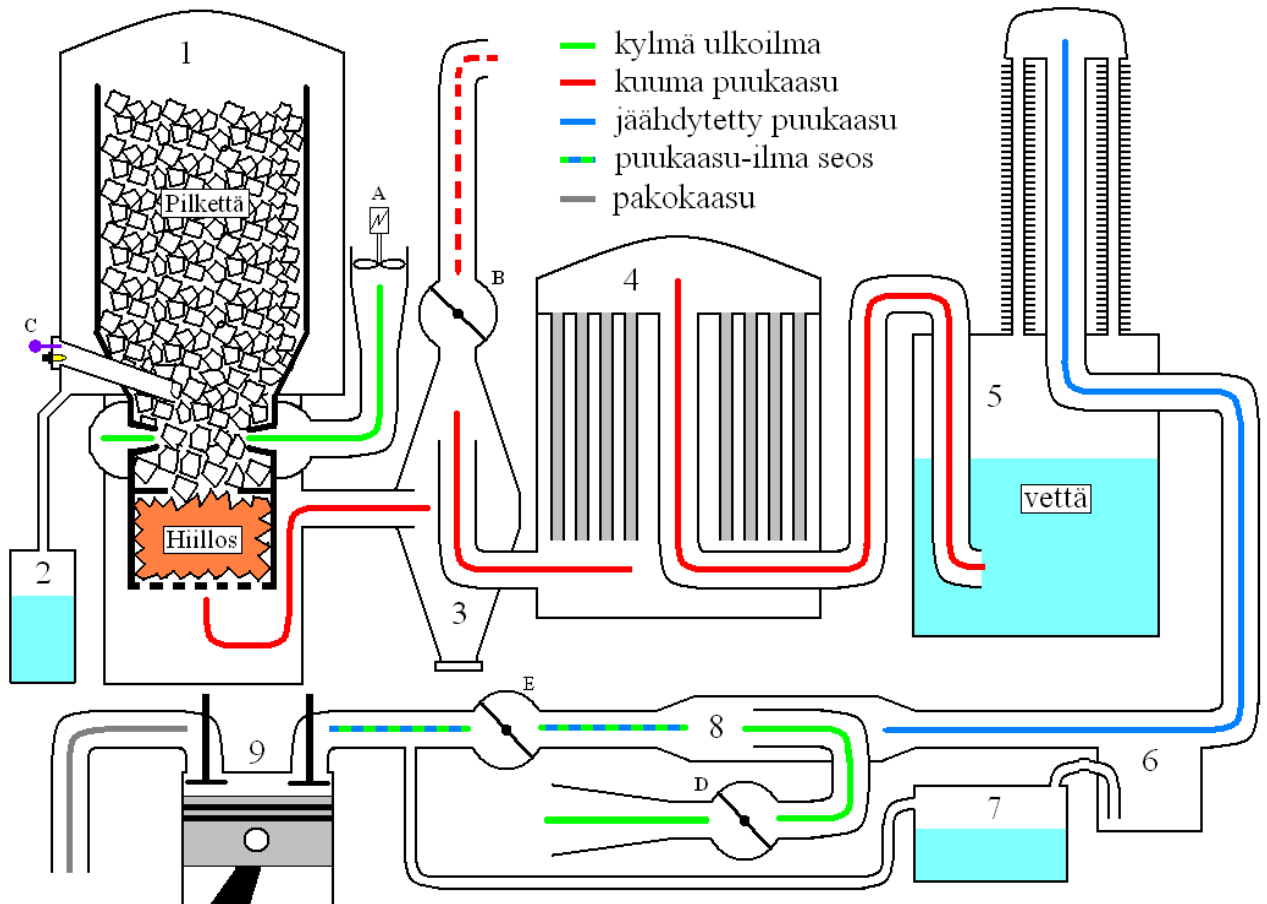
- häkää (CO): 17 – 22 %
- vetyä (H₂): 16 – 20 %
- metaania (CH₄): 2 – 3 %
- hiilivetyjä (C_nH_m): 0,2 – 0,4 %

Loput 60 % ovat palamattomia kaasuja:

- Hiilidioksidia (CO₂): 10 – 15 %
- Typpeä (N₂): 45 – 50 %

(2, s. 5)

Kuvassa 2 on esitetty puukaasutinlaitteiston toiminta periaatepiirroksessa ja kuvassa 3 näkyy sama laitteisto sijoiteltuna auton lavalle.



KUVA 2. Puukaasutin järjestelmä



KUVA 3. Laitteet asennettuna lavalle

4 PUUKAASUAUTON TOIMINTA

Puukaasuautolla ajaminen vaatii joitain lisähuomioita verrattuna nestemäistä polttoainetta käyttävään autoon verrattuna. Normaalisti liikkeellelähtöön on verrattava noin 10–15 minuuttia, mikäli polttoainesäiliössä on pilkettä, vesipesurin säiliö on täynnä. Sekä tuhkat ja kondenssivedet on tyhjennetty. On myös muistettava, ettei ajoa edeltävä lämmitys tai ajon jälkeinen jäähdytys saa ikinä tapahtua sisätiloissa häikämyrkytysvaaran vuoksi.

4.1 Lämmitys

Lämmitys aloitetaan avaamalla pyörrepuhdistimen lämmitysventtiili (kuva 2, osa B), jolloin kaasua ei mene järjestelmään, vaan tulee savupiipusta ulos, kaasun laadun tarkkailua varten. Seuraavaksi kytketään toimintaan käynnistyspuhallin (kuva 2, osa A), jonka täytyy pystyä tuottamaan n.1 kPa paine. Tämän jälkeen sytyttimen (kuva 2, osa C) hehkutulppaa kuumennetaan ja sen päälle pumpataan pienellä pumpulla 50 % / 50 % (til.%) tärpähti-bensiiniseosta. Palava sytytysseos valuu tulipesään sytyttäen pilkkeet palamaan. Ilman kiertosuunnan ansiosta palorintama ei nouse ylöspäin, vaan painuu ilmasuutinten alapuolelle ariina vasten.

Ilman liikesuunnasta huolimatta lämpö nousee kuitenkin ylöspäin kuivattaen hiilloksen yläpuolista polttoainesäiliötä (kuva 2, osa 1). Tämä lämpö hyödynnetään pilkkeen kuivaukseen, koska kuiva puu palaa märkää paremmin. Pilkkeestä haihtuva vesi tiivistyy säiliön kanteen, josta se valuu kuperan kannen muodon ansiosta säiliön reunoja pitkin kondenssivesisäiliöön (kuva 2, osa 2). 5 – 10 minuutin kuluttua lämmityksen aloituksesta sytytetään piipusta tuleva savukaasu palamaan. Kaasu valmis käytettäväksi moottorin käynnistykseen, kun se palaa kirkkaasti, heti savupiipun suulta asti ilman savukiehkuroita.

Kun kaasua on puhdasta, suljetaan lämmitysventtiili (kuva 2, osa B) ja käynnistetään auto. Starttaus voi kestää jonkin aikaa, kun putkisto täyttyy palamiskelpoisella kaasulla. Lopuksi suljetaan käynnistyspuhallin (kuva 2, osa A), jolloin au-

ton moottorin kehittämä alipaine on riittävä pitämään laitteiston kaasunkehitysprosessin käynnissä.

4.2 Puhdistus ja jäähdytys

Kaasun puhdistus on tärkeää, koska huono puhdistus aiheuttaa kaasuläpän jumiutumista, moottorin kulumista ja likaantumista sekä lisääntynyttä öljyn vaihdon tarvetta. Kaasunkehittimen jälkeen ensimmäisenä on syklonityyppinen pyörrepuhdistin (kuva 2, osa 3), joka kerää hehkuvat hiilet ja muut karkeat epäpuhtaudet. Pyörrepuhdistimen ulkopuolella sijaitsevien jäähdytysripojen ansiosta kaasu myös jäähtyy kulkiessaan syklonin läpi.

Seuraava komponentti on letkusuodatin (kuva 2, osa 4), jossa kaasu johdetaan 650 mm pituisten ja 10 mm halkaisijaltaan olevien sukkién läpi, joita on 252 kpl riittävän pinta-alan saavuttamiseksi. Sukkién materiaali on polytetrafluorieteenillä päällystetty keinokuitu, jonka sisällä on kierrejousi estämässä sukan litistymistä. Suodatinkankaan pinta-alan tulisi olla vähintään 1 m² moottorin iskutilavuuden litraa kohti. Puhdistus tapahtuu ympäristöä tai puhdistushenkilöä likaa-matta, kun avataan suodattimen kansi ja puhalletaan paineilmaa sukkién sisään, sukkién ulkopintaan kertynyt nokikerros valuu suodattimen pohjalle. Sotkuisempi työ on noen poisto suodattimen pohjalta tuhkaluukun kautta, mutta tätä ei tarvitse tehdä jokaisen paineilmapuhdistuksen jälkeen.

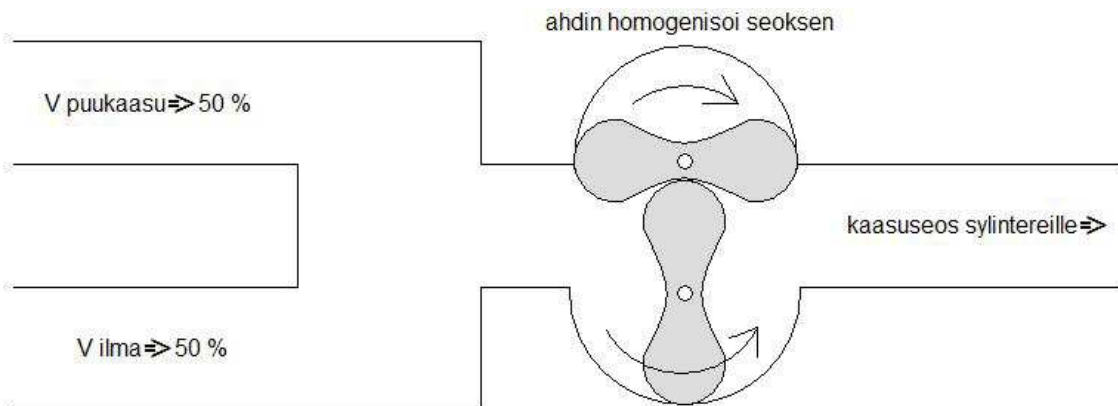
Ilmajäähdyttimessä (kuva 2, osa 5) kaasu johdetaan veden läpi, joka paitsi jäähdyttää, myös sitoo kaasusta nokipartikkeleita. Vesipesusta kaasu johdetaan 9 kpl, 950 mm pituisten, 25 mm sisähalkaisijaltaan olevien jäähdytysriivoitettujen putkien läpi, jolloin se on tarpeeksi viileää moottorissa käyttöä varten.

Veden erotus tapahtuu 75 mm putken välissä olevalla laatikolla, vedenerottimella (kuva 2, osa 6), joka on järjestelmän alin osa. Painovoiman ansiosta vesi painuu erottimeen, josta moottorin alipaine vetää veden lauhdeveisisäiliöön (kuva 2, osa 7). Samalla tämä kaasuläpän ohittava putki toimii tyhjäkäyntipiirinä.

