



TEKNIikka JA LIIKENNE

Auto- ja kuljetustekniikka

Autosähkötekniikka

INSINÖÖRITYÖ

E-RAN MATKUSTAMON TUULETUS- JA LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ

Työn tekijä: Antti Jokinen

Työn ohjaaja: Harri Miinin

Työn ohjaaja: Sami Ruotsalainen

Työ hyväksytty: __. __. 2010

Harri Miinin

projekti-insinööri



ALKULAUSE

Insinööriyön tavoitteena on esitellä, kuinka E-RA -sähköurheiluauton matkustamon tuuletus- ja lämmitysjärjestelmä on toteutettu. Tutkielmassa lähdetään liikkeelle suunnittelussa ja pääpiirteistä mitä järjestelmissä otettava huomioon. Ajatuksena on antaa järjestelmien kuvaus siitä, mitä on tehty ja miksi siihen on päädytty sekä mitä tuloksia saatiin. Työn tarkoituksena on myös antaa kuvaus siitä, mitä kaikkea tämän kaltaisen projektin tekeminen sisältää. Haluan kiittää E-RA -projektissa mukana olleita, sekä tahoja joiden ansiosta olen saanut tämän työn tehtyä. Kiitos kuuluu myös Henry Fordin säätiölle myöntämästä apurahasta, jolla oli suuri merkitys tämän insinööriyön valmistumiselle.

Helsingissä 7.9.2010

Antti Jokinen

INSINÖÖRITYÖN TIIVISTELMÄ

Työn tekijä: Antti Jokinen	
Työn nimi: E-RAn matkustamon tuuletus- ja lämmitysjärjestelmä	
Päivämäärä: 7.9.2010	Sivumäärä: 41 s. + 6 liitettä
Koulutusohjelma: Auto- ja kuljetustekniikka	Ammatillinen suuntautuminen: Autosähkötekniikka
Työn ohjaaja: Harri Miinin, projekti-insinööri	
Työn ohjaaja: Sami Ruotsalainen, lehtori	
<p>Tämä insinöörityö tehtiin osana Metropolia Ammattikorkeakoulun E-RA-sähköurheiluauto- projektia, joka alkoi vuoden 2007 syyskuussa silloisen Helsingin ammattikorkeakoulu Stadian projektina.</p> <p>Työn tavoitteena oli selvittää, kuinka sähköautoon rakennetaan tuuletusjärjestelmä perustuen saatavilla oleviin tietolähteisiin ja malleihin. Työ perustuu kuitenkin suurimmaksi osaksi omakohtaiseen näkemykseen, suunnittelutyöhön ja niiden toteuttamiseen. Työn kirjallinen osuus jakautuu kahteen osaan. Ensisijaisesti työ kertoo tuuletusjärjestelmän rakennusprojektista ja toissijaisesti lämmitysjärjestelmän toteutuksesta autoon. Työ antaa myös yleiskuvan siitä, mitä suunnitteluvaiheessa tehtiin, mihin tavoitteisiin haluttiin päästä ja mihin lopputuloksiin päädyttiin.</p> <p>Kirjallinen osuus jakautuu kuuteen osaan. Aluksi kuvataan järjestelmien pääpiirteet ja niiden toimintojen tarkoitus. Toiseksi ja kolmanneksi keskitytään tuuletusjärjestelmän valmistukseen ja sen ympärille liittyviin asioihin, kuten ilmanottoon ja sen ohjaukseen autoon. Seuraavaksi kerrotaan tarkemmin lämmityksen toteutuksesta lämmityskalvotekniikalla. Viimeiset kaksi pääkohtaa käsittelevät järjestelmän asentamista autoon ja sen jälkeen tehtyjen mittausten tuloksia. Mittauksissa tuloksia analysoidaan ja arvioidaan, päästiinkö niihin arvoihin, jotka olivat tavoitteina suunnittelun alusta lähtien. Mittaustulosten pohjalta tehtiin myös testausraportti, josta löytyvät lukuarvot tuuletusjärjestelmän tehokkuudesta. Sen avulla myös tehtiin päätelmiä siitä, mitkä ovat järjestelmän heikkoudet ja millä muutoksilla niitä voitaisiin parantaa.</p> <p>Työ antaa kuvan siitä, millainen prosessi tällainen suunnittelutyö oli ja tuleville projektityöntekijöille ajatuksia vastaavien laitteiden suunnitteluun.</p>	
Avainsanat: tuuletusjärjestelmä, lämmitysjärjestelmä	

ABSTRACT

Name: Antti Jokinen	
Title: Interior Ventilation and Heating System of E-RA	
Date: 7 Sep 2010	Number of pages: 41 pages + 6 appendices
Department: Automotive and Transport Engineering	Study Programme: Automotive Electronics Engineering
Supervisor: Harri Miinin, Project Engineer	
Supervisor: Sami Ruotsalainen, Senior Lecturer	
<p>This Bachelor's thesis was done as part of the Electric RaceAbout project of the Helsinki Metropolia University of Applied Sciences. This project was started in September 2007 at the Helsinki Polytechnic Stadia.</p> <p>The objective was to find out how a ventilation system is built for the electric car based on information sources and models available. However, this study is mostly based on the writer's personal views, planning work and work carried out.</p> <p>The written part of the study is divided into two parts. The first part describes the building project of the ventilation system, and the second part deals with how the heating system was built for the car. The study also gives a general idea of what was done at the planning stage, what the objectives were as well as what the final result was like.</p> <p>The written part is divided into six parts. The first part describes the main features of the systems and the purpose of their functions. The second and the third part concentrate on describing how the the ventilation system was built, and e.g. air in-take and its control on the car around it. The next part explains how the heating system was built with the help of heating element technique. The last two parts describe how the ventilation and heating system were mounted in the car and give the results of the tests carried out. The test results are analyzed and assessed and compared with the objectives set at the beginning of the planning project. A test report was also produced on the basis of these test results. The numerical values in the test report help to make conclusions on the effectiveness of the heating system and it also helps to find ways to make changes that could improve the ventilation system.</p> <p>The thesis gives an idea of what this kind of planning work is like and it gives some ideas to project workers on how to plan and build corresponding equipment.</p>	
Keywords: ventilation, heating system	

SISÄLLYS

ALKULAUSE

OPINNÄYTETYÖN TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	JÄRJESTELMIEN PÄÄPIIRTEET	4
2.1	Toiminnan tärkeys	4
2.2	Tuuletus	5
2.3	Lämmitys	7
3	TUULETUSJÄRJESTELMÄ	9
3.1	Moduuli	10
3.2	Tuulettimet	12
3.2.1	<i>Ohjaus ja virran syöttö</i>	12
3.2.2	<i>Kiinnitys</i>	13
3.3	Jäähdytyskenno	14
3.3.1	<i>Kiinnitys</i>	14
3.3.2	<i>Jäähdytyspiiri</i>	15
3.3.3	<i>Venttiilin säätö</i>	17
4	ILMANOTTO JA OHJAUS	18
4.1	Ilmanotto	18
4.1.1	<i>Suodatinyksikkö</i>	18
4.1.2	<i>Suodatin</i>	19
4.1.3	<i>Ohjaus konepeiton alta sisätilaan</i>	20
4.1.4	<i>Kiinnitys</i>	20

4.2	Ohjaus tuulilasille	21
4.2.1	<i>Putki</i>	21
4.2.2	<i>Ilmansuuttimet</i>	21
4.2.3	<i>Kiinnitys</i>	22
4.3	Ohjaus sivuille	23
4.3.1	<i>Putket</i>	23
4.3.2	<i>Ilmansuuttimet</i>	23
4.3.3	<i>Liittimet</i>	24
4.4	Kojetaulun säätimet	25
5	LÄMMITYS	26
5.1	Kalvot	26
5.1.1	<i>Lattiat</i>	26
5.1.2	<i>Keskitunneli</i>	27
5.1.3	<i>Istuimet</i>	28
5.1.4	<i>Ovet</i>	28
5.1.5	<i>Tuulilasi</i>	29
5.2	Kytkimet	29
6	JÄRJESTELMÄN ASENTAMINEN AUTOON	30
6.1	Moduulin kiinnitykset	30
6.2	Putkien kiinnitteet	31
7	MITTAUKSET	32
7.1	Valmistelut ja testi	32
7.2	Tulokset	34
7.3	Huomiot	35
8	YHTEENVETO	38
	VIITELUETTELO	40
	LIITELUETTELO	41

1 JOHDANTO

E-RA-projekti [1] aloitettiin Helsingin ammattikorkeakoulu Stadiassa, nykyisessä Metropolia Ammattikorkeakoulussa vuonna 2007, jolloin järjestettiin haku projektityöstä kiinnostuneille opiskelijoille. Projektiin haettiin tuolloin erityisesti toisen vuoden opiskelijoita. Haun tuloksena saatiin koottua kahdeksan opiskelijan ja kolmen oppilaitoksen työntekijän tiimi, joiden kanssa autoprojektia alettiin toteuttaa. Tarkoituksena oli rakentaa täysin sähkötoiminen hiilikuiturunkoinen urheiluauto, jolla voitaisiin mahdollisesti myös osallistua kansainväliseen Progressive Automotive X PRIZE -kilpailuun [2]. Vuoden 2009 alussa tiimiin otettiin lisää opiskelijoita ja päättötyöntekijöitä, jolloin tiimin vahvuus oli 16 opiskelijaa sekä 3 toimihenkilöä.

Suunnittelu aloitettiin Metropolia ammattikorkeakoulun opiskelijoiden ja toimihenkilöiden sekä Lahden muotoiluinstituutin opiskelijoiden kanssa. Vuoden 2007 loppu ja 2008 kevät menivät auton suunnittelussa ja mallintamisessa. Vuoden 2008 kesällä mallinnukset olivat vihdoinkin valmiit ja auton hiilikuituosien valmistaminen saatiin käyntiin. Auton muotit työstettiin yhteistyössä Pietarsaassa Scan Mould Oy:n ja Kuopiossa Savon ammatti- ja aikuisopiston kanssa. Hiilikuidun laminointi tehtiin Ilomantsissa, jossa oli tilat ja tarvikkeet laminoimiseen ja uunille, jossa osat paistettiin. Ulkopuolisten sponsoreiden sekä oppilaiden avulla autonrunko saatiin valmiiksi vuoden 2008 syksyllä, jolloin kori tuotiin Kalevankatu 43:een, jossa Metropolia Ammattikorkeakoulun Auto- ja kuljetustekniikan osasto sijaitsee. Syksystä lähtien auton koria on käsitelty ja viimeistelty kuntoon. Lokakuussa 2008 pidettiin autoprojektin toinen lehdistötilaisuus, jossa myös kori ensimmäistä kertaa esiteltiin medialle¹. Vuoden 2008 lopusta eteenpäin työaika käytettiin suurimmaksi osaksi mekaanisten osien asentamiseen sekä tekniikan suunnitteluun ja toteutukseen.

¹ Paikalla olivat muun muassa Tekniikan maailman ja Moottori -lehden toimittajat sekä projektin suurimmat sponsorit.

Tekniseen suunnitteluun kuuluvat korkeaajännite- sekä matalajännitepuoli, johon myös sisustan tekninen osa sisältyy. Sisustan muotoilu saatiin päätökseen huhtikuun puolessa välissä 2009, jolloin aloimme suunnitella sisätilan osien muotteja.

Marraskuun lopulla 2009 auton kori ja muut työt saatiin siihen pisteeseen, jolloin auto vietiin maalaamoon viimeisteltäväksi ja maalattavaksi. Auton moottorit saapuivat tammikuun lopulla 2010 ja akkupaketit saapuivat lentorahtina Yhdysvalloista maaliskuun alkupuolella. Akkupaketti on räätälöity juuri E-RAa (kuva 1) varten ja siitä syystä akkupaketeille jouduttiin järjestämään erikoiskuljetus alaan perehtyneen yhtiön avulla, jotta 600 kg:n akkupaketin rahtaaminen lentoteitse oli mahdollista.

Tämä insinöörityö on pieni osa koko edellä mainitusta projektista. Haasteena työlle on suunnittelu ja sen toteuttaminen, sillä vastaavia sähköautonjärjestelmiä ei toistaiseksi löydy tai ne ovat vielä suurten automerkkien salaisuuksia. Auton tilat ja vaatimukset ovat toisenlaiset kuin sarjatuotannossa olevilla henkilöautoilla, sillä sisätilojen ahtaus ja rakenne eivät salli käytettävän valmiita tehdastuotteita. Tavoitteena oli alustavasti suunnitella järjestelmä tietokoneohjelmiston avulla ja rakentaa näiden mallinnusten pohjalta mahdollisimman toimiva tuuletus- ja lämmitysjärjestelmä autoon, joka olisi käytettävyydeltään ja toiminnaltaan lähes samanlainen kuin tuotantoautoissa käytettävät järjestelmät. Näiden jo olemassa olevien ratkaisujen pohjalta voidaan saada ideoita siitä, mitä on otettava huomioon rakennettaessa järjestelmää E-RAan ja millaiseen lopputulokseen voidaan päästä. Lisäksi haluttiin kerätä tietoa ja tehdä mittauksia valmiin laitteen toiminnasta eri sääolosuhteissa, joista voidaan kirjata ylös mahdolliset havainnot siitä, mitä järjestelmässä olisi syytä parantaa tai muuttaa.