4.3 Seoksen muodostus

Kaasun sekoittimessa (kuva 2, osa 8) sekoitetaan kaasuttimesta tulevaa puukaasua 50 % ja lisäilmaläpän (kuva 2, osa D) kautta tulevaa ulkoilmaa 50 %, minkä jälkeen seos kulkee kaasuläpän (kuva 2, osa E) kautta moottoriin polttoaineeksi. Lisäilmaläppä (kuva 2, osa D) on juuri se osa, mikä on aiemmin häkäpönttöautoilun historiassa ollut manuaalisäätöinen. Tässä työssä keskitytään sen automatisointiin.

Mekaanisella ahtimella on suuri merkitys niin sylinterin täytöksen parannuksessa, kuin seoksen tasalaatuisuuden varmistuksessa. Erillistä kaasunsekoitinta ei tarvittu, koska Roots-tyyppisen ahtimen siivet sekoittavat kaasuseosta tehokkaasti. (Kuva 4.)



KUVA 4. Seoksen muodostuksen periaatekuva.

5 PUUKAASUTINAUTON TEKNIikka

5.1 El Kamina

Ajoneuvon alustaksi valittiin Chevrolet El Camino vuosimalli 1987, joka nimettiin myöhemmin El Kaminaksi (kuva 5), koska se on keveimpiä V8-moottorisia lava-autoja. Lähtökohtana oli iso tehokas moottori, koska teho putoaa reilusti puukaasutinkäytössä.



KUVA 5. El Kamina

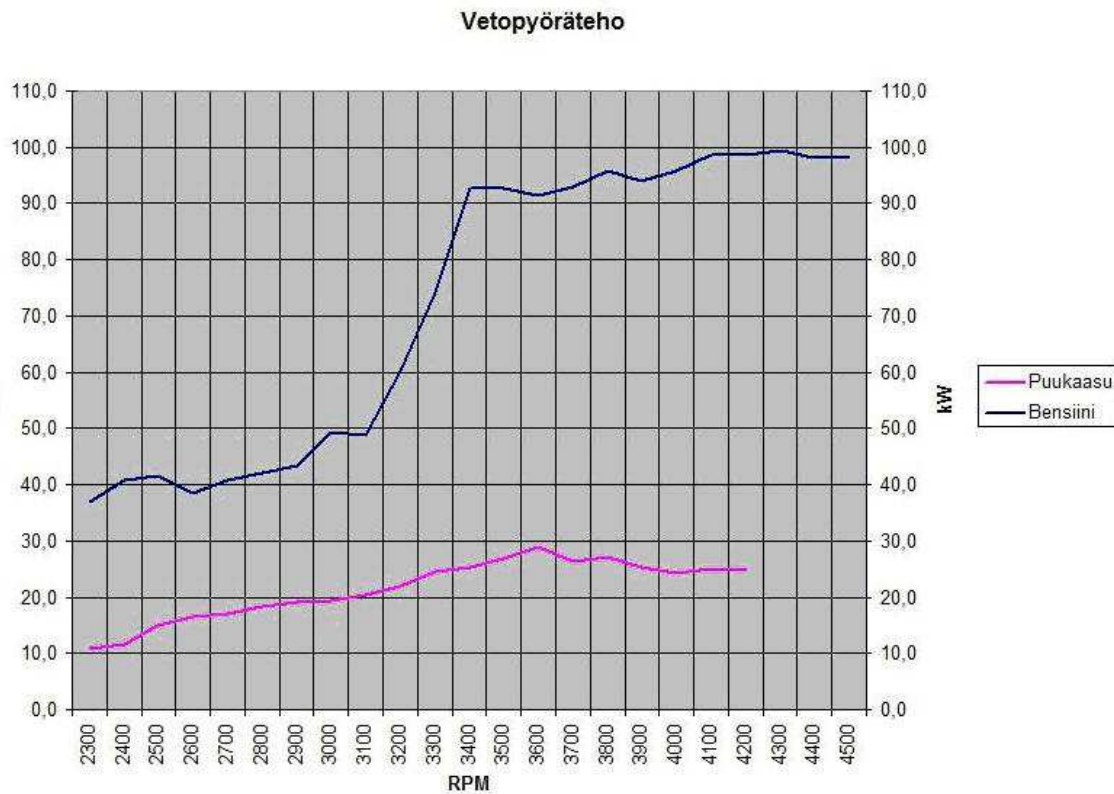
Projektin alkaessa henkilöauton vuosimallirajana oli 1987, johon laki mahdollisti puukaasuttimen asennuksen. Vähäpäästöiset autot on lailla rajattu häikäpönttökäytön ulkopuolelle. (3.)

El Kamina hankittiin ulkomailta, koska kaasuttimen lavalle asennuksen jälkeen sen lava ei täytä enää pakettiauton verovapausmittoja, jolloin siitä tulee henkilöauto. Autoveron suuruus olisi ollut noin 10 000 €, jos olisi valittu uutena maahantuotu pakettiauto ja katsastettu sen henkilöautoksi. Ulkomailta tuotaessa, pakettiauton voi katsastaa suoraan henkilöautoksi. Vuosimalli 1987 henkilöauton vero on enää muutamia satoja euroja, koska vero määräytyy nykyarvon mukaan.

5.2 Moottori ja sekoitin

5.2.1 Alkuperäinen kokoonpano

Vuonna 2007 moottoriksi asennettiin uusi Chevroletin 350 pikkulohko, jonka iskutilavuus on 5 700 cm³. Puristussuhde on vakio 8,5:1. Polttoaineen syöttö tapahtuu putkesta valmistetulla sekoittimella ja alumiinista koneistetulla lisäilmansyöttö läppärungolla. Läppiä ohjataan mekaanisesti vaijerilla, perinteisen puukaasutin ajoneuvon tapaan. Dynamometrimittauksessa saatiin tällä alkupe- räisellä kokoonpanolla bensiinillä hupputehoksi 99 kW ja puukaasulla 29 kW (kuva 6).



KUVA 6. Vetopyöräteho puukaasulla ja bensiinillä dynamometrimittauksessa.

5.2.2 Evo1

Vuonna 2008 tätä opinnäytetyötä aloitettaessa, moottorin puristussuhdetta nostettiin arvoon 12:1 ja moottoriin asennettiin Weiandin mekaaninen ahdin, jolla on mahdollista saada 0,5 bar ylipaine. Tällä tähdättiin 17 bar:n puristuspaineeseen. Yksiselitteistä puristuspuusuosituksista ei ollut, vaan kirjallisuudessa sen on arvioitu vaihtelevan 14 – 17 bar välillä. Tämä johtunee siitä, että suurin osa kirjoista on ajalta, jolloin moottorien puristusaineet olivat lähtökohtaisesti hyvin paljon pienempiä. Sekoittimeksi koneistettiin alumiinista pelkkä Y-haara, koska oltiin vakuuttuneita ahtimen sekoittavan ilma-puukaasuseoksen homogeeniseksi.

Häkäpönttöharrastajien keskuudesta saatiin epäilyjä ahtimen ja lambda-ohjauksen soveltumisesta puukaasukäyttöön. Sysikaasu Oy oli kuitenkin tehnyt 1940-luvulla onnistuneita ratkaisuja mekaanisen ahtimen käytöstä puukaasuautossa, joten ahtimesta ei luovuttu (4). Lambda-ohjatun seoksen säädön taas saa toimimaan varmuudella käsisäättöä paremmin.

Sytytyslaitteistoksi tuli MSD 6A kipinänvahvistin, jossa on mekaaninen virranjakaja. Tällä varustuksella auto saatiin käymään, mutta sytytyspuolella ei ollut kaikki moitteettomassa kunnossa, koska pakoputkesta kuuluu pauketta korkeammilla kierroksilla. Käytiin Oulun seudun ammattikorkeakoulun autolaboratoriossa mittaamassa teho dynamometrissä. Moottorista kuultiin metallinen naputus ja siksi tehon mittaus jää kesken.

5.2.3 Evo1.1

Naputus moottorista osoittautui vääntyneeksi kiertokangeksi, jolloin männän helma otti kiinni kampiakselin vastapainoon. Kone avattiin ja vahvemmat kiertokanget asennettiin paikoilleen.

Remontin jälkeen päästiin säätämään seoskarttoja. Ajettiin eri vaihteilla ja eri nopeuksilla, jolloin saatiin seoskartan jokainen piste säädettyä. Toiminta oli projektin tässä vaiheessa jo hyvä. Ainoastaan risteyskiin pysähtyminen aiheutti useimmiten moottorin sammumisen, mutta lyhyellä käynnistyksellä matka jatkui taas.

Kun seoskartta saatiin toimivaksi, ohjelmoitiin lambda-säätö korjaamaan seoskarttaa. Lambda korjaus on aluksi liian voimakas ja moottorin kierrokset heittelevät 500–1 500 rpm:n välillä.

Ongelma johtui ilmeisesti siitä, että pakoputkessa oleva lambda-anturi on moottorin palotapahtuman kannalta katsottuna liian kaukana lisäilmaläpästä, mikä huonontaa säätöä. Ilmeisesti tähän ongelmaan ovat pysähtyneet edelliset yritykset puukaasuttimen lambda-ohjausprojekteissa. Lambdakorjauksen vaikutusta vähennetään ja auto alkoi toimia toivotulla tavalla. Risteyksiin sammumisongelmakin poistui.

Hieman alle 100 km/h nopeudessa alkoi kuitenkin pauke pakoputkessa, johtuen ilmeisesti sytytysjärjestelmän riittämättömästä tehosta korkean puristuspaineen alla. Projektiryhmässä epäiltiin, ettei pilke ehtisi kaasuuntua riittävän nopeasti ja ryhdyttiin kokeilemaan hakkeella ajamista.

Testiajossa hakkeella lambda-arvo osoitti seoksen sisältävän liian vähän ilmaa. Seossuhdekartta säädettiin uudelleen ja El Kamina toimi hyvin. Koeajossa moottoritiellä ajettiin useita kilometrejä 110 km/h nopeudella, ei havaittu pakoputkistossa pauketta, eikä moottorin käynnin katkoksia esiinny. Pohdittiin puun palakoon suurta vaikutusta ja tehtiin useita seoskarttoja eri polttoainedimensioille.