Työn kirjallisen raportin avulla voidaan saada kuva siitä, millainen prosessin osa se on tällaisessa projektissa. Aikaisempaa raportointia ja suunnittelua ei muissa projekteissa ole tehty, joten tämän työn tekeminen tuntui melkein päitselfistä selvydeltä.

Tuuletus- ja lämmitysjärjestelmän suunnittelu ja sen toteuttaminen ovat yhtälailla monivaiheisia töitä kuin kaikki muukin projektissa. Ongelmaksi muodostui monella kohtaa tiedon vähyys, jotta pohjatyön tekeminen olisi ollut helpompaa.

Tämän takia insinööriä ja tutkijaa tehtiin, jotta mahdollisimman kattava dokumentointia jäisi tuleville opiskelijoille sekä järjestelmän mahdollista jatkokehittämistä tai korjausta varten. Menetelmää voisi kuvata sanoilla, että virheistä opitaan ja onkin opittava. Tämä teos toivottavasti toimii myös pohjana tuleville järjestelmille, jolloin suunnittelu on helpompaa, kun on valmiiksi, jotain mistä lähteä soveltamaan. Työn pääpaino on kertoa tuuletusjärjestelmän rakentumisesta ja toiseksi lämmityksen luomisesta sähköautoon.



Kuva 1. E-RA

2 JÄRJESTELMIEN PÄÄPIIRTEET

Ajoneuvon sisätilan lämmityksen ja tuuletuksen suunnittelussa on otettava huomioon, että sen tulee täyttää tietyt kriteerit, joita ovat

- luoda miellyttävä ilmasto kaikille autossa matkustaville
- tarjota kuljettajalle ympäristö, joka ei rasita eikä väsytä
- puhdistaa ilma suodattimen avulla erilaisista partikkeleista kuten siitepölystä
- taata hyvä näkyvyys kaikkien lasien läpi.

Varsinkin lämmityksen toiminta jään ja huurteen pois pitämiseksi laseista on säädetty monissa maissa lailla (esimerkiksi EU-maissa ohjeella EEC 78/317, USA:ssa turvallisuusnormilla MVSS 103). [3, s. 854.]

Miellyttävän olosuhteen luomiseksi matkustamoon ei vain riipu itse järjestelmästä. Siihen vaikuttavat myös sisälämpötila, ulkoilman lämpötila, virtaavan ilmanmäärä. Lisäksi myös auringosta tuleva lämpösäteily vaikuttaa etenkin kesällä, jolloin se lämmittää auton kojetaulua ja verhoiluja etenkin tummia sävyjä. Edellä mainittujen suureiden ja niiden vaikutukset vaihtelevat paljon ajoneuvokohtaisesti. E-RAn osalta vain kokeiden avulla saadaan selvyys, miten olosuhteet vaikuttavat ja mitä voitaisiin pitää ohjearvona ilman vaihtuvuudelle.

2.1 Toiminnan tärkeys

Ilmanvaihdon tärkeyttä voidaan useimmiten perustella ilmanlaadun tarkkailuna ja vaihtuvuutena, ja päällimmäiseksi asiaksi muodostuu melkeinpä tilanteesta riippumatta virkeystason ylläpitäminen. Ihmisen hengityksen pääasiallinen tarkoitus on tuoda verenkiertoon happea kuljetettavaksi soluihin energiantuottoa varten. Samalla keuhkojen kautta poistetaan vereen liuennut hiilidioksidi, jota syntyy energiantuotannon sivutuotteena [4]. Kärjitetysti sanoen ihmisetkin tuottavat yhtä lailla päästöjä energiantuotannossa kuten sähköautot, polttomoottoriajoneuvot ja muut kulkuvälineet. Tietenkin ihmisten hiilidioksidin tuotto on pientä verrattuna fossiilisten polttoaineiden tuottamaan määrään.

Hiilidioksidia syntyy ihmisen aineenvaihdunnan tuloksena. Se lasketaan sisäilman epäpuhtaudeksi, mutta itse asiassa se kertoo huonosta ilmanvaihdosta ja sitä kautta sisäilmaan kerääntyvistä muista epäpuhtauksista. Hiilidioksidin indikoimat epäpuhtaudet aiheuttavat ilman tunkkaisuutta, väsymystä, päänsärkyä ja keskittymisvaikeuksia [5]. Valtaosa hengitysilmaan viittaavista aineistoista on keskittynyt huoneiden sisäilmanlaatuun. Samoja asioita voidaan käytännössä verrata myös autojen sisäilmaan; autoissa olosuhteiden on oltava vähintäänkin samaa tasoa hyvän ajokunnon ylläpitämiseksi. Selvää on, että tunkkaisessa ja huonon ilmanvaihdon omaavassa autossa on epämiellyttävä matkustaa ja se myös rasittaa kuljettajaa huomattavasti enemmän. Tämä nousee esiin etenkin ajettaessa pitkiä matkoja, jotka vaativat pitkää keskittymistä ja ovat fyysisestikin rasittavia. Nykypäivän autojen ilmastointiin panostetaan muiden teknisten järjestelmien ohella ja uusien autojen ilmastoidussa sisätiloissa ilma on jopa puhtaampaa ja virkistävänpää kuin esimerkiksi auton ulkopuolella helteisenä kesäpäivänä. Tällä on myös oma osansa liikenneturvallisuuksi ajatellen. Esimerkiksi rattiin nukahtaminen on oletettavasti useamman tekijän summa, mutta lämpötilalla on varmasti oma vaikutuksensa asiaan.

2.2 Tuuletus

Lähtökohtana oli luoda toimiva tuuletus auton matkustamoon. Vaatimuksena oli suunnitella järjestelmä, jonka avulla on mahdollista pitää autossa haluttu lämpötila sekä saada säädettyä sitä tarpeen vaatiessa. Suunnitteluvaiheessa hidasteeksi muodostui tuuletusjärjestelmistä saatavan tiedon vähäisyys. Itse rakennettuja tuuletusjärjestelmiä ei aikaisemmissa projekteissakaan ollut tehty. Edellinen ammattikorkeakoulun urheiluautoprojekti RaceAbout [6] ei antanut myöskään apua, koska auto oli avomallinen ja varsinaista tuuletusjärjestelmää siinä ei edes ollut. Teoksia aiheesta oli myös vähän tarjolla, ja Internetistä saatava tieto oli myös hyvin rajoitettua ja koski lähinnä valmiita järjestelmiä, jotka olivat jonkin autovalmistajan tekemiä. Järjestelmät olivat monimutkaisia ja raskaita, eikä näitä ominaisuuksia haluttu tuuletusjärjestelmän tekemistä ajatellen.

Kriteerit olivat kuitenkin tiedossa, ja suunnittelussa painotettiin erityisesti keveyteen ja toimivuuteen. Keveys saadaan materiaaleilla ja valmistuksessa käytettiin 3D-muovitulostinta². Muovitulostimesta käytetään myös nimeä pikamallinnuskone. Sen avulla varsinkin teollisuudessa luodaan pikamalleja, jolloin haluttu kappale saadaan esimerkiksi sovitettavaksi johonkin järjestelmään. Catia -ohjelmalla mallinnetut komponentit saatiin valmistettu haluttuun muotoon ja kokoon. Lisäksi kappaleet olivat valmiita käytettäväksi oikeassa järjestelmässä. Toimivuuden lähtökohta oli tehdä laitteesta mahdollisimman yksinkertainen sekä helposti huollettava. Näiden ominaisuuksien avulla järjestelmästä pyrittiin luomaan toiminnallisesti luotettava.

Suunnittelutyökaluna käytettiin Dassault Systemesin CATIA V5 R18 3D-mallinnusohjelmaa. Alun pitäen ranskalaisten kehittäämä ohjelmisto on nykyään käytössä varsinkin auto-, ilmailu-, ase- ja konepajateollisuudessa. Suurimpia autoalan edustajia ovat ainakin saksalaiset Audi ja BMW. Ohjelman avulla käyttäjänä on mahdollista luoda kolmiulotteisia, täysin yksi yhteen olevia mittatarkkoja malleja. Etuna on myös mallien simulointi, jolloin rakennettavien tuotteiden toimivuutta voidaan tutkia ennen kuin oikeita osia edes aletaan valmistaa. Ohjelmaa käytettiin myös koko E-RA-projektin suunnitteluissa ja kokoonpanoissa. Auton tuuletusjärjestelmä on myös kaikkialta osin Catialla mallinnettu. Suunnitteluun kului arviolta toista sataa työtuntia ja satoja eri mallinnuksia, joista järjestelmä lopulta luotiin.

Pohdittavana oli, mitä kaikkea tuuletusjärjestelmä pitäisi sisällään. Suurimpina osina olivat suodatinjärjestelmä sekä moduuli, jonka kautta tuleva ilma tarvittaessa lämmitetään ja ohjataan edelleen matkustamoon. Järjestelmän yksinkertaistamiseksi oli myös vähennettävä ulostulevan ilman puhalluspisteitä.

² Tulostin, joka tulostaa suunnitellun mallin muovista kerros kerrokselta kolmiulotteiseksi kappaleeksi.

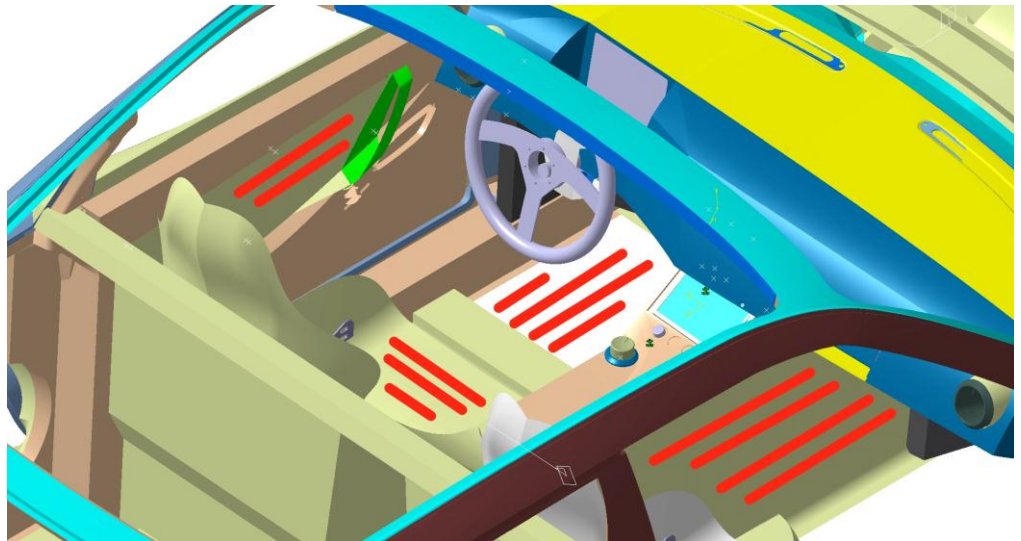
Ilmankierron ja sen käyttäytymisestä auton matkustamossa oli vaikea ja melkein pä mahdotonta tietää etukäteen. Selvää oli, että se jäisi tutkittavaksi järjestelmän ja koko auton valmistumisen jälkeen testausvaiheessa. Testivaiheessa mittaukset tehdään ilmavirtamittarilla, jolloin myös saadaan laskettua järjestelmässä kulkevan ilmantilavuus matkustamoon.

Suunnittelussa lähdettiin liikkeelle tuuletusjärjestelmän suurimmasta yksittäisestä osasta, moduulista, johon mahdutettiin moottoreiden jäähdytysveden jäähdytin, tuulettimet sekä ilmanohjainkanavat. Moduulin koko vaikutti olennaisesti myös muuhun osaan auton sisätiloissa. Auton korin vahvistukseksi rakennetut poikki- ja pitkittäispalkki vaikuttivat moduulin sijaintiin sekä määrittivät sille koko- ja muotorajoituksia sekä vaikuttivat moduulin kiinnittämiseen kojetaulun alle.

2.3 Lämmitys

Lämmitysjärjestelmää suunniteltaessa oli ongelmana tarvittavan lämmön saaminen. Sähkömoottoreiden jäähdytysveden on pysyttävä noin 50 asteen tuntumassa, joten jäähdyttimestä saatavan hukkalämmön hyödyntäminen ei ollut aivan sama kuin polttomoottoriautossa, jossa jäähdytysveden lämpötila on yleisesti noin 90 astetta. Lisälämmitystä sisään saadaan kuitenkin luotua tuuletusjärjestelmän avulla, jolloin se johdattaa ulkoilmaa moottorinjäähdytysveden jäädyttäjän läpi sisätiloihin. Ratkaisuksi muodostui jo edellisessä CityCab-autoprojektissa [7] lattiassa käytetyt lämmityskalvot. Asian tiimoilta otettiin yhteyttä Tampereella sijaitsevaan Taipale Automotiveen, jotka ovat erikoistuneet lämmityskalvoteknologiaan. Yhtiö myös lupautui hankkeen sponsoriksi, joten tästä avautui mahdollisuus saada täysin autoon räätälöidyt lämmityskalvot. Kalvojen avulla saadaan lämmitys kohdistettua juuri sinne missä sitä tarvitaan. Kalvoja asennetaan matkustamon jalkatilaan, kardanitunnelin kylkiin, ovien sisäpintaan sekä istuimiin. Tämän lisäksi auton tuulilasista tulee lämmitettävä, jotta huurteenpoisto olisi mahdollisimman tehokasta kylmillä ilmoilla, sillä moottoreiden jäähdytysveden lämpiäminen ottaa aikansa ja näin ollen lämmintä ilmaa ei ole tarjolla heti auton käynnistyttyä, aivan kuten polttomoottoriautoissakin.