5.2.4 Evo1.2

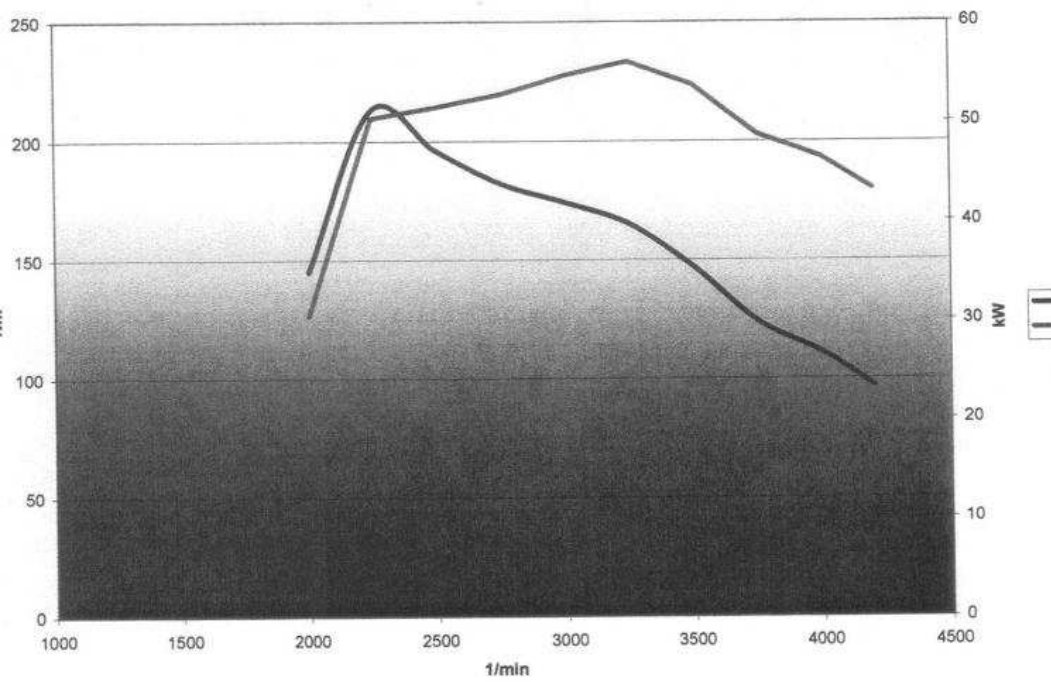
Sytytysjärjestelmän suorituskyvyn parantamiseksi MSD:n jakajasytytysjärjestelmä vaihdettiin Boschin suorasytytykseen. Tämä järjestely mahdollisti vahvemman kipinä ja laajan säätöalueen, joka ei ole riippuvainen virranjakajan mekaanisista rajoitteista.

Suorasytytyksestä seurasi jälleen ongelmia, Motecista loppuivat aux-lähdöt, vaikka projektin alussa epäiltiin niitä jäävän ylimääräisiksi. Moottorin käyntikatkot ja pauke pakoputkessa palasivat takaisin. Oskilloskooppikuvaajia tutkittiin ja huomattiin kampiakselin ja nokka-akselin kanttiaaltojen liikkuvan toisiinsa nähden. Sen ei pitäisi olla mahdollista, koska kampiakseli ja nokka-akseli ovat metalliketjulla toisiinsa yhteydessä.

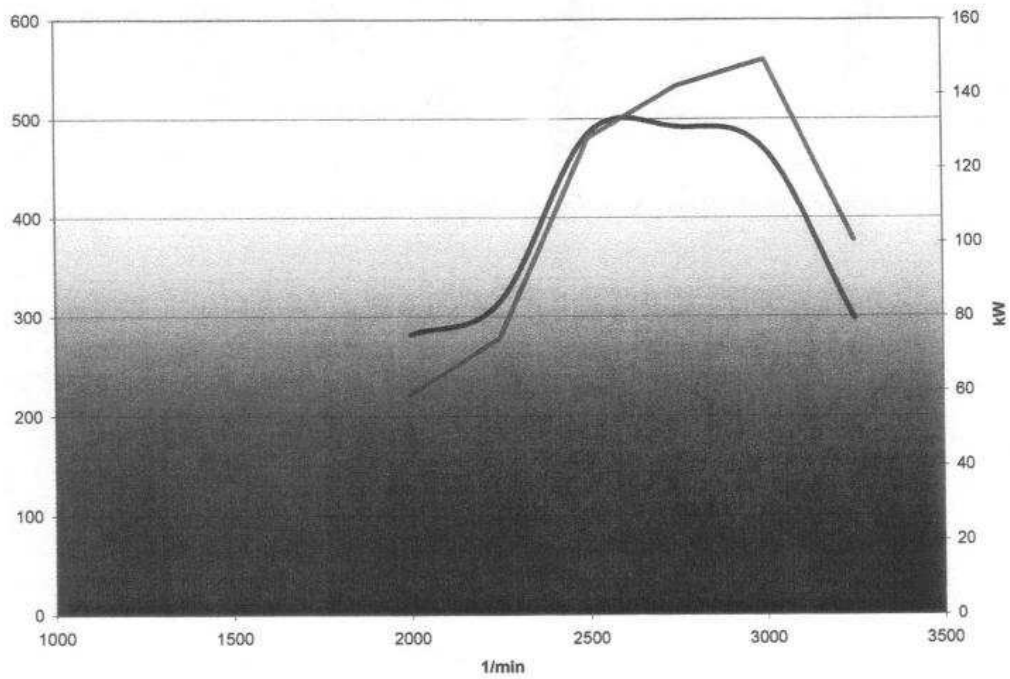
Syyksi paljastui MSD:n virranjakajan asentoanturi. Virranjakaja ei ole enää virranjakokäytössä, koska moottoriin oli asennettu suorasytytysjärjestelmä. Virranjakajan runko ja akseli asentoantureineen jätettiin kuitenkin paikoilleen osoittamaan nokka-akselin asentoa. Ongelma kanttiaallon liikkumiseen löytyi siitä, että MSD:n oma älykäs anturi muuntaa kipinän latausaikaa eri kierrosnopeuksilla. Ongelma ratkaistiin ottamalla liipaisun paikallaan pysyvistä nousevasta kantista, eikä liikkuvasta laskevasta kantista. Nyt auto oli todella lähellä tavoitetta.

Suoritettiin mittaukset OAMK:n dynamometrissä. Momenttiarvot olivat bensiinillä 149kW ja 492Nm, puukaasulla 56kW ja 213Nm (kuva 7). Bensiinillä teho oli parantunut 50 % ja puukaasulla teho oli parantunut 93 %.

Chevrolet JN1-97 Puukaasu



Chevrolet JN1-97 Bensiini



KUVA 7. Dynamometrikäyrät puukaasu ja bensiini evo1.2

5.2.5 Evo2

Dynamometritositteiden kanssa mentiin katsastuskonttorille ja katsastettiin auton ahtimella varustetuksi. Lähdettiin pitemmälle koe-ajolle Kangasalan Mobiliin hääpöytäpäiville. Koe-ajo päättyi Jyväskylään, missä moottoria kohtasi täystuho. Kohotetusta puristusaineesta ja sen päälle ahtamisesta johtuen osa kiertokangista katkesi, vaikka niiden oli luvattu kestävän 700 hevosvoiman moottorissa.

Paikoilleen asennettiin vakiopuristeinen moottori kaikilla aikaisemmillä varusteilla. Moottori toimi kyllä, mutta tehoa ei ollut entiseen malliin. Se kuitenkin toimi hyvin ja sillä pystyi keräämään pitkäaikaisempaa ajokokemusta.

Kokeiltiin Vesa Mikkosen (1.) valmistamaa paineilman pulssitinta sukka-suodattimen puhdistukseen ja siitä oli aivan merkittävä hyöty. Kamina kulki nyt paremmin kuin aikaisemmalla viritetyllä moottorilla. Mikkosen tehodynamometri (liite 4.) eli huippunopeuden kokeilu Petomäessä antoi nyt puukaasulla 69kW, n.138 % enemmän tehoa alkuperäiseen verrattuna.

5.2.6 Evo3

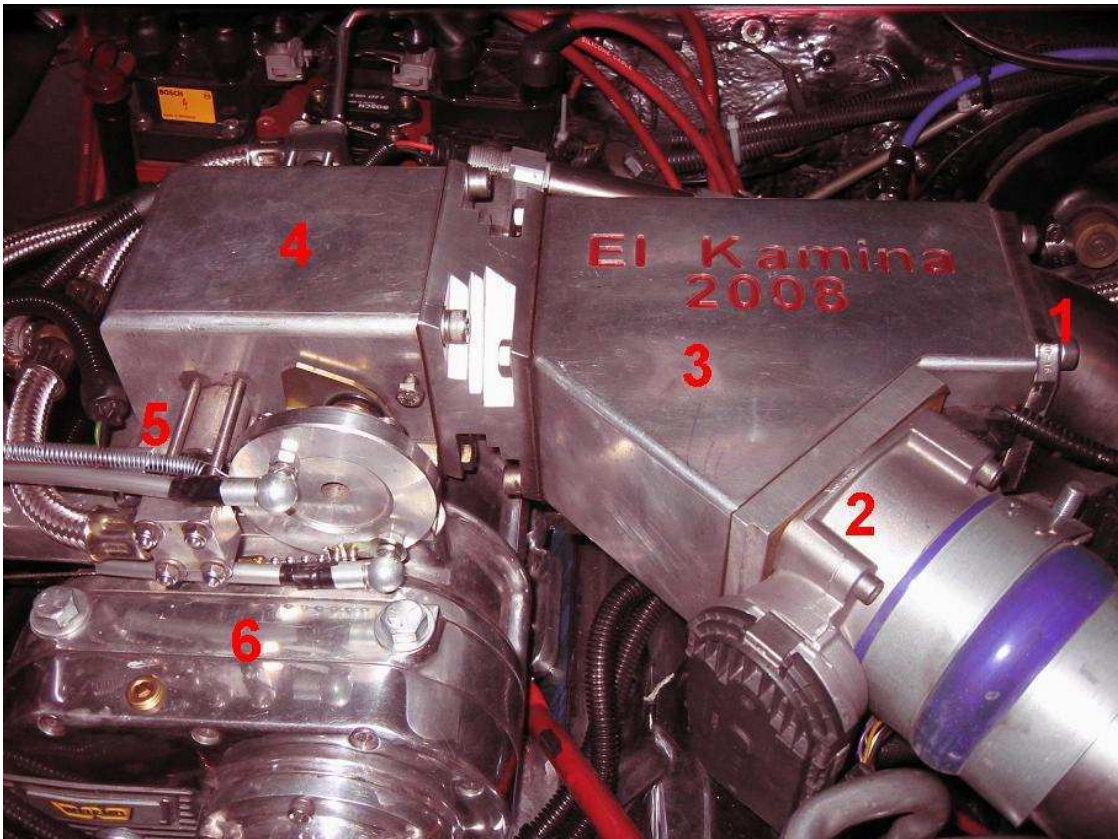
Koeajossa Chevroletin moottorin kestävyys osoittautui epäluotettavaksi, haluttiin saada jotain luotettavampaa moottoritekniikkaa. Uusi moottori hankittiin kiihdytysautoissa käytettävästä jälkimarkkinatuotteesta. Sitä ei löydy mistään autosta tehdasvalmisteisena, vaan kyseessä on puhdas kilpamoottori. Tästä 6 500 cm³ V8-moottorista otetaan kisakäytössä yli 1000 hevosvoimaa, sen uskottiin puukaasukäytössä kestävän. Koneen puristussuhde on 1:10,5 ja mekaanisen ahtimen välitystä vielä kasvatettiin, joten ahtopainetta saatiin hieman lisää, tähtäimessä aikaisemmin hyväksi todettu 17 bar puristusaine. Tällä moottorilla saavutettiin 80kW (175 % tehon nousu lähtötilanteeseen) ja se on myös osoittautunut luotettavaksi ratkaisuksi. (Kuvissa 8, 9 ja 10 on konehuoneen lopullisten laitteiden sijoittelua)



KUVA 8. Konehuone edestä



KUVA 9. Konehuone oikealta



KUVA 10. Konehuoneen laitteita

Kuvassa 10 näkyy seuraavaa:

1. Puukaasun tuloputki tulee auton alta.
2. Sähköinen kaasuläppä drive-by-wire annostelee ilmaa puukaasun sekaan.
3. Y-haara, jossa on puukaasun sulkuläppä oikeassa laidassa. Lämpän asentoanturi näkyy oikeassa laidassa ja alipainesylinteri ylhäällä takana.
4. Tehonsäätöläppärunko, jossa on kaasupolkimella ohjattava kaasuläppä.
5. Bensiinikäytön suuttimet, jotka annostelevat polttoainetta bensiinillä ajattaessa.
6. Mekaaninen ahdin, joka homogenisoi ilma-puukaasuseoksen ja parantaa sylinterin täytöstä.

6 SÄHKÖJÄRJESTELMÄ

Auton johtosarja jouduttiin käytännössä tekemään kokonaan uusiksi. Kytkentä-
kaavio on liitteessä 3. Kojelautaan asennettiin näyttö ja istuimen taakse ajoneu-
vokäyttöön tarkoitettu Windows XP tietokone (kuva 11). Tämän laitteiston tar-
koituksena on jatkossa toimia kaasuttimen ja automaation toiminnan seuraami-
sen virtuaalimittaristona, mutta tämän projektin aikana sillä säädettiin Motecin
polttoaineen sytytys- ja seoskarttoja.



KUVA 11. *El Kamina* sisältä

6.1 MoTec

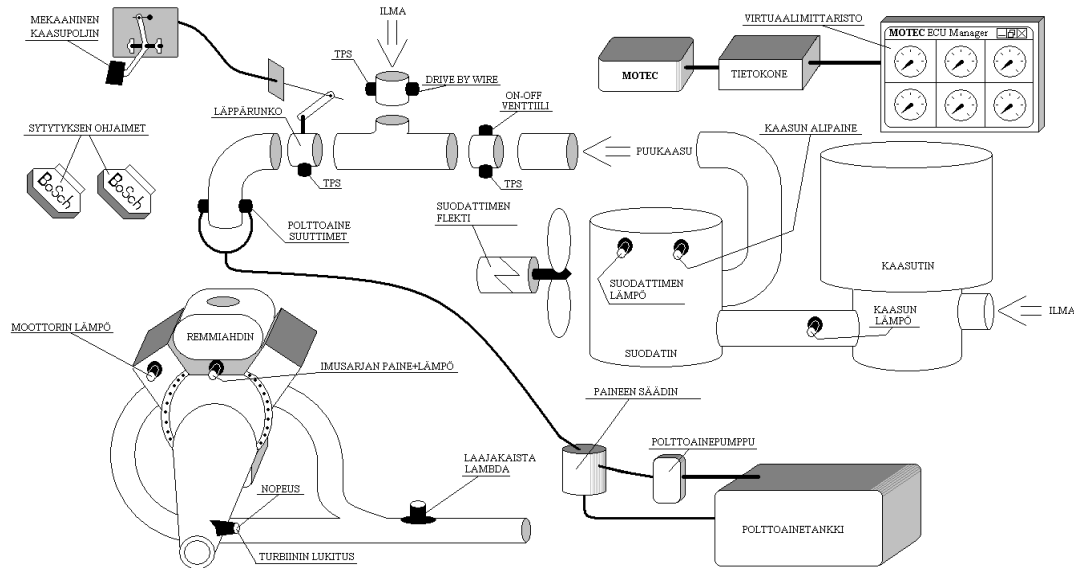
Moottorin ohjaimeksi valittiin Motec M800 Drive-by-wire optiolla. Se on vapaasti ohjelmoitava australialainen tuote, jota käytetään useimmiten kilpaajoneuvoissa.

6.2 Anturit ja toimilaitteet

Kuvassa 12 on esitetty kokonaisuuden hahmottamiseksi seuraavana luetellut laitteet.

- Lisäilmassa on Boschin valmistama 968 Porschen Drive-by-wire sähköinen läppärunko, kooltaan 75 mm.
- Varsinaisen tehonsäätöläpän asentoanturi tulee 5.0L Ford Mustangista, kuin myös puukaasunsulkuläpän asentoanturi.
- Puukaasun sulkuläppää käytetään alipainesylinterillä, jonka avautumista ohjaa Motec, pneumaattikka magneettiventtiilien kautta.
- Bosch 0281002244 mittaa painetta ja lämpöä imusarjasta.
- Bosch lämpöanturi mittaa jäähdytysnesteen lämpöä.
- Suorasytytystä ohjataan Motecilla, puolien ja Motecin välissä on Bosch 0227100200 sytytyksenvahvistimet.
- Boschin LSU laajakaistalambda mittaa pakokaasun jäännöshappea.
- Kaasun ulostulolämpöä seurataan PT100 lämpöanturilla.
- Suodattimen lämpöä tarkkaillaan PT100 lämpöanturilla ja ylikuumetessaan jäähdytetään flektillä.
- Bosch paineanturi suodattimessa ilmaisee puhdistustarpeen.
- Vaihdelaatikoilta saadaan nopeustieto, jota käytetään turbiinin lukon hallintaa parametrinä.

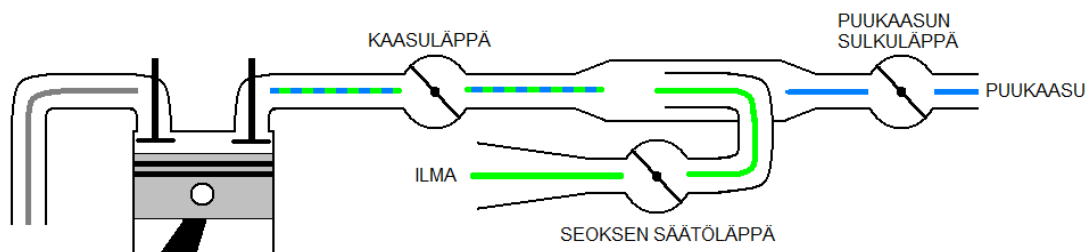
- Bosch polttoainesuuttimet annostelevat bensiiniä.
- Bosch polttoainepumppu ja 3bar paineen säädin huolehtivat suuttimien bensiinin saannista.



KUVA 12. Anturit ja toimilaitteet graafisesti esitettynä.

6.3 Toimintaperiaate

Motec-moottorinohjain on vapaasti ohjelmoitavissa ja näin ollen se soveltuu hyvin tähän käyttötarkoitukseen. Kaasuläppää hallitaan normaalisti kaasupolkimella ja kaasuläpän asentoanturi lukee tiedon läpän asennosta. Seoksen säätöläppä on sähkötoiminen. Puukaasun sulkuläppä toimii alipaineella, mutta alipainetta ohjataan sähköisesti. (Kuva 13.)



KUVA 13. Läppärunkojen sijainti

6.3.1 Puukaasukäyttö

Puukaasukäytössä puukaasun sulkuläppä on kokonaan auki ja seoksensäätöläppä säätyy seoskartan mukaan. Perusseoskartan X-akselilla on moottorin kierrokset ja Y-akselilla on kaasupolkimen asento. Risteyskohdan arvo on seoksensäätöläpän asento prosenteissa. (Kuva 14.) Nämä arvot säätämällä saatiin jo kaikissa muuttumattomissa ajotilanteissa seossuhde pysymään haluttuna.

Ainoastaan kuormituksen vaihtelut toivat ongelmia. Näin ollen auto pyrki samumaan risteyskiin pysähtyessä ja yskii kiihdytyksissä. Tähän tuo apua lambdakorjaus, joka pakokaasuista tarkkailee seossuhdetta ja korjaa sitä tarvittaessa. (Kuva 15.) Näiden lisäksi otetaan huomioon moottorin ja ulkoilman lämpötila, jotka toimivat myös peruskartan korjauskertoimena.

Tällaisella logiikalla puukaasuauto saatiin toimimaan hyvin kaikissa ajotilanteissa. Kuvassa 14 on huomioitavaa seosläpän looginen avautuminen 4000 kierrokseen minuutissa asti, minkä jälkeen lisäilmaa on ryhdyttävä kuristamaan koska itse puukaasuttimen maksimi kapasiteetti on tässä pisteessä saavutettu.

Aux Table 1

	RPM	0	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500
TP %	90,0	0	0	0	10	26	40	43	43	43	35	34	34	23	13
	80,0	0	0	0	14	24	40	43	43	43	35	34	34	22	7
	70,0	0	0	0	28	37	40	42	42	42	35	31	25	21	14
	60,0	0	0	0	27	37	42	42	42	42	31	24	22	16	16
	50,0	0	0	0	27	34	39	42	42	40	25	20	19	16	17
	40,0	0	9	17	26	30	38	42	42	35	24	12	12	9	13
	30,0	0	0	0	26	28	34	34	36	29	17	11	3	0	0
	20,0	5	5	5	5	5	28	33	33	28	20	8	3	0	-1
	10,0	0	-10	-10	-6	-6	8	12	13	15	6	1	0	-3	-3
	0,0	0	-10	-10	-6	-6	3	3	3	3	0	0	0	-3	-3

KUVA 14. Puukaasun perusseoskartta

Lambda Table (Lambda)

	RPM	0	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500
MAP kPa	200,0	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
	175,0	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
	150,0	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
	125,0	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
	100,0	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
	75,0	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
	50,0	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
	25,0	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
	0,0	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98

KUVA 15. Puukaasun lambdakorjauskartta

6.3.2 Bensiinikäyttö

Bensiinikäytössä puukaasun sulkuläppä on kokonaan kiinni ja seoksensäätöläppä on kokonaan auki. Seoskartan X-akselilla on moottorin kierrokset ja Y-akselilla on kaasupolkimen asento. Risteyskohdan arvo on polttoainesuutinten aukioloaika millisekunneissa. (Kuva 16.)