Lämmityskalvoja olisi mahdollista myös käyttää autopaikkojen sähkötolppien kautta. Sen voisi myös yhtä hyvin yhdistää auton latauspistokkeesta saata-vaan virtaan, joka vähentäisi myös liitäntäpisteitä autossa. Sähkönkulutuksen kannalta katsottuna polttomoottoriauton lohkolämmittimen teho on noin 500 - 700 W riippuen mallista. Tähän lisätynä vielä sisätilanlämmitin voisi tehon tarve nousta yli 2000 W:n. Verrattuna lämmityskalvoihin, joissa yhden kalvon lämmitysteho on noin 60 W sekä ovikalvon 15 W, joten kuuden kalvon yhteislämmitysteho olisi noin 330 W. Sisätilan lämmityksessä sähkötolpasta käytettäisiin kaikkia lattia-, ovi- ja kardaanitunnelin kalvoja (kuva 2). Polttomoottoriauton lämmitystehoihin ei siis ole mahdollista päästä, mutta siihen ei ole tarvettakaan, sillä sähköautossa ei moottoritalan lämmitystä tarvita. Tämän lisäksi sähköä käytettäisiin enemmän itse päätekijään eli auton akkuihin.



Kuva 2. Lämmityskalvojen paikat merkittynä punaisella

3 TUULETUSJÄRJESTELMÄ

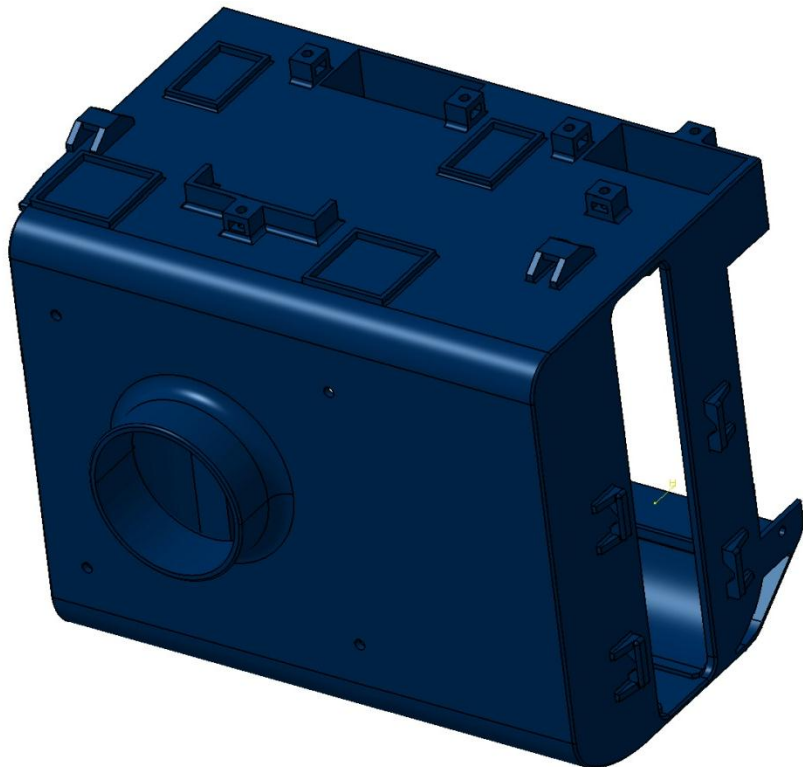
Tuuletusjärjestelmä koostuu monesta eri komponentista (kuva 3). Suurimmat osat ovat tuuletinmoduuli, lämmitin, ilmanohjaajat ja suuttimet. Tuuletusjärjestelmän rakenteen suunnitteleminen lähti liikkeelle Audi A3:sta saadusta jäädytyskennosta, joka oli mitoiltaan sopiva auton sisätilaan. Koko järjestelmä on oikeastaan rakennettu sen ympärille. Kehittelyn myötä mittoja alettiin muokata myös monet muun tekijän takia. Seuraava askel oli tarvittavien komponenttien suunnittelu ja toteuttaminen. Tässä vaiheessa oli otettava huomioon tilat, johon laitteistot sijoitellaan. Materiaalivalinnat ovat myös osa kokonaisuutta, koska koko projektin tarkoituksena oli myös tehdä autosta mahdollisimman kevyt.



Kuva 3. Tuuletusjärjestelmä kokonaisuudessaan

3.1 Moduuli

Moduuli on suurin yksikkö koko tuuletusjärjestelmässä ja samalla sen keskeisin osa (kuva 4). Äärimitoiltaan se on 240 mm x 180 mm x 210 mm ja sen tilavuudeksi tulee noin 9,0 litraa. Kokonaisuudessa on kiinni kaksi tuuletinta, jäähdytyskenno sekä kiinnitykset ilmanohjainkaarille ja tietenkin moduulin kiinnitykset auton sisätilan poikittaiseen vahvistuspalkkiin. Kokonaisuutta suunniteltaessa lähtökohtana pidettiin mielessä sen huoltohelppoutta ja yksinkertaisuutta, koska kyseessä on prototyyppi. Koko moduuli on mahdollista purkaa melkein kokonaan ja jokainen komponentti on itsenäisesti kiinni, joten jos jokin osa rikkoutuu tai lakkaa toimimasta, niin osat voidaan vaihtaa tai korjata, ilman että koko kokoonpanoa tarvitsisi purkaa.



Kuva 4. Moduulin runko

Rakenteeltaan moduulin materiaalipaksuus on noin 3–6 mm. Painoa kappaleelle tuli noin 0,75 kg. Massaltaan tulostemuoviosat ovat suunnilleen samanpainoisia kuin teollisuudessa valmistettavat vastaavat muovituotteet. Tosin rakenne on hieman heikompi, minkä takia on syytä tietään kuinka paksua

seinämien on oltava, jotta se kestää tarpeeksi hyvin siihen kohdistuvat massat ja rasitteet. Rakennetta suunniteltaessa kevennyksiä tehtiin jokaiseen paikkaan, mihin se vain oli mahdollista. Ilman keventämistä kappaleen paino olisi helposti voinut olla useita satoja grammoja enemmän.

Moduuli sijoitetaan matkustajan jalkatilan yläpuolelle kojetaulun sisään. Kiinnitys tehdään kolmella alumiinilistalla kojetaulun sisällä olevaan poikittaispalkkiin, johon ne kiinnitetään M6-koon pulteilla ja muttereilla. Alumiinilistoja varten moduuliin on liimattu pulttikiinnikkeet, joihin listat saadaan kiinnitettyä. Pulttikiinnikkeet liimattiin moduulin sisäpuolelle, jolloin pultit tulevat läpi moduulin seinästä neljästä kohtaa (kuva 4). Liimamaukseen käytettiin Sika Finlandilta saatua yksikomponenttiliimaa. Liimamassan elastinen koostumus myös osaltaan vaimentaa mahdollisia moduuliin kohdistuvia värinöitä poikkipalkista. Tätä ei kuitenkaan pystytä täysin todentamaan ilman kunnan mittauksia, jota ei kuitenkaan tämän työn osalta tehdä. Kappaleen yläosassa näkyviin neliöihin liimattiin myös pulttikiinnikkeet. Liimauksessa käytettiin Sikan sijaan toista erikoisliimaa, koska liimausmassan pito kyky osoittautui ensi kokeilulla liian heppoiseksi. Alumiinilistoista tuli liikaa rasi-tetta, koska moduulin paino osittain roikkuu niiden varassa.

Kappaleen katolle myös suunniteltiin apu-putket ilmapiirille, johon ne voidaan vielä lisäksi kiinnittää nippusiteillä. Tämän avulla vähennetään ilmanohjaimille kohdistuvaa rasi-tusta, sillä putket saattavat vääntää niitä. Lisäksi putket saadaan varmemmin pysymään paikoillaan, joka myös parantaa kiinnityksen pysymistä ilmanohjaimessa mihin putki on liitetty kiristysrenkaalla.

Moduulin sivulla olevat neljä kiinnityspistettä ovat jäädytynyksikköä varten. Niiden kautta pujotetaan pitkät nippusiteet, jolloin ne puristavat jäädytintä kappaleen vastakkaiseen seinään. Käytännössä jäädytintä pysyy paikoillaan ilmankin nippusiteitä. Suunniteltaessa jäädyttimen paikkaa moduuliin tehtiin aukko sopivan ahtaaksi, jolloin jäädytintä tukeutuu aukkoon sen omien tiivisteiden avulla.

3.2 Tuulettimet

Tuuletinta etsittäessä löytyi muutamia vaihtoehtoja. Kuitenkin tiettyyn tuulettinmalliin päätyminen johtui useammasta seikasta. Päällimmäisenä oli tarvittava ilmanvaihtuvuus autossa. Yksi ohjeellinen arvo on, että tunnissa läpivirtaavan ilmamäärän tulisi olla vähintään 30 m³ henkilöä kohti [3, s. 854]. Tämän lisäksi koko ja paino olivat oleellisessa osassa ja sen lisäksi tuulettimen malli, eli mihin suuntaan ilmavirtaus ohjautuu. Huomioon oli otettava myös lämpötilan sietokyky, sillä tyypillisesti auton on kestävä kaikenlaisia sääoloja, niin kylmää kuin kuumaa. Lopuksi katsottiin myös mahdollisimman edullista virrankulutusta sekä melutasoa, joka haluttiin pitää myös pienenä. Näiden tuloksena päädyttiin käyttämään Minebea Co., Ltd. 12 V DC -puhallinmallia (liite 1).

Puhaltimia on järjestelmässä kaksi. Tähän päädyttiin, koska puhallin on heikompi teholtaan kuin normaali tuotantoauton ilmanpuhallin ja jotta päästäisiin vähintään vaadittuihin läpivirtaavan ilman arvoihin. Valitulla yhdellä tuulettimella läpivirtaavan ilman määrä on ilman häviöitä noin 56,4 m³ tunnissa. On toki muistettava, että virtaushäviöitä tulee jonkin verran ilmanohjaimista, suodattimesta ja putkista. Häviöitä ei kuitenkaan käsitellä tarkemmin tässä työssä. Arvion mukaan kahden puhaltimen avulla saadaan kuitenkin sisätilan tuuletus hoidettua ohjearvojen vaatimusten mukaisesti. Myös melutaso pysyy alhaisena, sillä yhden puhaltimen melu on noin 55 dB ja kahden olisi noin 58 dB.

3.2.1 Ohjaus ja virran syöttö

Tuulettimien käyttö yksinkertaistaa moduulin rakennetta, koska erinäisiä ilmatien sulkijoita tai ilmavirran ohjaimia ei tarvita, vaan ilmanohjaus hoidetaan säätämällä puhaltimien tehoa sekä käyttöä. Ohjaus tapahtuu auton matalajännitejärjestelmän IWS:n avulla. Puhaltimien nopeutta ja lämpötilan säätöä ohjataan potentiometreillä. Kiertokytkimen avulla säädetään joko puhallus tuulilasille, sivuille tai molemmille. Puhallusnopeus toteutetaan portaattomasti potentiometrillä. Virtaa puhaltimet saavat IWS-järjestelmästä, jolle potentiometriä säätötiedot menevät.

Virran kulutus 12 V:lla ja täydellä teholla on 0,93 A. Tästä saadaan myös puhaltimen tarvitsema maksimiteho kaavalla 1:

$$U \times I = P \quad (1)$$

$$12 \text{ V} \times 0,93 \text{ A} = 11,16 \text{ W}$$

$$2 \times 11,16 = 22,32 \text{ W}$$

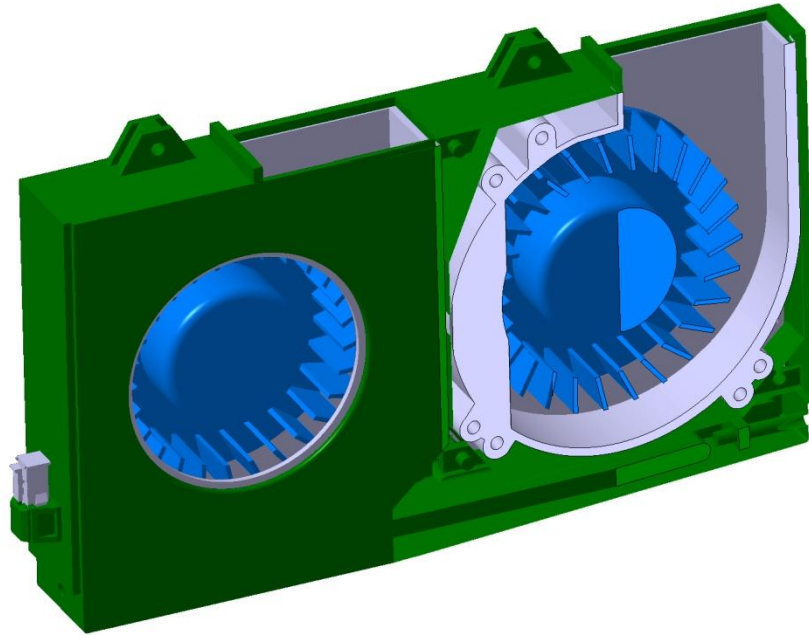
jossa teho P (wattia) saadaan kertomalla jännite U (volttia) ja virta I (ampeeria) keskenään. Kertomalla teho vielä kahteen kertaan saadaan molempien tuulettimien yhteensä viemä teho.

Molempiin tuulettimiin lisättiin vielä diodit suojaamaan virran mahdollista kulkemista väärään suuntaan laitteita sammutettaessa. Tämä tehtiin varotoimena ja varmistuksena laitteiden toimimiseksi oikein sekä estämään niiden rikkoutuminen.

3.2.2 Kiinnitys

Puhaltimien kiinnitystä varten suunniteltiin oma kotelo (kuva 5), johon molemmat tuulettimet saadaan kiinnitettyä tukevasti ja vierekkäin. Kotelo taas kiinnitetään pienillä pultti- ja mutteriyhdistelmällä moduuliin. Tätä varten moduuliin on tehty muttereille aukot, johon ne sijoitetaan. Etuna on, ettei kaikille kiinnityksiä tarvitse tehdä ulkopuolelle näkyviin. Tämä lisäisi myös tulostettavan muovin määrää moduulissa ja näin ollen myös koko järjestelmän kokonaispainoa. Kotelon tarkoituksena on pitää puhaltimet paikoillaan ja mahdollisimman tiiviinä, jotta puhallusilma saadaan ohjattua suoraan ilmanohjaimille.

Kotelo suunniteltiin Catia-ohjelmalla ja valmistettiin muovitulostimella. Materiaalipaksuudet vaihtelevat paikkakohtaisesti ja ovat keskimäärin 2–3 mm välillä. Vähintään 2 mm:n paksuus on suositeltavaa, jotta tulosteesta tulee tarpeeksi kestävä. Tähän tietenkin vaikuttaa myös tulostettavan kappaleen muoto ja rakenne.



Kuva 5. Tuulettimien kotelo ja osittainen halkileikkaus

3.3 Jäähdytyskenno

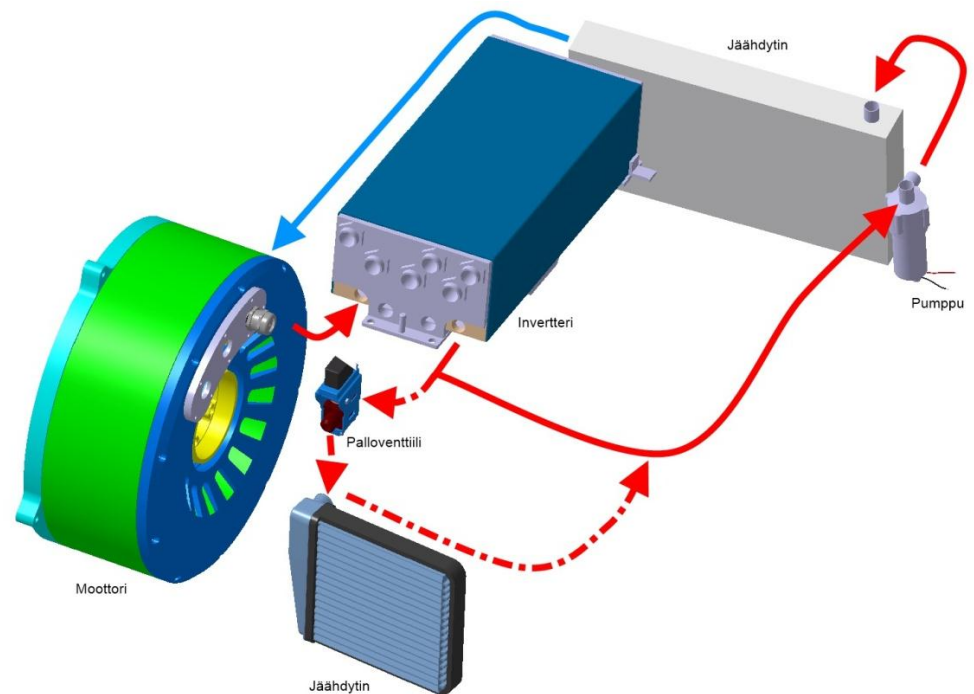
Jäähdytyskenno ei varsinaisesti ole kiinni missään. Se pidetään paikoillaan vai muutamalla helposti avattavalla kiinnityksellä. Istuvuuden takaamiseksi on moduulin sisätila muotoiltu kennossa olevan tiivistenauhan mukaan. Itse tila on noin 3–4 mm pienempi kuin jäähdyttimen mitat tiivisteiden ääripäistä mitattuna. Tämä mahdollistaa jämään ja tiiviin istuvuuden moduulissa, jolloin istuvuus on ideaali kaikkiin suuntiin.

3.3.1 Kiinnitys

Kiinnitykseen käytetään pitkiä noin 300 mm pitkiä nippusiteitä, jotka voidaan aina uusia kun huoltamiselle tulee tarvetta. Nippusiteitä varten moduulin mallinnettiin lenkit, jonka kautta nippusiteet pujotetaan. Ne puristavat jäähdyttimen kiinni sen sivuseinämäään. Jämäkämpää kiinnitystä ei nähty tarpeelliseksi, koska jäähdytin sijoitetaan moduulin nähden suoraan, jolloin suuria voimia ei muodostu kuin yhteen suuntaan ja sekin vain kaarreajotilanteessa.

3.3.2 Jäähdytyspiiri

Jäähdytyskenno kytketään niin sanotusti ohituspiirinä kuljettajan paikalta katsottuna oikeanpuoleiseen auton edessä olevien sähkömoottoreiden ja taajuusmuuntimien jäähdytyspiireistä. Kaikkiaan autossa on neljä erinäistä, itsenäisesti ohjaittavaa ja tarkasteltavaa jäähdytysvesipiiriä. Liitännät tehdään 24 mm Ø letkulla ja näihin sopivilla letkun pantakiristimillä. Tuuletuslaitteen jäähdyttimelle tulevaan liitokseen joudutaan palloventtiiliä varten itse työstämään alumiinista letkuliittimet. Tämän ansiosta ei letkun halkaisijaa ollut tarvetta muuttaa. Tämä vähensi oleellisesti tarvittavien liitosten määrää.

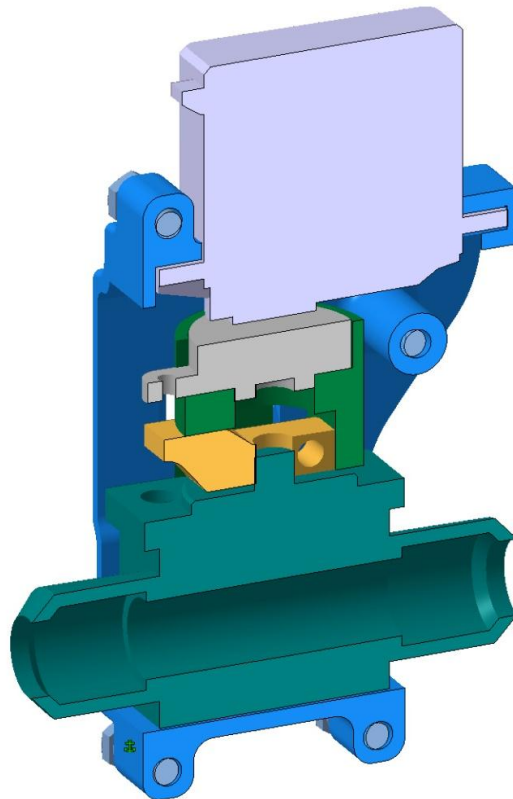


Kuva 6. Jäähdytysjärjestelmä tuuletuslaitteen ohituspiirillä

Jäähdytyspiirissä vedenkierron voidaan mieltää aloitettavaksi jäähdyttimestä (kuva 6). Jäähdyttimestä kylmä vesi siirtyy moottorille, josta vesi kiertää moottorista taajuusmuuntimeen. Invertterin jälkeen vesi jatkaa pumpulle, joka kierrättää kuumaa vettä takaisin jäähdyttimeen auton etuosaan. Tuuletuslaitetta varten piiriin kuitenkin tehtiin kaksi liitosta, millä mahdollistettiin veden kierto tuuletuslaitteen jäähdyttimen kautta.

Meno- ja paluukanavia varten auton rintapeltiin porattiin letkuille sopivat aukot joiden kautta letkut ohjataan matkustamoon, jossa tuuletusjärjestelmä sijaitsee. Mahdollisten vuotojen minimoimiseksi putkien sisätilan liitokset suojattiin putken avulla. Mahdollisen vuodon sattuessa vesi ohjautuu jalkatilaan, josta se on helposti havaittavissa. Samalla se myös suojelee matkustajan jalkatilassa olevia elektroniikkalaitteita.

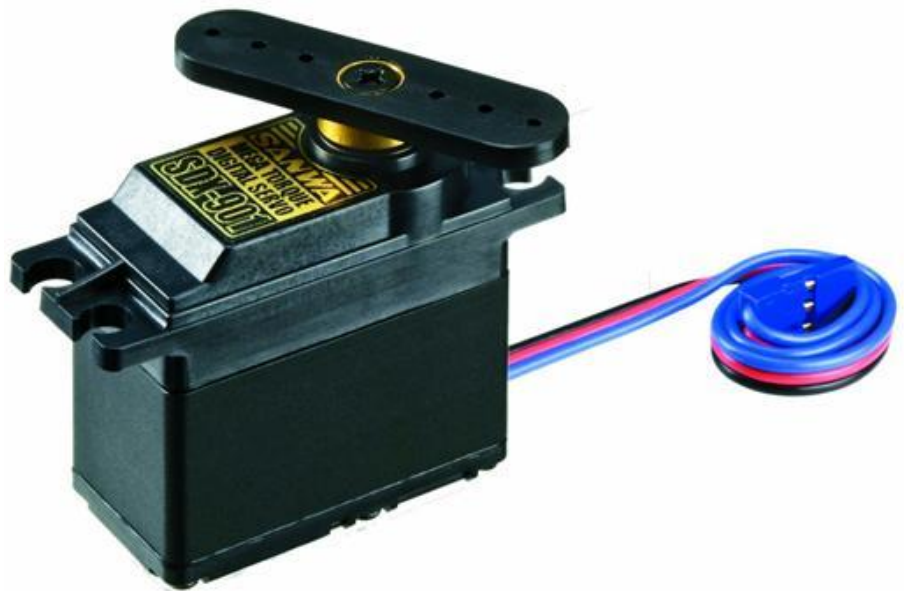
Jäähdytysnesteen virtausta jäähdyttimessä säädellään palloventtiilillä. Se on kytketty suoraan voimaservoon, joka säättää venttiilin avausta ja näin ollen vaikuttaa jäähdyttimen läpi virtaavan nesteen määrään, jolloin lämpöä voidaan säätää hallitusti. Palloventtiiliä ja servoa varten mallinnettiin ja valmistettiin muovitulosteena tukirunko sekä kuvassa vihreän värinen alumiininen adapteri. Näiden avulla servon pysty akseli saatiin samaan linjaan ja vastakkain palloventtiilin kahvan akselin kanssa, joka kuvassa on väritetty keltaiseksi (kuva 7). Näin ollen servon kääntövoimasta saadaan mahdollisimman suuri hyöty.



Kuva 7. Servon ja palloventtiilin yhdistelmä

3.3.3 Venttiilin säätö

Palloventtiilin säätöä varten hankittiin servo (liite 2), jonka avulla sulkuhanaa voidaan säätää halutun verran auki ja kiinni. Servoksi valittiin Sanwan valmistama voimaservo (kuva 8). Venttiilin avaaminen tapahtuu matkustamosta käsin potentiometrin välityksellä. Potentiometrin avulla servo avaa hanaa kuuden eri vaiheen verran 90 asteen sisällä, jolloin lämpötilan säätöön saadaan pientä eroavaisuutta. Servoa ohjataan pulssileveysmoduloidusti lineaarisella potentiometrillä ja ohjaus tulee IWS 12 V:n matalajänniteverkon kautta. Servon käyttöjännite on + 5 V, ja sitä varten tehtiin erillinen jännitteen muunnin, josta käyttövirta otettiin.