Fuel Main (% of UPU)																			
		RPM	0	500	850	1000	1500	2000	2500	3000	3500	3750	4000	4250	4500	5000	5500	6000	6500
TPD %	60.0	96.2	118.3	111.4	111.0	130.0	130.0	130.0	130.0	130.0	130.0	130.0	130.0	130.0	130.0	130.0	130.0	130.0	130.0
	50.0	95.3	117.2	107.9	104.5	124.3	122.1	122.1	123.8	123.9	123.9	123.9	124.0	124.0	124.0	124.0	124.1	124.1	124.2
	40.0	104.3	125.9	114.5	108.0	128.7	114.2	114.2	111.0	103.2	117.8	117.9	117.9	118.0	118.1	118.2	118.3	118.3	118.4
	30.0	93.4	114.8	101.1	110.0	120.0	116.0	116.0	119.1	118.1	111.7	97.9	107.0	112.0	112.1	112.3	112.4	112.4	112.6
	20.0	102.4	107.0	107.7	100.5	106.0	108.0	106.0	78.4	53.0	75.9	87.7	83.5	83.0	87.8	88.1	88.2	88.5	88.5
	16.0	103.8	102.1	99.0	96.6	94.5	82.9	74.6	54.5	55.5	63.5	63.6	63.7	63.9	64.1	64.4	64.5	64.8	64.8
	12.0	85.3	84.9	77.3	72.7	69.6	56.9	46.0	39.5	49.5	47.8	47.9	48.0	48.2	48.4	48.7	48.8	49.1	49.1
	8.0	81.8	71.6	63.6	60.2	46.0	46.2	40.0	40.3	42.7	42.8	42.9	43.0	43.2	43.4	43.7	43.9	44.1	44.1
	4.0	73.4	63.5	51.5	45.0	42.0	42.6	41.2	41.3	42.6	42.7	42.8	42.9	43.0	43.2	43.4	43.6	43.8	43.8
	0.0	65.0	55.6	45.0	38.8	39.0	42.0	42.2	42.3	42.5	42.6	42.7	42.8	42.8	43.0	43.2	43.3	43.3	43.5

KUVA 16. Bensiinikäytön seoskartta

7 YMPÄRISTÖKUORMITUS

Liitteessä 2 on esitetty El Kaminan päästöt bensiinillä ja puukaasulla. Bensiinillä päästöt menevät 1986 jälkeen valmistettujen ilman katalysaattoria olevien autojen rajoihin, mutta puukaasulla sama auto täyttää euro 4 päästoluokan vaatimukset. (5.)

Häkäpönttöauto on hiilidioksidineutraali, koska puu on sitonut kasvaessaan saman määrän hiilidioksidia, jonka se palaessaan vapauttaa. Puu on uusiutuva luonnonvara ja näin öljyalosteita ekologisempi vaihtoehto.

Puun ohella häkäpöntöllä kaasuttaa voi lähes mitä tahansa biomassaa. Esimerkiksi ruokohelmi ja paju ovat nopeasti kasvavia energiakasveja, joilla voisi kattaa suurenkin tarpeen.

8 YHTEENVETO

Tavoitteena oli valmistaa automatisoitu moottorinohjaus puukaasuautoon, jolloin autolla voisi ajaa joku muukin kuin häkäpönttöammattilainen. Tavoite saavutettiin hyvin tuloksin. Tästä huolimatta häkäpönttöautoilu vaatii harrastelijahenkisyyttä. Polttopuun hankinta, varastointi ja tankkaus, veden lisäys pesuriin, tuhkan ja lauhdeveden poisto ja suodattimen puhdistus jne. oheistyöt rajoittavat kaupallisen puukaasuauton yleistymistä. Autoharrastuksesta kiinnostuneille häkäpönttöauto tarjoaa kuitenkin mielenkiintoisen vaihtoehdon jopa päivittäiseksi käyttöautoksi, ainakin kesäajaksi.

Suurta vaivaa projektissa tuotti alkuperäinen autovalinta. Starttimootoreita paloi useita ja yksi akkukin särkyi pitkien starttaussyritysten johdosta. Pienempi moottori pyörisi kevyemmin ja näin akun ja startin rasitus olisi pienempi. Saksalaisista ja japanilaisista autoista löytyisi paljon paremman hyötysuhteen moottoreita (60 – 80 hv/litra), verrattuna amerikkalaiseen pikkulohko V8-moottoriin (30 hv/litra). Ilmeisesti pienemmästä moottorista olisi mahdollista saada sama teho ja luultavasti vielä parempi polttoainetalous. Alkuperäisessä auton valinnassa kuunneltiin häkäpönttöautoilijoiden perimätietoa ison moottorin eduista.

Puukaasumoottorin ahtamistakaan puukaasuharrastajat eivät pitäneet kannattavana projektina, mutta tämä työ osoitti ahtamisen sopivan puukaasukäyttöön erittäin hyvin. Ei asia sinänsä ole uusi, sillä Sysikaasu Oy on valmistanut ahdettua puukaasuautoa jo 1940-luvulla, mutta tietoa kyseisestä asiasta on niukasti saatavilla. Ahtimen ansiosta hyvin homogeeninen seos yhdistettynä hyvään sylinterin täytökseen antoivat mielenkiintoisen tuloksen sytytysennakosta.

Testeissä todettiin, että bensiinillä ja puukaasulla piti käyttää samaa sytytysennakkoa parhaan tehon ja toiminnan saavuttamiseksi, kun perinnetieto taas sanoo parhaan sytytysennakon olevan puukaasulla 10–20 astetta aikaisemmalla kuin bensalla. Tämä tieto antaa lisätutkimuksen ja uusien opinnäytetöiden aiheita puukaasun todellisesta käyttäytymisestä palamistapahtumassa. Tämän työn jatkoksi Jani Kaaresto on tehnyt Ekokorttelin voimalaitokselle opinnäytetyön: ”Puukaasumoottorin kierrosnopeuden säätö”.

LÄHTEET

1. Mikkonen, Vesa 2006. Ajoneuvoon asennettavan puukaasuttimen rakennusohjeet. Äänekoski: Omakustanne.
2. Parmala, Simo-Pekka 1980. Tutkimusselostus N:o 24, Polttomoottorien varustaminen kotimaisten polttoaineiden käyttöön soveltuviksi. Vihti: Vakola.
3. Ekoautoilijat. 2012. Saatavissa: www.ekoautoilijat.fi -> Lakitietoa. Hakupäivä 16.10.2012
4. Ekoautoilijat. 2012. Saatavissa: www.ekoautoilijat.fi -> Sysivideo. Hakupäivä 16.10.2012
5. Trafi. 2012. Saatavissa: www.trafi.fi/kumppanit/tieliikenteen_kumppanisivusto/katsastusyriytykset/katsastustoiminta/katsastuksen_ohjeet. Hakupäivä 31.10.2012