Kuva 8. Sanwa SDX-901 Mega Torque Servo

4 ILMANOTTO JA OHJAUS

Ilmanottoaukon suunnittelu tehtiin viimeisimpien hiilikuituosien mallinnuksen ohella. Vaatimuksina ilmanotolle oli, että sen täytyi olla paikassa, mihin auton ulkopinnoille tuleva vesi ei pääsisi, sekä paikassa, josta saadaan suoraa ulkoilmaa eikä esimerkiksi konepeiton alla olevaa ilmaa.

Ilmanjakautuminen järjestelmässä on tehty vain huurteenpoiston ja keskisuuttimien kesken. Tilan säästön vuoksi päädyttiin kahteen jakotasoon, vaikka yleisesti tuotantoautoissa ilma ohjataan kolmeen tasoon myös jalkatilaan. Tämä osaltaan yksinkertaisti järjestelmää ja painoa muodostui vähemmän. Tuulilasille ja kojetauluun tehtiin suuttimet kaksin kappalein kummallekin puolelle. Etenkin tuulilasin huurteenpoistossa tämä ratkaisu vaikuttanee tehokkaammalta, koska ilman jakaminen lasin alalle onnistuu paremmin.

4.1 Ilmanotto

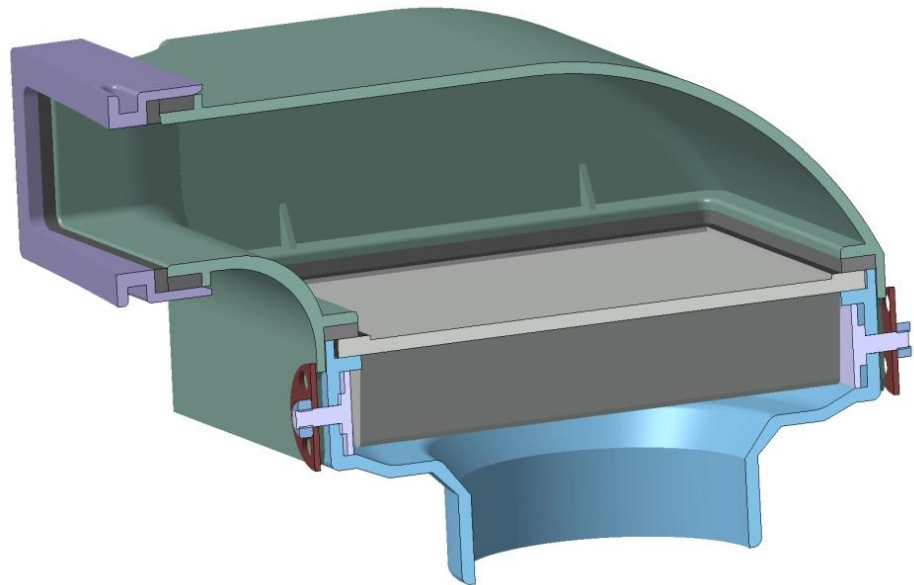
Ilmanotto toteutettiin tuotantoautojen tapaan otettavaksi tuulilasin etuosasta syvennyksestä, jossa myös pyyhkijät ovat lepoasennossa. Syvennykseen leikattiin seitsemän aukkoa noin 120 mm:n matkalle. Aukkojen koko noin 5 mm mitoitettiin sen mukaan, että ne osaltaan estäisivät suurimpien roskien pääsyn suodatintilaan. Aukot ovat myös noin 7 mm etuosan syvänteen pinnasta, jolloin mahdollisen sade- tai lasinpesuvesi ei pitäisi päästä suodattimeen. Syvennyksessä olevien aukkojen jälkeen, ennen suodatin yksikköä on vielä noin 3–4 mm tiheä verkko, jonka tarkoituksena on estää hieman pienempien roskien pääsy suodattimeen ja vähentää sen tukkeutumista.

4.1.1 Suodatinyksikkö

Suodatinyksikön lähtökohtana oli moduulin lailla mahdollisimman pieni koko sekä kohtuullinen suodatus. Suodattimen lopullinen koko on noin 128 mm × 134 mm × 110 mm ja se suunniteltiin Catialla ja valmistettiin muovitulostimella. Tiivisteinä reunoissa käytettiin 8 × 3 mm:n tiivistenauhaa. Suunnittelu ja muotoilu tehtiin oman näkemyksen perusteella sekä auton teknisentilan mittojen avulla.

Suodatinyksikkö (kuva 9) koostuu neljästä eri osasta sekä muutamasta kiinnikkeestä. Ensimmäisenä ylhäällä on suodattimen vastakappale, joka kiinnitetään auton tuulilasin syvennykseen missä ilmanottoaukot sijaitsevat. Sen tarkoituksena on kohdistaa, tiivistää ja pitää suodatinyksikkö paikallaan. Tiivistämisen parantamiseksi suodatinkuvun yläaukkoon laitettiin myös tiiviste.

Suodatinkupu asettuu tarkasti suodatinyksikön alaosan päälle, jonka toiseen päähän sisälle vietävä ilmaputken kiinnitys tulee. Näiden osien väliin jää tilaa suodattimelle, joka puristuu niiden väliin tiivisteiden avulla. Kuvun kiinnitys varmistetaan vielä kahdella pultilla, jotka on liimattu alaosan sisään ja tulevat sieltä läpi. Vastaavasti pulttien toisiin päihin laitetaan ulkopuolelta mutterit.



Kuva 9. Suodatinyksikön halkileikkaus

4.1.2 Suodatin

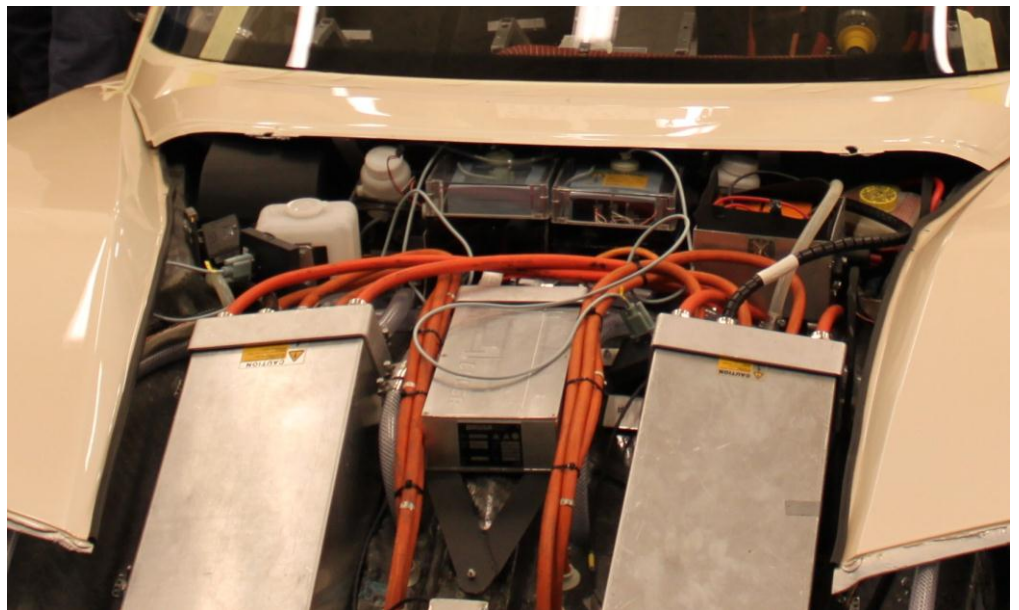
Suodatin valittiin koon ja asennettavuuden mukaan. Suodattimeksi löytyi E36 sarjan BMW:n suodatin. Yksi valintaperusteista oli muotoilu ja kiinteä muovireunus, jotka auttoivat suodatinalustan suunnittelussa. Jotta suodatin pysyisi tiiviinä ja paikallaan, se on puristuksissa suodatinyksikön kuvun ja alaosan välissä 3 mm paksun ja 8 mm leveän tiivistenauhan avulla.

4.1.3 Ohjaus konepeiton alta sisätilaan

Suodatinyksiköstä ilma otetaan moduulille pituudeltaan 600 mm:n ja halkaisijaltaan 70 mm:n putken kautta. Putkena käytettiin hyvän taivutussäteen omaavaa niveltävää putkea. Tätä varten konepeiton alle niin sanotusti tulipeltiin, matkustamon ja teknisentilan välille oli tehtävä putken halkaisijan suuruinen aukko. Putken kiinnitykseen käytettiin Sikan yksikomponenttiliimaa, jolla myös saatiin tiivistettyä ja osittain myös äänieristettyä putkenaukkoa teknisentilan ja matkustamon välillä.

4.1.4 Kiinnitys

Suodatinyksikön kiinnitys tehtiin leikkaamalla 4 mm:n alumiinilevystä noin 16 mm:n levyisiä siivuja, jotka taivutettiin työkalujen avulla vastaamaan auton konetilan muotoja. Vastaavasti auton tekniseen tilaan liimattiin erikoispultteja joihin alumiinilistat sai kiinnitettyä. Lopuksi suodatinyksikköön ja alumiinilistoihin kiinnitettiin tarrateipit, jolloin asennuksesta saatiin erittäin pitävä. Kiinnityksen avulla suodatinyksikkö saatiin suoraan kohdistettua pyyhkijöille tehtyyn syvennykseen, jossa ilmanottoreiät sijaitsevat (kuva 10). Ilmanottoreikien ympärille suunniteltiin vastakappale, johon suodattimen toinen pää asetetaan asennettaessa yksikköä paikalleen.



Kuva 10. Auton tekninen tila, jossa suodatinyksikkö vasemmassa yläkulmassa lipareen alla

4.2 Ohjaus tuulilasille

Ohjainkaaren tehtävänä on ohjata moduulissa kiinni olevan puhaltimen ilma putkeen ja tästä eteenpäin tuulilasin suuttimille. Ohjainkaari suunniteltiin ja mallinnettiin Catian avulla. Muotoilu otettiin kojetaulun muotoilun mukaan ja ilmansuutin kaartuu sen linjan mukaisesti. Suuttimia varten myös kojetaulun hiilikuidusta valmistettavaan yläosaan tehtiin upotukset ja leikattiin reiät, jotta suuttimien paikat ovat selvästi havaittavissa. Työaikaa siihen meni noin 16 työtuntia. Putken lähdön ulkohalkaisija on 45 mm, joka on taas siihen liitettävän putken sisähalkaisija, joten istuvuus on erittäin tiivis. Kiinnitys tehdään kiristysrenkaan avulla. Ohjainkaaren jälkeen 45 mm:n putkea tulee vain noin 110 mm pätkä, jonka jälkeen ilman jaetaan kahdelle suuttimelle jakoliitoksella josta ilma viedään tuulilasin suuttimille kapeammilla 32 mm:n putkilla.

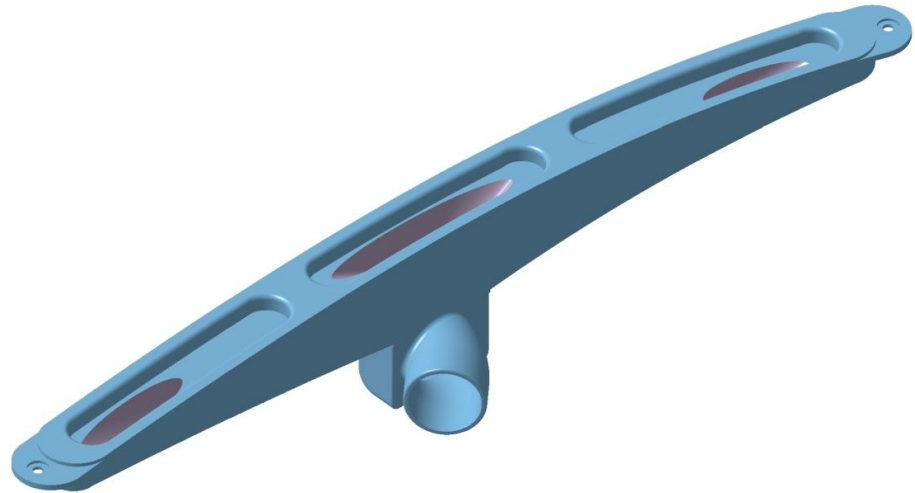
4.2.1 Putket

Tuulilasille ohjataan ilma putkea pitkin moduulilta tuulilasin ilmanohjaimelle. Putkena käytettiin Etraflex HF5-putkea, joka on erityisesti tarkoitettu ilmanvaihtokohteita varten. Etuna olivat keveys metriä kohden ja taivutussäde (liite 3). Putki on sisähalkaisijaltaan 45 mm, ja se on halkaisijaltaan pienempi kuin sivuilmanohjainten putket. Lisäksi putki jakaantuu kahdelle 32 mm:n putkelle. Tähän päädyttiin, koska tuulilasille ohjattavan ilmanohjainten tilat kojetaulun alla ovat ahtaammat kuin sivuille menevien. Putket kiinnitetään ilmanohjaimiin haponkestävillä metallisilla kiristysrenkailla.