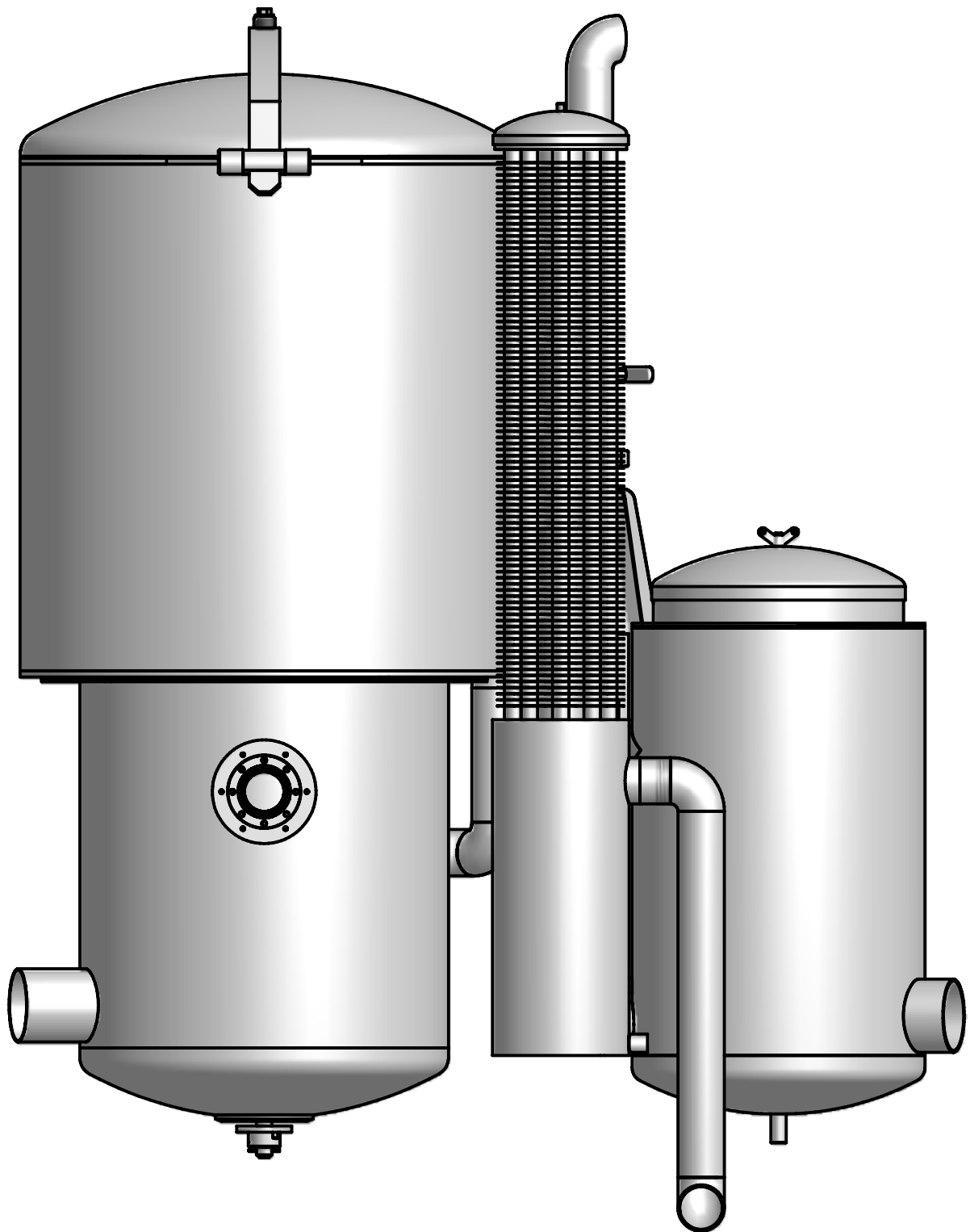
LIITTEET

Liite 1 Cad kuvia kaasuttimesta

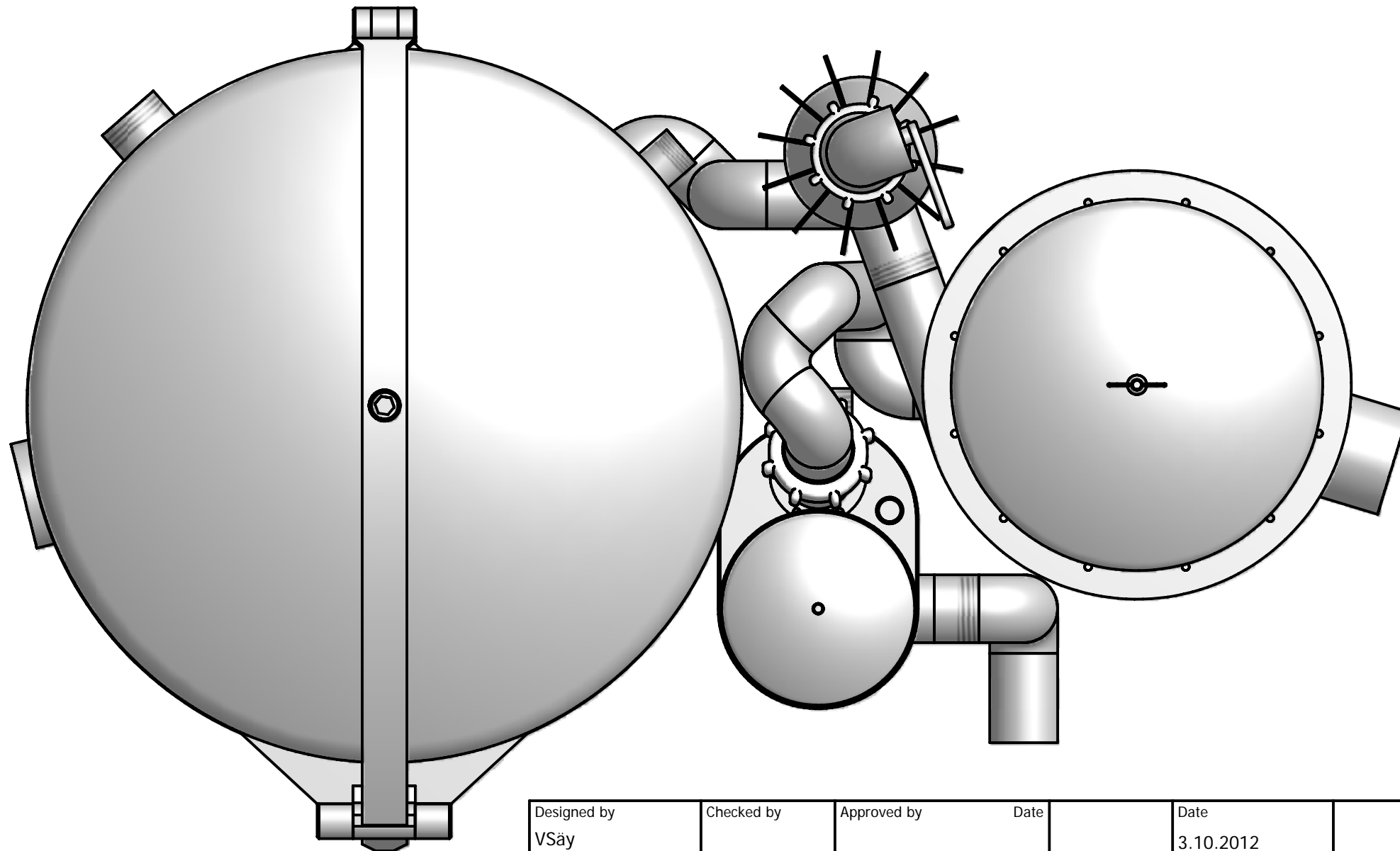
Liite 2 Pakokaasupäästöt

Liite 3 Kytkentäkaavio

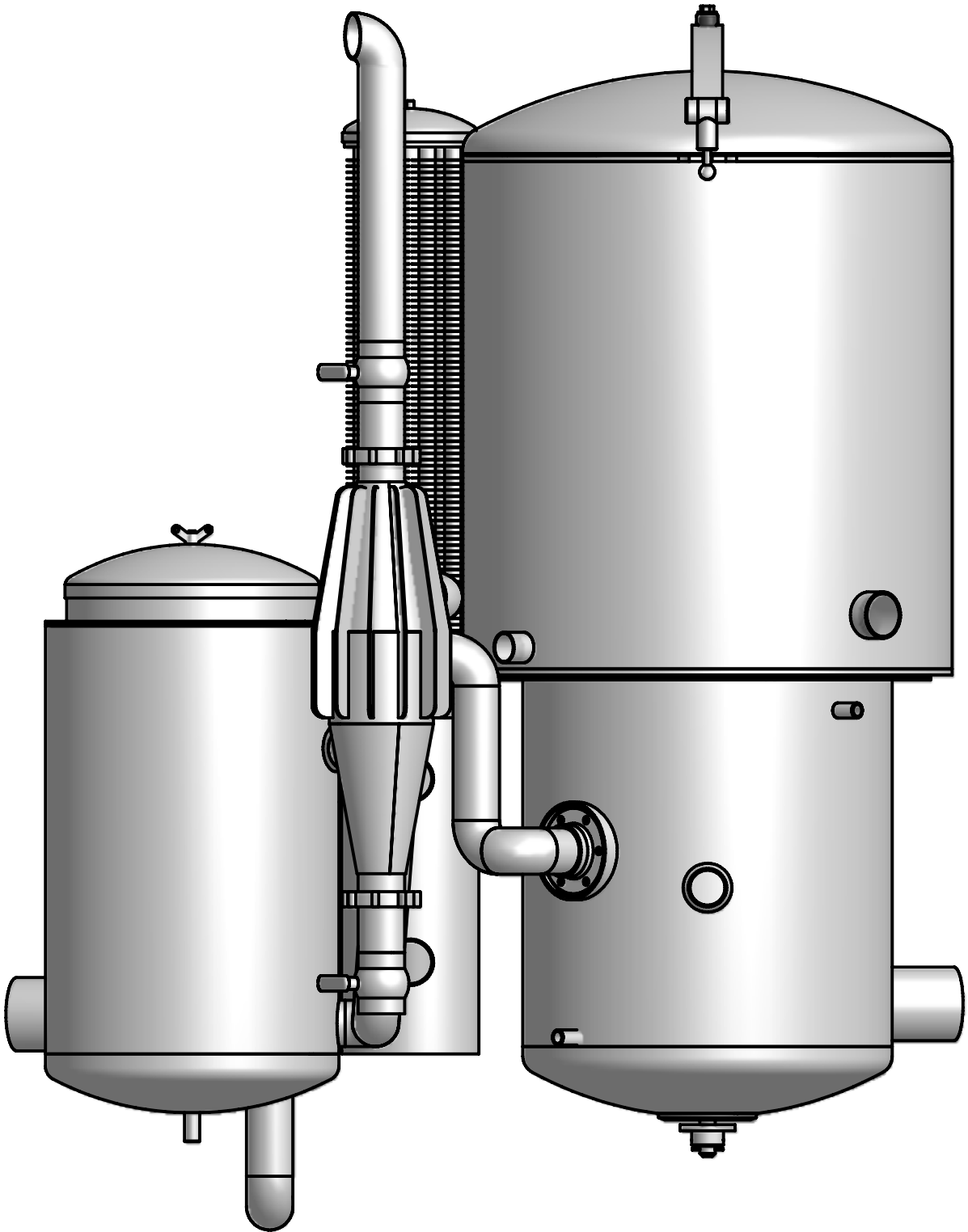
Liite 4 Projektipäiväkirja



Designed by VSäy	Checked by	Approved by	Date	Date 3.10.2012
			Kaasutinlaitteisto edestä	
			Edition	Sheet 1 / 1



Designed by VSäy	Checked by	Approved by	Date	Date 3.10.2012	
			Kaasutinlaitteisto päältä		
				Edition	Sheet 1 / 1



Designed by VSäy	Checked by	Approved by	Date	Date 3.10.2012	
			Kaasutinlaitteisto takaa		
			Edition	Sheet 1 / 1	

B O S C H
Pakokaasutesti
Testitulos

TESTIPAIKKA
OAMK / TEKNIIKAN YKS.
AUTOLABORATORIO
Kotkantie
Oulu

BEA-versio: V2.10-FIN
AMM-versio: 5575

Päiväys: 05.05.2008
Aika: 16:31

AJONEUVON TUNN.TIEDOT
Rekisterinumero: JN1-97
Ajokilometrimäärä: 1612
Merkki: Chevrolet
Tyyppi: *Punkaasu*
Malli: El Kamina
Käytt.otto: 1987

TULOKSET
Silmäm. tarkistus: o.k#

öljyn l.tila [°C] o.k.
min: 50 On: 98

Joutokäyntimittaus

Pyörintänopeus	960	/min
Lambda	1.163	
CO	0.176	% til
CO2	16.36	% til
HC	48	ppm til
O2	4.01	% til
COcor	0.176	% til

TULOKSET
Joutokäyntimittaus:
Pyörintänopeus
(700-1000)

CO	(3.50)	o.k.
HC	(600)	o.k.

Testi hyväksytty

manuaali syöttö

B O S C H
Pakokaasutesti
Testitulos

TESTIPAIKKA
OAMK / TEKNIIKAN YKS.
AUTOLABORATORIO
Kotkantie
Oulu

BEA-versio: V2.10-FIN
AMM-versio: 5575

Päiväys: 05.05.2008
Aika: 16:01

AJONEUVON TUNN.TIEDOT
Rekisterinumero: JN1-97
Ajokilometrimäärä: 1612
Merkki: Chevrolet
Tyyppi: *Bensiini*
Malli: El Kamina
Käytt.otto: 1987

TULOKSET
Silmäm. tarkistus: o.k#

öljyn l.tila [°C] o.k.
min: 50 On: 94

Joutokäyntimittaus

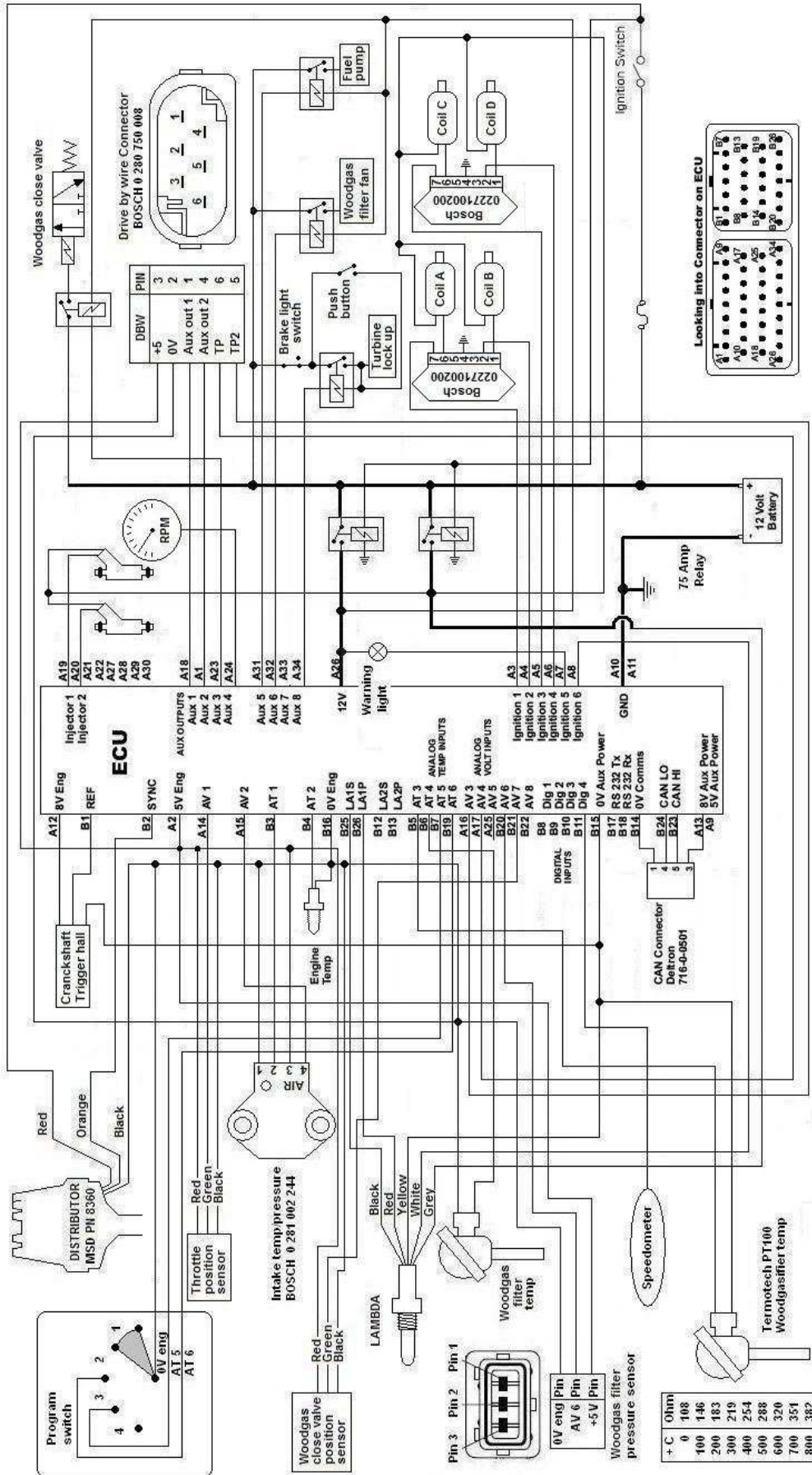
Pyörintänopeus	910	/min
Lambda	1.096	
CO	2.445	% til
CO2	10.94	% til
HC	519	ppm til
O2	4.05	% til
COcor	2.740	% til

TULOKSET
Joutokäyntimittaus:
Pyörintänopeus
(700-1000)

CO	(3.50)	o.k.
HC	(600)	o.k.