4.2.2 Ilmansuuttimet

Ilmansuuttimien ilmanjako on samankaltainen kuin tuotantoautoissakin. Ilma kohdistetaan kahdella ilmansuuttimella koko tuulilasin alalle. Kummassakin suuttimessa ilma jakaantuu kolmeen kanavaan (kuva 11). Kanavien muotoilulla on myös pyritty parantamaan ilman leviämistä mahdollisimman laajalti. Tällä pyritään aikaansaamaan mahdollisimman tasainen ilman levittäytymisen tuulilasiin ja näin ollen maksimaaliseen huurteenpoistoon. Kesällä tämä on kuitenkin yhtä hyvä tapa ohjata ilman koko matkustamoon, jolloin ilma ei suoraan tule matkustajia kohti ja tunnu vetoisuutena.

Suutin valmistettiin muovitulosteena ja valmiskappale viimeisteltiin epoksi-hartsilla rakenteen vahvistamiseksi. Lopuksi suuttimen aukot maalattiin mustalla mattamaalilla, jottei mahdollisia heijastumia syntyisi tuulilasiin kuljettajan näkökenttään.



Kuva 11. Tuulilasin ilmansuutin – matkustajan puoli

4.2.3 Kiinnitys

Suuttimet kiinnitettiin kojetaulun yläosaan noin 60 mm:n päähän tuulilasin alareunasta liimaamalla ne yksikomponentti Sikalla kiinni. Kiinnityksestä tuli tiivis ja tukeva, jolloin suuttimet osaltaan tukivat myös kojetaulun kantta. Alun perin suuttimet oli tarkoitus laittaa paikoilleen neljän pulttikiinnikkeen avulla. Kummankin suuttimen päässä on reiät kiinnitystä varten, joten kumpikin olisi ollut mahdollista poistaa esimerkiksi huoltoa varten. Tästä ratkaisusta kuitenkin luovuttiin, koska se ei ollut tarpeeksi kestävä.

4.2.4 Viimeistely

Kojetaulun tuulilasin ilmansuutinreiät viimeisteltiin liimaamalla erikoismuotoillut alumiinilistat verhoiluun niille varattuihin upotuksiin (kuva 12). Alumiini listat maalattiin mattamustalla, jotta ne heijastuisivat mahdollisimman vähän tuulilasiin. Ne lisättiin enimmäkseen vain ulkonäöllisistä syistä, jolloin myös saadaan paljon viimeistellympi lopputulos kojetaululle.

4.3 Ohjaus sivuille

Sivuille ohjattavan ilman ohjaus toteutettiin ohjainkaarella, jossa ilma jakaantuu kahteen osaan sisätilan molemmille sivuille. Tiivistyksenä moduulin ja ohjainkaaren väliin leikeltiin Etrasta hankittua 0,5 mm:n paksuista silikonimuovimattoa.

4.3.1 Putket

Sivuilman putket ovat 51 mm halkaisijaltaan, ja ne vievät ilman suoraan ohjainkaareltä ilmansuuttimille. Putkien kiinnitys toteutettiin kojetaulun alapuolelle kiinnityspisteiden avulla. Pelkääjän puolelle asennettiin 300 mm:n pituinen putki ja kuljettajalle ilma ohjattiin 1200 mm:n putkea pitkin. Liitoksien pitävyys varmistettiin kiristyspantojen avulla.

4.3.2 Ilmansuuttimet

Suuttimiksi (kuva 12) valittiin muotoilijoiden etsimänä Audi A3-sportmallin ilmansuuttimet. Suurimmaksi osaksi valintaan vaikuttivat muotoilulliset seikat sekä suuttimien toiminnallisuus. Lisäksi niiden piti olla suhteellisen helposti asennettavissa kojetauluun. Putkien kiinnittämiseksi suuttimiin, mallinnettiin niiden ja suuttimien väliin adapteri, jotta liitos saatiin aikaiseksi.



Kuva 12. Kojetaulun ilmansuuttimet kuljettajan puolelta katsottuna

4.3.3 Liittimet

Putkien kiinnisaamiseksi Audin suuttimiin mallinnettiin niiden väliin adapteri. Suunnittelu tehtiin Catialla ja kappaleet valmistettiin muovitulostimella. Adapteri kiinnitetään suuttimeen kahdella nippusiteellä, jota varten mallinukseen tehtiin pienet korvakkeet. Putkea varten adapterin toiseen päähän tehtiin 51 mm halkaisijaltaan oleva uloke, johon putki saadaan rengaskiristimellä (kuva 13) kiinni.



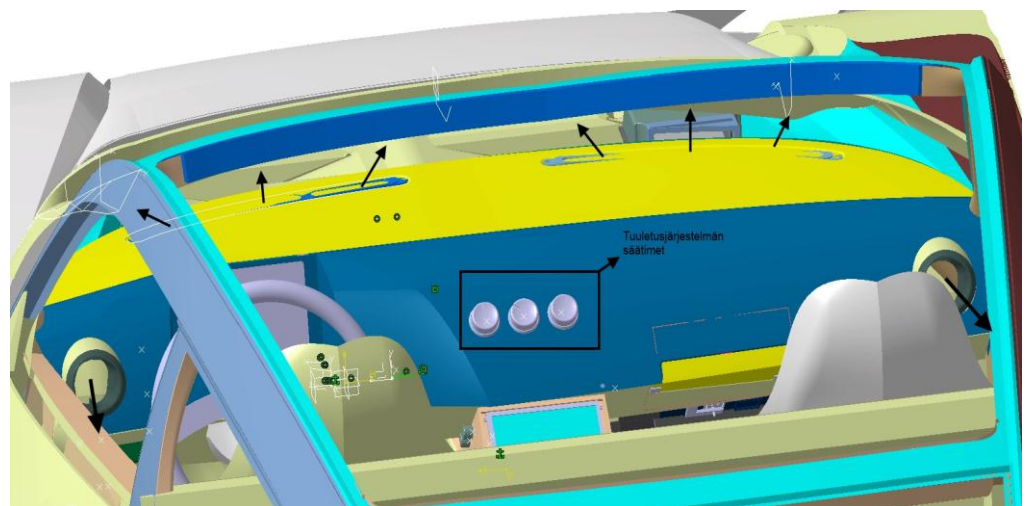
Kuva 13. Putkiliitokset tehtiin suurimmaksi osaksi rengaskiristimillä

4.4 Kojetaulun säätimet

Tuuletusjärjestelmän ohjaus toteutettiin kolmella eri säätimellä (kuva 14). Kojetaulun keskiosaan sijoitettiin vierekkäin kaksi potentiometriä joista toinen sammutuskytkimellä sekä yksi kiertokytkin. Niiden avulla voidaan tuule-
tusta ja lämpötilaa säätää halutulla tavalla.

Kuljettajan paikalta katsottuna kiertokytkin sijaitsee lähinnä ja sen tehtävänä on säätää kolmivaiheisesti puhalluskohteita eli halutaanko ilma puhaltaa tuu-
lilasille, sivuille vai molempiin samanaikaisesti. Keskimmäisenä on poten-
tiometri, jolla säädetään tuuletuksen nopeutta portaattomasti. Katkaisijasta on
myös mahdollista sammuttaa puhaltimet. Laitimmaisesta kytkimestä sääde-
tään lämpötilaa. Se tapahtuu kuudella eri portaalla palloventtiilissä, vaikkei
sitä kytkintä kääntäessä huomaa.

Kytkeisiin koneistettiin alumiiniset nupit osittain ulkonäön sekä käytettävyy-
den parantamiseksi. Nappien alle koneistettiin kiinnityslevyt, jotka viimeiste-
levät ulkonäön ja ovat apuna kytkimien kiinnityksessä.



Kuva 14. Puhaltimen säätimet ja suunnat, joihin puhallus kohdistuu

5 LÄMMITYS

Sähköauton lämmitys tuo muutamia lisähaasteita verrattuna polttomoottori-autoihin. Lämmityksen järjestäminen erillisellä polttoainetankilla ei ainakaan E-RAn yhteydessä tullut kysymykseen. Polttoainelislämmittimiä, lämpöpumppuja tai vastaavaa ei voinut toistaiseksi autossa käyttää. Tämän lisäksi moottoreiden jäähdytysveden lämpötilan oli pysyttävä noin 50 °C:ssa, joten kovin tehokasta lämmitystehoa ei siis ole tarjolla. Tästä syystä päädyttiin ratkaisuun, että lämmitys kohdistetaan niihin paikkoihin missä sitä eniten tarvitaan. Kylmissä oloissa ja Suomen ilmastoa ajatellen on autoon saatava inhimilliset olosuhteet ja erityisesti ikkunoiden on pysyttävä huurteettomina, jotta näkyvyys olisi mahdollisimman hyvä. Sisätilan lämmityksen ohella myös tuulilasiin haluttiin lämmitys.

5.1 Kalvot

Kalvot saatiin sponsorituotteina Taipale Automotiven toimesta. Kalvojen koot määriteltiin auton mittojen mukaan. Eniten suunnittelutyötä vaadittiin ovien lämmityskalvoissa ja niiden sijoittamisessa. Kalvot ovat polyesterialumiini-polyesterilaminaattia ja vahvuudeltaan 0,2 mm sekä painoltaan 250 g/m². Kalvoja on mahdollista taittaa kertaalleen lähes 180 astetta, tosin mon-taa taittelua ne eivät kestä alumiinin väsymisen tai murtumisen vuoksi.

Lämpökalvot liimataan niiden omalla tarrapinnalla suoraan kuituun kiinni. Ennen kiinnittämistä hiilikuitupinnat on kuitenkin hiottava tasaiseksi ja puhdistettava kaikesta liasta ja rasvasta.

5.1.1 Lattiat

Kuljettajan ja matkustajan puolelle mitoitettiin 300 mm × 400 mm:n kokoiset kalvot. Ennen kalvoja lattiaan liimataan lämmöneristysmatot, joiden tarkoitus on estää lämmön kulku auton ulkopuolelle pohjan läpi. Kalvot kiinnitetään lämmöneristysmattojen päälle. Tämän jälkeen asennetaan verhoilu sekä jalkatilan matot.

5.1.2 Keskitunneli

Tunnelin molemmin puolin asennettiin noin 1000 mm × 200 mm:n kokoiset lämmityselementit. Ne muodostavat suurimmat yksittäiset lämmityspinnat auton matkustamossa.

Keskitunnelin kalvoja (kuva 15) ei voitu suoraan asentaa tunnelin kylkiin. Ennen kalvoja kylkiin asennettiin lämpöä eristäviä mattoja, joiden tehtävä on estää lämmön säteileminen keskitunnelin sisään ja kohdistaa lämpösäteily matkustamoon. Tämä oli tarpeen, koska akuille ei haluttu kohdistuvan yhtään ylimääräistä lämmitystä. Huomattiin, että 2 mm:n paksuinen hiilikuitu ei eristänyt oikeastaan yhtään vaan lämpö kulki melkein suoraan läpi. Eristematon ja kalvon paksuudeksi tuli yhteensä noin 2,5 mm, joten se oli helppo piilottaa verhoilun alle. Lisäksi elementin kokoon vaikutti keskiakkupaketin kiinnitysten läpiviennit. Kalvo oli mahdolluttavan niiden väliin riittäväällä varoetäisyydellä kiinnityspultteihin.



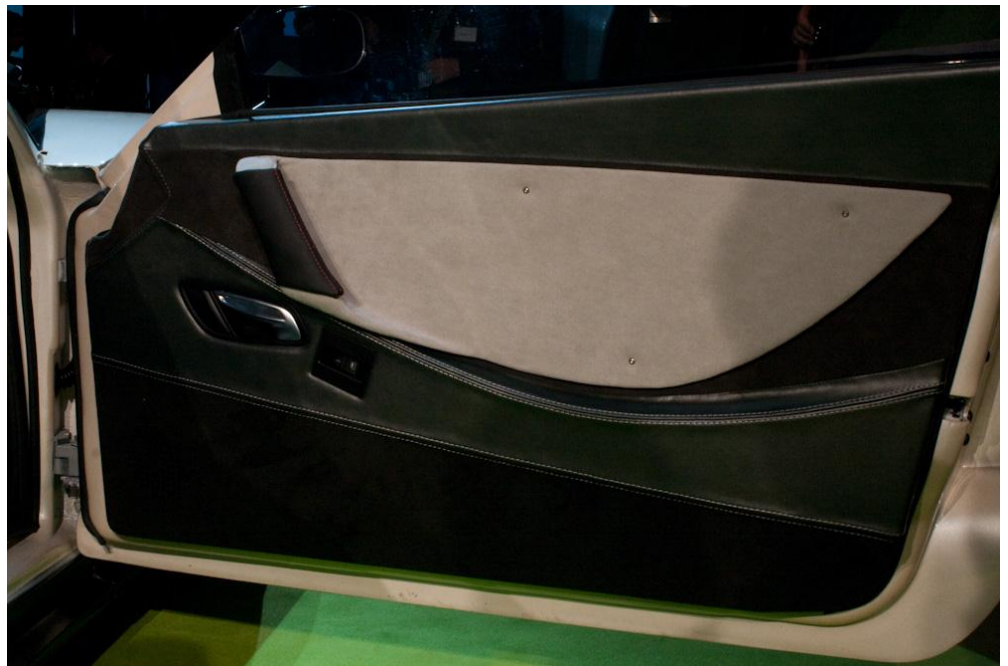
Kuva 15. Lämmityskalvot lattiassa ja keskitunnelissa

5.1.3 Istuimet

Istuimiksi saimme Recaron hiilikuidusta valmistetut ja nahkaverhoillut urheiluistuimet sponsorointina Bayermann Ay:n kautta. Penkkien lämmittämiseksi käytettiin kahta kalvoa, jotka sijoitettiin irrotettavien istuinpehmusteiden sisään. Kalvot sijoitettiin penkkien istuinosaan ja alaselälle. Kalvot asennettiin istuinpehmusteiden sisään verhoilun ja vaahtomuovin väliin. Lämmitys toimii kaikesta huolimatta, koska vaahtomuovi ei eristä erityisen tehokkaasti. Johdot pujotettiin penkin pohjassa olevan reiän läpi liitäntöille.

5.1.4 Ovet

Ovien lämmityskalvot suunniteltiin Catian avulla ja tehtiin pikamallinnuksella Taipale Automotiven tehtailla. Kalvon asennettiin ovien kahvaosaan samaan tapaan kuin lattia ja keskitunnelin kalvot. Sijainti saatiin tämän avulla aivan käsivarren viereen (kuva 16), jolloin se myös osaltaan voi vähentää mahdollista vetoisuuden tuntua sivuikkunasta, etenkin kylmillä ilmoilla. Johdon läpivienti tehtiin ovipahvin läpi oven sisäpuolelle, johon se ei näy ulkopuolelta. Ovipahvin lämmityskalvon teho on noin 15 W; tämän kuitenkin pitäisi olla riittävä, jotta lämmityskin tuntuisi.



Kuva 16. Oven lämmityskalvo, joka sijaitsee vaalealla verhoillun pinnan alla

5.1.5 Tuulilasi

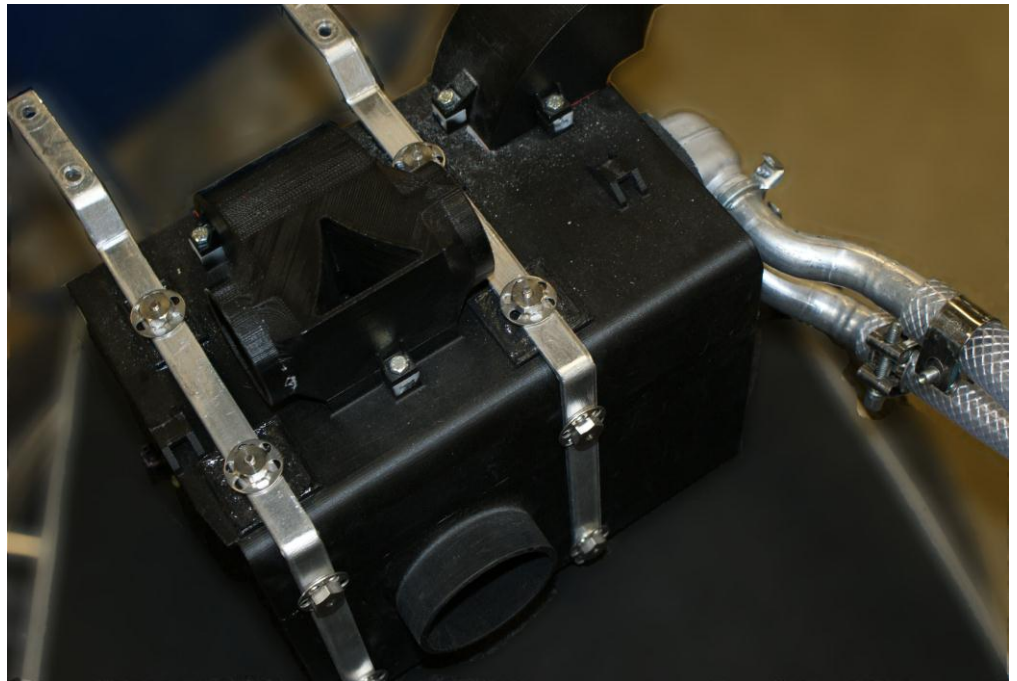
Tuulilasit saatiin sponsorina Pilkington Automotivelta. Autoon teetettyihin laseihin asennettiin tekovaiheessa lämpöjohtimet, jotka painetaan silkipainantamenetelmällä vielä esijännittämättömälle lasille [3, s. 853]. Se mahdollistaa lämmityksen koko tuulilasin alalle. Tämä osaltaan parantaa huomattavasti jään sulattamista ikkunasta sekä huurteen muodostumista kylmissä tai sateisissa olosuhteissa.

5.2 Kytkimet

Lämmityskalvojen ohjaukseen käytettiin useampaa painonappia. Kuljettajan ja matkustajan istuinten kiinnitys rautoihin porattiin reiät kiinnitystä varten. Näiden avulla lämmitys on mahdollista kytkeä pois ja päälle. Lattia-, keskisunneli- ja ovien lämmityskalvojen painokytkin sijoitettiin kuljettajan paikalta katsottuna rattiakselin vasemmalle puolelle kojetaulun alaosaan.

6 JÄRJESTELMÄN ASENTAMINEN AUTOON

Tuuletusjärjestelmän (kuva 17) asentaminen autoon osoittautui vähemmän haasteelliseksi kuin oli odotettu, koska kiinnitys pidettiin mielessä koko järjestelmän suunnittelun ajan. Tuuletusjärjestelmän paikka varattiin matkustajan puolelle jalkatilan yläpuolelle, jolloin moduuli on noin 400 mm:n korkeudella matkustajan jaloista. Moduuli pyrittiin sijoittamaan mahdollisimman ylös huomioiden letkujen vaativat tilat ja järjestämään vedenkierron putkille sopivat paikat, etteivät ne tulisi liian lähelle sähkölaitteita mahdollisen vuodon sattuessa.



Kuva 17. Valmis moduuli autoon asennettavaksi

6.1 Moduulin kiinnitykset

Kiinnitykseen käytettiin 4 mm:n paksuista alumiinia. Työ alkoi aina levynleikkaamisesta lähtien, jossa suuresta levystä leikattiin noin 16 mm leveitä ja 1000 mm:n pituisia listoja. Kiinnitysraudat mallinettiin ensin Catian avulla ja tehtiin käsityönä mittapiirrosten mukaisesti.

4 mm:n paksuinen alumiini valittiin yksinomaan sen vahvuuden takia. Kiinnityksen oli oltava mahdollisimman kevyt, mutta kuitenkin kestävä ja jäykkä jotta se kestäisi tuuletusjärjestelmän aiheuttaman kuorman.

Kiinnitykseen käytettiin kolmea alumiini listaa, joista kaksi kiinnitetään moduulin etuseinämään, katto-osaan ja lopuksi matkustamon poikittaispalkkiin. Kolmas lista tukee moduulia alhaalta takaosasta josta se kiinnittyy myös poikkipalkkiin ja samoihin pultteihin toisen etulistan kanssa.

6.2 Putkien kiinnitteet

Putkien ohjaamiseksi kojetaulun sisällä, niiden kiinnittämiseksi käytettiin liimapohjaisia kiinnikkeitä joihin putket kiinnitettiin nippusiteiden avulla. Nippusiteet korvataan uusilla, jos putket ovat tarpeellista irrottaa.

Audin ilmansuuttimet kiinnitettiin kojetauluun niille varattuihin paikkoihin liimaamalla ne Sikan yksikomponenttiliimausmassalla. Siten suuttimista saatiin tukevat ja kestävä, sillä niiden on kestävä monen suuntaisia voimia, kuten kiertämistä, jos suuttimen haluaa avata tai sulkea.

7 MITTAUKSET

Mittausten tarkoituksena on antaa selvitys siitä, toimiiko tarkasteltava laite halutulla tavalla ja päästääkö tuloksissa niihin arvoihin joihin laitetta suunniteltaessa tähdättiin. Järjestelmän testin tulokset ovat suuntaa antavia, sillä vastaavaa mittausta ei aikaisemmin ole tehty. Lisäksi ei järjestelmälle ole löytynyt vertailukohdetta. Tosin puhaltimien tuloksia voidaan osittain verrata niiden valmistajan antamiin testiarvoihin, jotka ovat mitattu vapaassa ilmatilassa. Monipuolisten mittausten avulla pystytään määrittämään tarvittaessa ohje- ja raja-arvot, joihin järjestelmän on kyettävä myös mahdollisesti siihen tehtävien muutosten jälkeen. Mittausten tekeminen oli myös tärkeää puhaltimen jatkokehityksen kannalta, jotta selviäisi, mihin suuntaan laitetta olisi alettava kehittämään.

7.1 Valmistelut ja testi

Järjestelmän toimivuuden tarkastamiseksi se asennettiin paikoilleen autoon sille sijoitettuun paikkaan ja kytkettiin väyläohjauksella toimivaan IWS:n matalajännitejärjestelmään. Mittauksessa (kuva 18) autoon tulevat tuuletusjärjestelmän osat asetettiin niiden oikeille paikoille ja kiinnitettiin toisiinsa samoin kuin lopullisessa kytkennässä. Asentamatta jätettiin sivuilman ja tuulilasin suuttimet, koska mittaukset oli tehtävä putkien päistä, jotta mittauksista saatiin mahdollisimman tarkat tulokset siitä kuinka paljon ilmaa suuttimien läpi virtaa. Ympäristön lämpötila oli myös koko kokeen ajan vakio ja tässä tapauksessa noin 13 astetta.

Järjestelmän mitattiin Testo 435-ilmamassamittarin avulla, jolloin saadaan kuva siitä, kuinka paljon ilmaa liikkuu aidossa ympäristössä. Tällöin saadaan selville myös mahdolliset virtaushäviöt, joita voi syntyä kun ilma ei pääse liikkumaan täysin suoraan järjestelmässä. Suurimpina ilmanvirtausesteinä ovat suodatin ja jäähdytyskenno. Tärkeimpänä asiana mittauksissa haluttiin selvittää aikaisemmin työssä mainittuun [luku 3.2, s.9] ilman vaihtuvuuteen matkustamossa.



Kuva 18. Mittaustilanteessa ilmavirtaa mitattiin sijoittamalla sensori putken suulle

Mittaukset tehtiin kolmeen kertaan, joista lopullinen tulos otettiin niiden keskiarvosta. Nopeudensäädön ollessa portaaton ja toteutettuna lineaarisella potentiometrillä, jouduttiin mittauksissa nopeudet sopimaan kolmeen eri vaiheeseen:

- hidas, jolloin puhaltimet pyörivät alimmalla mahdollisella nopeudella
- keskivaihe, valittiin potentiometrin puoliväli hitaan ja nopean välillä
- nopea, asento, jossa puhaltimet antavat maksimipuhallustehon

Nopeuksien lisäksi erikseen mitattiin sivuille ja tuulilasille puhaltavat pisteet, jolloin puhaltimet olivat päällä erikseen ja yhtä aikaa.

7.2 Tulokset

Päällimmäisenä mittaustuloksista oli huomattavissa suodattimen vaikutus sisään otettavaan ilmaan. Testin aluksi ilmamäärän mittaus tehtiin ilman suodatinta, jotta tuloksia voitiin verrata. Suodatin alensi puhaltimien sisään tuomaa ilmamäärää huomattavasti, mikä johtui sen kankaan tiheästä rakenteesta. Tiheä suodatinkangas on kuitenkin välttämätön, jos ulkoilman saasteita ei haluta matkustamoon asti päätyvän. Tämä kuitenkin kertoi heti sen, että puhaltimien teho olisi oltava huomattavasti suurempi kuin aluksi kaavailtiin. Pelkääntään haluttuihin suuntaa antaviin arvoihin pääseminen vaatisi puhaltimien tehon kaksinkertaistamista tai suuremman ilmamäärän tuottamista. Luultavimmin paras ratkaisu olisi tehokkaampien puhaltimien hankkiminen.

Mittauksissa otettiin arvot (liite 5) aikaisemmin mainituilla kolmella eri nopeudella [luku 7.1, s.33]. Testissä otettiin ylös ilman virtausnopeus: metriä sekunnissa, tilavuus: litraa sekunnissa sekä yhteenlaskettu ilmamäärä: kuutiota tunnissa. Mittauksissa ei jäähdyttimen läpi kulkenut vettä, joten ilman lämpötila oli sama kuin ympärillä vallitseva.

Kolmeen kertaan tehtyjen mittausten keskiarvot antavat mittausten tulokset. Eroja tuli esiin valittaessa puhalluspisteitä. Puhallus valittuna vain sivulle antoi suuremmat eli paremmat arvot kuin puhalluksen ollessa valittuna sekä sivuilla että tuulilasille. Sama asia toistui myös tuulilasin puhalluksen osalta, tällöin kaikki arvot olivat siten mittausten perusteella suurempia.