Testi hyväksytty

manuaali syöttö



Projektipäiväkirja 2008

15.3 Lauantai

- Moottorin ja vaihteiston asennus.
- Auto valmis mekaanisesti, vain sähköt puuttuvat.

22.3 Lauantai - 28.3 Perjantai

- Sähkökomponenttien, Motecin ja johtosarjan asennus.
- Sähköjen testausta.

29.3 Lauantai

- Ensimmäiset starttauseritykset. Ei lähde käyntiin. Maadoitetaan polttoainesuutin hetkeksi hyppyjohdolla, jonka jälkeen käynnistäessä hörähtää sekunniksi käymään.
- Nokka-akselin ajoituksen tarkastus.
- ECU managerin kanssa ongelmaa, softa korruptoituu pilalle joka toisessa ohjelmointi yrityksessä. Herättää hämmästelyä.

1.4 Tiistai

- Cranck index positionin kohdistusta.
- Alustavaa ECU managerin asetusten konfigurointia.

2.4 Keskiviikko

- Arto Lehtonen tulee laittamaan EI Kaminan käymään, mutta huonolla menestyksellä. Polttoaineen puute vaivaa, auto ei lähde käymään vaikka Motecin säädöt ovat täysillä.
- Sytytyksen ajoitusta tarkastaessa löytyy pyöräjän alta keskikosäädin, joka poistetaan ja säätö hitsataan jumiin.
- Kamina lähtee vaivalloisesti käyntiin pitkän starttauksen jälkeen, jos käsiryypytystä eli rajoittaa ilmansaantia kädellä.
- Motecin ohjelmointikaapeli osoittautuu vialliseksi. Arto lainaa omaansa.
- Startti savuaa lopulta, mutta toimii vielä jäähdyttelyn jälkeen.

3.4 Torstai

- Asennetaan primer painokatkaisin kojelautaan, jolla voi maadoittaa toisen suuttimen manuaalisesti. Tällä saadaan Kamina käymään tyhjäkäyntiä, mutta vain tyhjäkäyntiä.
- Lopulta starttimoottori sulaa pilalle, pitkien starttausten johdosta.
- Suuttimien todellinen koko alkaa epäilyttää, joten suuttimet irti ja koulun suutinpenkkiin testaamaan. Oletetut 1000cm³/min suuttimet osoittautuvatkin 120cm³/min kokoisiksi Lada 1700i:n suuttimiksi. Robert Boschin virallisessa luettelossa on virhe, jonka vuoksi tilaus ei ole onnistunut. Arto tilaa uudet.
- Päätetään lämmittää häkäpönttö perjantaina, koska suuttimia joudutaan odottelemaan.

4.4 Perjantai

- Vaihdettu uusi startti sulaneen tilalle, mutta vieläkin pyörii vaisusti.
- Ostetaan Optima yellow top akku hyytyneen Vartan tilalle.
- Lämmitetään häkäpönttö ensimmäistä kertaa.
- Puukaasulla Kamina hörähtelee ja käykin muutaman minuutin. Ongelmaksi muodostuu kaasutin joka kylmenee pitkissä starteissa, eli kaasunmuodostus loppuu ennen käyntiinlähtöä.
- Päätetään jatkaa puukaasusäätöä CCM-Powerin kaasulla, kunhan saadaan Kamina käyntikuntoon bensiinillä.
- Arto lainaa 800cm³/min suuttimia, koska 1000cm³/min tulevat vasta keskiviikkona.

5.4 Lauantai

- Asennetaan 800cm³/min suuttimet ja käyntiinlähtö paranee huomattavasti. Ei tarvitse enää ”käsiryypyttäjää” starttaukseen.
- Moottoria käytetään muutama minuutti kerrallaan, jottei se keitä ja haetaan seoskarttaa kohdalleen.
- Lämpöongelma jatkuu, joten päätetään vaihtaa alkuperäinen mekaaninen viskoflekti takaisin paikoilleen, jos Biltemasta ostettu sähköflekti onkin liian tehoton.

7.4 Maanantai

- Lämpöongelma poistuu mekaanisella flektillä.
- Tulpanjohto- ja hattu sulivat pakosarjaan, vaikka niiden piti olla kuumuutta hyvin kestävää mallia.
- Kickdown vaijeri jumitti ja katkesi, (ilmeisesti) tästä johtuen vaihteet eivät mene enää päälle.
- Moottori käy sievästi tyhjäkäyntiä 1600rpm, mutta sen alle sammuu. DBW rajoitettu aukeamaan max 20 %, joten kierrokset ovat kaasu pohjassa 3600rpm, tällöin alkaa paukkua putkessa, eikä sytytyksen säätö auta.
- Autolla voisi jo ajaa, jos vaihdelaatikko toimisi

8.4 Tiistai

- Kickdown vaijeri uusittu, vanhan kuori oli sulanut pakoputken lämmöstä, uusi lämpöeristettiin ja vaihteistoöljyä lisätty 4litraa.
- Siirto OAMK:n autolabraan ajamalla, kiihdyttäessä reilulla kaasulla kuuluu koneesta nakuttava ääni, vika sytytyksen ajoituksessa?
- Takajousen ilmapussissa reikä, ilmeisesti sulanut pakoputken lämmöstä.
- Arto säätää Kaminaa tehodynamometrissä. Käynti paranee huomattavasti (tyhjäkäynti 700rpm), eikä moottori enää sammu vaihdetta päälle laittaessa.
- Rasituksessa koneesta kuuluva nakutus ei poistu sytytyksen säädöllä, epäillään mekaanista vikaa.
- Suunnitellaan kampiakselille triggeripyörän laittoa ja suorasytytystä, koska sytytyksen säätövara ei riitä jakajasytytyksellä.

9.4 Keskiviikko

– Moottori naputtaa edelleen, joten käydään kuunteluttamassa sitä moottorin tekijällä, joka ei kuule ääntä, koska pakosarja on alkanut vuotaa.

10.4 Torstai

– Uusitaan ahtimen tiiviste ja pakosarjan tiiviste.

11.4 Perjantai

– Puukaasutesti CCM-Powerin kaasulla Oulunsalossa. Kaminasta teipataan käynnistyspuhaltimen ilmanotto umpeen ja yhdistetään kaasuletku syklonin savupiippuun. Kaasuletkussa on 360Psi:n paine. Pitkiä starttauksia, ei lähde käyntiin. Lopulta Leo Ruokamo vääntää puukaasun sulkuventtiiliä konehuoneesta pienemmälle startin aikana, ja moottori hyrähtää heti käyntiin, mutta sulkuventtiiliä ei kestä avata moottorin tukehtumatta. Suljetaan savupiipussa olevaa venttiiliä 50 %, jolloin kaasua ei tule liikaa, jonka jälkeen moottori alkaa käydä erittäin hyvin, eli pienikin paine järjestelmän alussa muuttaa asetelmaa huomattavasti, verrattuna normaalisti käytössä olevaan alipaine-toimiseen kaasuttimeen. Moottori käy puukaasulla tasaisemmin, kuin bensiinillä ja vastaa kaasuun herkästi. Käyntiin lähtemiseksi konehuoneen sulkuläppää on käytettävä kädellä kiinni pieneksi hetkeksi, tämä ongelma saattaa johtua paineistetusta kaasusta. Sytytyshetki on sama kuin bensiinillä, sen muuttaminen joksikin muuksi huonontaa käyntiä. Kirjoissa ja tutkimuksissa väitetään, että puukaasulla sytytyshetkeä pitäisi muuttaa 10–20 astetta aikaisemmalle. Toki suorasytytys on vielä asentamatta, jolla saadaan tarkempi ajoitus, tai tilanteeseen voi vaikuttaa CCM-Powerin patentilla valmistettu todella hyvä-

laatuinen puukaasu. Seoksen säätö (λ 0,8–1,5) ei ainakaan paikallaan ollessa vaikuta paljoa moottorin käymiseen, joten voidaan todeta kaasun ja ilman sekoituksen olevan tehokasta mekaanisessa ahtimessa, muuta sekoitinta järjestelmään ei ole rakennettu. Seoksen homogeenisuus on puukaasukäytössä tärkeää. CCM-Powerin omassa V8 moottorissa ei ole ahdinta ja sen testeissä osoittautui sekoittimen rakenteen vaikuttavan ratkaisevasti moottorin toimintaan.

– Moottori naputtaa edelleen, käydään jälleen kuunteluttamassa sitä moottorin tekijällä, joka nyt kuulee äänen ja suosittelee moottorin avaamista.

– Moottorista puretaan apulaitteet, imusarja, pakosarja, venttiilikopat, venttiilikoneisto ja jakopään koppa, mutta mitään poikkeavaa ei näy.

12.4 Lauantai

– Moottori puretaan kokonaan ja vika selviää: vääntynyt kiertokanki sylinterissä nro 8, mutta vaurion syy jää arvoitukseksi. Mäntä on ottanut kampiakselin vastapainoon, tästä on kuulunut se naputtava ääni.

14.4 Maanantai

– Uudet männät ja kiertokanget tilaukseen

16.4 Keskiviikko

– Kiertokanget tulevat männäntapin puristussovitteella, vaikka ne tilattiin nimenomaan uivilla männäntapeilla.

– Tilaus uusiksi.

17.4 Torstai

- Saadaan oikeat kiertokanget.
- Tilatut männät ovat ylikokoa, joten ne eivät sovi sylintereihin.

18.4 Perjantai

- Lohko poraukseen.
- Damperista valmistetaan triggeripyörä suorasytytykselle.

19.4 Lauantai

- Moottorin kasaus.

20.4 Sunnuntai

- Moottorin asennus autoon.

21.4 Maanantai

- Loppujen apulaitteiden asennus.
- Artolta saadaan suorasytytyksen osat, asennetaan Puskurin haastattelun jälkeen 27.5.
- Moottori lähtee helposti käyntiin bensalla.
- Vähän aikaa käytyä moottorista kuuluu terävä metallinen kirskunta, joka kuitenkin lakkaa itseksensä.

– Lämmitetään häkäpönttö ja käydään 50km testiajo. Ilman lämpötila on +5 ja pöntössä on n.8 % kosteuden omaavaa pilkettä. Kamina kulkee vaivattomasti vauhdissa, mutta risteyksiin pysähdyksien jälkeen moottori sammuu jatkuvasti. Tietokoneesta loppuu akku, joten seoskartan säätö on mahdotonta. Drive by wire liikkuu nyt 1:1 suhteessa tehonsäätöläppään nähden.

22.4 Tiistai

– Ajetaan 100km testiajoa ja säädetään seoskarttaa, jotta saadaan lambda arvo kaikissa ajotilanteissa mahdollisimman lähelle $\lambda=1$. Kamina toimii paremmin, mutta risteyksistä lähdettäessä sammuu joka kerta. Nyt pääsee jatkamaan matkaa kerta starttauksella, mikä on selvä parannus edelliseen testiajoon. Moottoritiellä ajettaessa yli 96km/h nopeudella, pakoputkessa alkaa paukkua erittäin voimakkaasti, joka loppuu kun moottorin kuormitusta kevennetään ja nopeus laskee. Epäillään sytytyksen toimintaa suurella kuormituksella.

23.4 Keskiviikko

– Moteciin ohjelmoidaan lambdasäätö seoskartan kompensointiin, jotta risteyksiin sammumisongelmasta päästäisiin eroon.

– Testiajoa 200km. Aluksi lambdasäätö on liian rajua (max 100 %) ja aiheuttaa moottorin kierrosnopeuden ryntäilyä ylös alas. Säätö puolitetaan max 50 %:iin Drive By Wiren oletuksesta. Moottorin käynti rauhoittuu, eikä se sammuu enää risteyksiin, mutta lambda-arvo vaihtelee vielä turhan paljon. Säätöä pudotetaan max 40 %:iin ja lambdan seilaus rauhoittuu. Moottoritiellä ajettaessa yli 96km/h nopeudella,

pakoputken pauke jatkuu entiseen malliin. Soitetaan Vesa Mikkoselle, joka kehottaa testaamaan pelkällä hakkeella ajamista, koska pilke ei ehkä ehdi kaasuuntua riittävän nopeasti, isomman kokonsa vuoksi.

– Mikkonen on huolissaan kangassuodattimen kuumumisesta, koska sen flekti ei ole toiminnassa ja suodatin ei kestä yli +240 °C lämpötilaa.

24.4 Torstai

– Testiajo hakkeella 100km. Aluksi Kamina käy raskaasti ja lambda näyttää liian rikasta seosta. Seoskarttaa laihennetaan 15–20%, jolloin lambda kääntyy taas oikeaan suuntaan. Eli pilkkeelle ja hakkeelle tarvitaan eri seoskartat. Nakutusta esiintyy kiihdytyksessä, jolloin sytytystä säädetään viisi astetta myöhäisemmälle. Risteysajo sujuu hyvin, moottori ei yritäkään sammua. Moottoritiellä ei pakoputken pauke ala, vaikka ajetaan useita kilometrejä 110km/h nopeudella, joten suurempaan rasitukseen puukaasutin tarvitsee pienempää haketta antaakseen riittävän tehon.

– Kytettiin lämpötilan mittaus suodattimeen, mutta ylikuumumisesta ei ole tietoaakaan, lämpötila pysyy +91...+132 °C välillä moottorin kuormituksesta riippuen, ulkolämpötilan ollessa +10 °C.

– El Kamina toimii nyt puukaasulla niin hyvin, kuin projektin alussa speksattiin, ja pystyttiin kumoamaan seuraavat väitteet:

Puukaasumoottorin ahtaminen on vaikeaa

Puukaasumoottoriin tulee tehdä monimutkainen kaasun sekoitin

Puukaasumoottorin lambda seossäätöä ei saa toimivaksi

25.4 Perjantai

- Puskuri kävi tekemässä ohjelman Kaminasta.
- Testiajoon laitetaan yksi säkki pilkettä ja loput haketta. 50 % haketta ja 50 % pilkettä ohjelmalla moottori käy liian rikkaalla, kun taas 100 % haketta ohjelmalla laihalla, eli 75 % haketta ja 25 % pilkettä tarvitsee oman ohjelman. Polttoaineen koko siis vaikuttaa huomattavasti kaasun laatuun.

27.4 Sunnuntai

- Asennetaan suorasytytys, ei lähde käyntiin.
- Puukaasuttimen sytytys laitetaan manuaalisesti toimiviksi, koska suorasytytys vie neljä (4) ignition-lähtöä.

28.4 Maanantai

- Motecin asetuksista puuttuu triggeripyörän hammasluku. Kun se korjataan oikeaksi, Kamina lähtee käyntiin heti, mutta paukkuu yli 2500 kierroksilla. Epäillään damperin värisevän liikaa ja aiheuttavan häiriötä triggeröintiin. Luultavasti syyksi paljastuu bensiinin puute, vaikka entisellä sytytysjärjestelmällä se toimi. Korjataan polttoainekarttaa. Ajaminen onnistuu, mutta alle 1500rpm:n jälkeen kiihdyttäessä paukkuu.

29.4 Tiistai

– Arto säätää bensan seoskarttaa dynolla. Käynti paranee, mutta alle 1500rpm ja yli 4000rpm aiheuttaa paukkumista. Todetaan Motecin ref sync capturesta hall signaalien menevän kyseisissä kierrosluvuissa päällekkäin. Syyksi epäillään damperin värinää ja virranjakajan vällyksiä.

30.4 Keskiviikko

– Otetaan triggeripyörästä joka toinen hammas pois, jotta hall signaalin vaelteluille saataisiin enemmän tilaa. Ei lähde käyntiin. Motec ei hyväksy neljää hammasta käytettäväksi multitooth asetuksella.

2.5 Perjantai

– Laitetaan poistetut hampaat takaisin. Lähtee käyntiin heti.

– Koe ajolla tallennetaan ref sync capturea monta kertaa ja huomataan virranjakajan kanttiaallon levenevän kierrosten noustessa, eli tämän johdosta aallot menevät päällekkäin kahdella kierroslukualueella. Alun perin virranjakajan hall aaltoa on käytetty MSD:n puolan lataukseen, jolloin puolan latausaikatarve jatkuu kierrosten noustessa ja siksi aalto levenee.

– Haetaan Artolta ”järjetön” hall anturi, jossa aallon leveys ei muutu.

– Testataan vielä ennen anturin vaihtoa muuttaa liipaisu tapahtumaan nousevasta, eikä laskevasta kantista ja se toimii. Kone käy paremmin kuin koskaan. Anturi saa jäädä ennalleen.

– Projekti piti olla vapuksi valmis, eli myöhästyi päivän ☺

3.5 Lauantai

- Timo Sipilä tekee aamupäivällä esittelyvideon Kaminasta.
- Iltapäivällä mennään esittelemään Kaminaa American car showhun.

4.5 Sunnuntai

- Kaminan esittelyä American car showssa.

5.5 Maanantai

- Viedään Kamina dynamometri mittaukseen, jotta nähdään paljonko muutokset vaikuttivat tehoon. Puukaasulla saatiin 56kW, joka tarkoittaa n.90 % tehon lisäystä. Bensinillä saatiin 148kW, mutta moottori alkoi pätkiä 4000rpm kohdalla ja Motecin näyttöön tuli ilmoitus "Not connect to ECU" kuitenkin kaasua löysätessä moottori jatkoi käyntiä. Bensalla ei ole tarvettakaan käyttää niin suuria kierrosnopeuksia, joten emme siitä sen suuremmin huolestuneet.

9.5 Perjantai

- Kamina käytiin dynolappujen kanssa katsastamassa ahtimelle.
- Nyt oli pitkän koeajon aika, eli keula kohti Kangasalan häkäpönttöpäiviä.
- Matka ajossa testasimme seoksen laihennusta, koska kirjallisuudessa kerrotaan puukaasun toimivan jopa lambda 3,00 arvolla. Toisielämässä lambdaa pystyi säätämään 1,35 paikkeille tällöinkin teho laski huomattavasti. Paras teho ja toiminta tuntuu olevan $\lambda=1,05\dots 1,10$ tuntumassa. Täysi säiliö polttoainetta riitti 170km.

Lauhdevettä ei tullut yhtään, mitä ihmettelimme, ehkä vesi oli loppunut lauhduttimesta? Loput 120km ajoimme bensalla.

– Ensimmäinen etappi päättyi Äänekoskelle Vesa Mikkosen luo. Täytimme polttoainetta ja lauhduttimen. Mikkonen koeajoi Kaminaa tunnin ajan. Pari kertaa putkessa tai imusarjassa paukahteli, jota ei ollut aiemmin tapahtunut normaali ajossa puukaasulla. Moottorin ääni oli ehkä muuttunut hieman raaemmaksi jostain syystä. Mitään kolinoita ei kuitenkaan kuulunut. Lauhdevettä tuli nyt useita litroja.

10.5 Lauantai

– Lähdimme aamulla Kangasalan suuntaan. Jälleen moottori paukahteli ja sammui muutaman kerran, joka ei ollut normaalia. Olihan koeajoja ajettu jo 700km ilman tällaisia oireita.

– Moottoritiellä ohitimme täysperävaunuyhdistelmää ja juuri kun pääsimme ohi, kuului ensin useita peräkkäisiä paukahduksia, sitten metallinen ryminä ja konepellin alta nousi sankka savu. Kolmossylinterin kiertokanki oli katkennut, nelossylinterin kangesta olivat pultit katkenneet ja se oli repinyt reiän öljypohjaan.

– Kotimatka suoritettiin trailerin kyydissä.

15.5 Torstai

- Uuden moottorin asennus. Tällä kertaa puristussuhde pidetään vakiona, koska moottori ei näköjään kestä niin suurta paineen nousua sylinterissä. Ahdin kuitenkin asennetaan paikoilleen, arvellaan vakio-puristeisen moottorin sen kestävän.

- Kamina toimii vakiomoottorilla yhtä hienosti kuin ennenkin, mutta tehoa on selvästi aiempaa vähemmän.

3.6 Tiistai

- Kangassuodatin puhdistetaan Vesa Mikkosen valmistamalla paineilman pulssituspuhdistimella, jonka jälkeen Kamina kulkee paremmin kuin koskaan. Kulku on parempaa kuin viritetyllä moottorilla aiemmin. Suodatin on ollut siis tukossa koko projektin ajan.
- Diplomi insinööri Vesa Mikkonen on mitannut Petomäen nousukulman ja tehnyt taulukon, josta näkee auton tehon huippunopeuden funktiona. Tämän taulukon perusteella Kaminassa on nyt 69kw. Taulukko pitää paikkansa melko hyvin, koska saimme viritetyllä moottorilla 57kw dynamometrillä ja 55kw Mikkosen taulukolla.