Eroja tuulilasin ja sivupuhalluksen kohdalla oli etenkin putkien halkaisija. Havaintoja tästä oli pienemmässä tuulilasinohjausputkessa virtausnopeus suurempi kuin suuremmassa sivupuhallusputkessa. Kuitenkin tilavuudessa muutos ei vielä näkynyt merkittävänä erona. Eron kuitenkin huomasi yhteenlasketusta ilmamäärässä, jossa tuulilasin putkien ilmamäärä oli huomattavasti suurempi tunnissa kuin sivuille menevissä putkissa. Tähän osaltaan voi vaikuttaa putkien eri koot sekä on mahdolliset mittausvirheet, jotka pyrittiin kuitenkin sulkemaan pois mittauksia tehdessä.

7.3 Huomiot

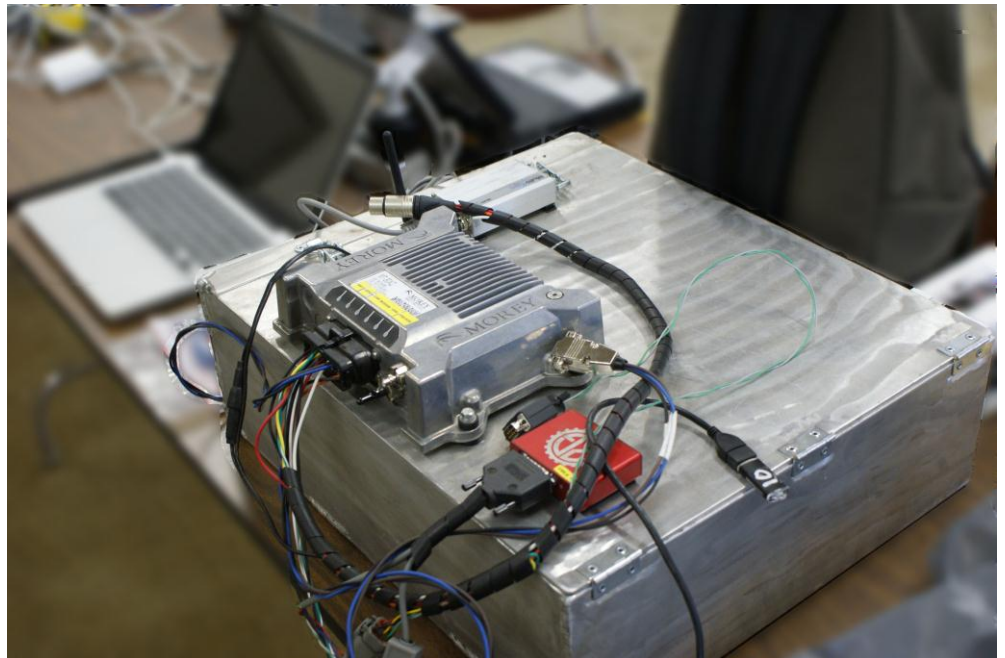
Tuuletuslaitteen heikkoutena on, että se ei viilennä ilmaan kuten ilmastointi. Alun perin tuuletuslaite suunniteltiin Suomen lämpötiloja huomioiden ja suunnittelussa jätettiin pois ilmastoinnin asentaminen autoon, koska sille ei nähty tarpeeksi suurta tarvetta ja Suomen ilmastossa myös oli huomioitava ilman lämmittäminen talvella. Suurimpana etuna tuuletuslaitteella on sen keveys, joka on saatu aikaan komponentteja vähentämällä ja tekemällä laite keveistä materiaaleista. Näin ollen koko järjestelmä painoksi saatiin noin 5 kg, joka on vähän verrattuna tuotantoauton tuuletuslaitteeseen. Kuitenkin suurimmassa osassa tämän päivän tuotantoautoista ilmastointi on vakiovaruste. Tästä kulmasta myös E-RAssa olisi ajankohtaista olla ilmastointi.

Varsinkin kuumissa olosuhteissa ilman viilentäminen on tärkeää, sillä tietyn lämpötilarajan jälkeen ei tuulenvire tunnu enää viilentävältä varsinkaan, jos ihminen ei hikoile. Tuuletus ei myöskään tee ilmasta yhtä raikkaan tuntuista kuin ilmastoidussa autossa. Ilmastoinnin parhain puoli on myös, että se poistaa kosteutta auton sisältä. Tämä on tärkeää varsinkin jos ajoneuvon ikkunat halutaan pitää poissa huurteesta.

E-RAn (kuva 20) vieraillessa USA:n X-PRIZE kilpailussa oli mahdollisuus päästä tutkimaan tuuletuksen toimintaa erilaisessa ympäristössä kuin Suomessa. Etenkin Yhdysvaltojen Carbondalella Illinoisin osavaltiossa ilmasto oli todella kostea ja kuuma. Yli 30-asteinen ilma ei tunnu enää viilentävältä, ja pelkän puhalluksen avulla ei saavuteta minkäänlaista vilvoittavaa tunnetta. Kilpailun vaatimusten takia oli kehitettävä ilmanjäähdytys, jotta matkustamon lämpötila saataisiin pidettyä alle 35 asteen.

Ratkaisuksi kuumiin olosuhteisiin kehitettiin X-PRIZE-kilpailua varten viilennysjärjestelmä, jossa käytimme autoon kilpailua varten asennettu ballastia (kuva 19), johon asennettiin kaikki autosta puuttuva ja kilpailujärjestäjien vaatimat varusteet painoina, joita autossamme ei ollut. Tämän osan paino oli noin 30 kg. Näihin lukeutuivat muun muassa kuljettajan turvatyyny sekä muut vastaavat turvavarusteet. Laatikko sijoitettiin matkustajan istuimen paikalle ja kiinnitettiin ruuveilla samoihin reikiin, joista istuinkin on kiinni.

Ballastiin asennettiin 50 kylmäkaappeihin tarkoitettua kylmäpakkausta. Pakkaukset jäädettiin pakastimessa jolloin niistä saatiin jäähdytystehoa useammaksi tunniksi autolla ajettaessa. Tyhjän ballastin pohjalle ja kahdelle sivulle asetettiin ohuita Finnfoam-levyjä eristykseksi. Ballastin kahteen toiseen kylkeen porattiin parikymmentä suurta reikää ilman sisäänottoa varten. Kylmäpakkaukset sijoitettiin niiden päälle pitkittäin ja poikittain useampaan kerrokseen. Niiden väliin myös laitettiin Finnfoam-paloja, jotta ilmankierto olisi mahdollisimman suurta kappaleiden väleissä. Ilman ulosottamiseksi ballastin päälle tehtiin noin 110 mm:n reikä jonka päälle asennettiin tuuletin. Laitteiden väliin lisättiin kiinni noin 1000 mm:n putki, jonka toinen pää sijoitettiin tuuletuslaitteen ilman sisäänottokanavaan.



Kuva 19. Ballasti, johon niin sanotut kylmäkallet sijoitettiin

Yhdistelmä vastaa hieman ilmastonin periaatetta, sillä sen tarkoituksena on kierrättää sisäilmaan jäähdyttään sitä. Tosin se ei kuitenkaan kuivaa ilmaa ilmastonin tapaan. Haittapuolena olikin ballastin hikoileminen, sillä alumiininen kuori alkoi nopeasti luovuttaa kylmää ulkoilmaan ja laatikon ulkopuolelle alkoi kondensoitua vettä.

Kaikesta huolimatta auton sisäilman lämpötilaa saatiin alennettua tämän järjestelmän avulla joitakin asteita, koska sitä vaadittiin kilpailussa. Sääntöjen mukaan sisäilman lämpötila ei saanut nousta yli 95 fahrenheitin eli 35 celsiusasteen yläpuolelle.



Kuva 20. E-RA sponsoritarroineen USA:n X-PRIZE-kilpailussa

8 YHTEENVETO

Tämän insinööriyön kirjallisessa osuudessa on selostettu mahdollisimman yksityiskohtaisesti E-RAn matkustamon tuuletusjärjestelmän rakennetta sekä sen toimintaa. Tarkoituksena oli antaa mahdollisimman kattava kuva työvaiheiden etenemisestä ja rakenteesta sekä tiettyihin ratkaisuihin päätyemisessä ja niiden toteuttamisesta. Lisäksi haluttiin kommentoida testivaiheen havaintoja sekä erilaisissa olosuhteissa tehtyjä huomioita. Työssä esiteltiin kuitenkin myös ongelmat ja niiden mahdolliset ratkaisut, joita suunnittelussa tai toteutuksessa tuli vastaan.

Koko järjestelmän suunnittelu oli ison työn takana, mutta aluksi asetettuihin tavoitteisiin päästiin tarpeeksi lähelle. Tavoitteena oli tehdä tuuletus- ja lämmitysjärjestelmästä täysin toimiva ja kenen tahansa helposti käytettävä ja ymmärrettävä järjestelmä. Niiden täytyi toimia ulkolämpötilasta riippuen ja siten, että ne täyttävät tämän päivän vaatimukset, joita yleensä autoissa vaaditaan. Näissä asioissa myös onnistuttiin ja autoon saatiin rakennettua yksinkertainen mutta luotettava järjestelmä. Testituloksien avulla saatiin selville tuuletuslaitteen heikkous ja sen pohjalta voitiin päätellä, mitä olisi järjestelmässä syytä muuttaa. Mittaustulosten tarkkuus jäi kuitenkin hieman epätarkaksi, mutta tilanteeseen nähden se oli tarpeeksi suuntaa-antava. Lämmitysjärjestelmä saatiin myös suunnitelmien mukaiseksi ja autoa onnistuttiin lämmittämään kohdekeskeisesti halutuista paikoista. Projektin jatkuessa se kuitenkin vaati lisää tutkimista, sillä ennen tätä kirjallista osaa tehdessä ei tutkimuksia vielä pystytty tekemään tarpeeksi.

Järjestelmän suunnittelun aikana uusia ideoita tulvi jatkuvasti. Haasteellista oli löytää se paras ratkaisu kaikkeen. Työn aikana oppi kuitenkin tekemään kompromisseja, päätymään ja pysymään tietyissä ratkaisuissa. Oli kuitenkin tärkeää saada mielipiteitä myös muilta. Tämä osaltaan helpotti ratkaisujen tekemistä. Ilman näitä toimia järjestelmän tekeminen ei olisi ikinä tullut päätökseensä.

Osaltaan projektissa työskentely toi esiin ryhmätyöskentelyn tärkeyden sekä sen merkityksen, sillä toimivalla porukalla on paljon tehokkaampi työskennellä kuin ottaa liian isoa palaa yksittäiselle henkilölle. Tiimityöskentelyssä on kuitenkin tärkeää, että työnjako on selvä sen osalta kuka tekee viimeiset päätökset ja kuinka monen henkilön kanssa. Ilman selkeitä johtajia ongelmaksi voi muodostua päätöksenteko, koska vastuun ottaminen on tällöin hankalampaa. Tasavertaisessa ryhmässä kukaan ei halua suoranaisesti ottaa vastuuta itselleen konfliktien välttämiseksi.

Seuraavia projekteja ajatellen työn on tarkoitus antaa mahdollisuuden tutustua yhteen ratkaisumalliin tämänlaisen projektin kohdalla. Toivottavaa olisi, että tämä insinööri työ tuo ja herättää uusia ideoita sekä antaa pohjaa kehittää järjestelmää eteenpäin ja saada siitä entistä toimivampi. Jonain päivänä tämä voisi myös mahdollistaa oikean ilmaston asennettavaksi E-RAan.

VIITELUETTELO

- [1] E-RA sähköurheiluauto. Saatavissa: <http://www.raceabout.fi/era>.
- [2] Progressive Automotive X PRIZE kilpailun kotisivut. Saatavissa: <http://www.progressiveautoxprize.org/>.
- [3] Bosch, *Autoteknillinen taskukirja*. 6. painos. Jyväskylä: Gummerus Oy:n kirjapaino. 2003.
- [4] Sisäilmayhdistyksen selvitys lämpötilan terveystaikutuksista [verkkodokumentti, viitattu 22.2.2010]. Saatavissa: <http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/perustietoa/terveysvaikutukset/>
- [5] Hengitysliiton selvitys hiilidioksidista [verkkodokumentti, viitattu 22.2.2010]. Saatavissa: <http://www.hengitysliitto.fi/Home/Muutisailmaongelmat/Hiilidioksidi/>
- [6] RaceAbout. Saatavissa: <http://www.raceabout.fi/>.
- [7] CityCab. Saatavissa: <http://www.techvilla.fi/data/Aineistot/2009-citymobil/ruotsalainen1.pdf>.

LIITELUETTELO

LIITE 1. NMB-MAT BG1203 DC-puhallin

LIITE 2. Sanwa SDX-901 Mega Torque Servo

LIITE 3. Etraflex HF5 specifications

LIITE 4. Silicone Ductin Hoses specifications

LIITE 5. Kappaleiden materiaali- ja painotaulukko

LIITE 6. Tuuletusjärjestelmän testitulokset

NMB-MAT BG1203 DC-puhallin



EMINEBEA.COM

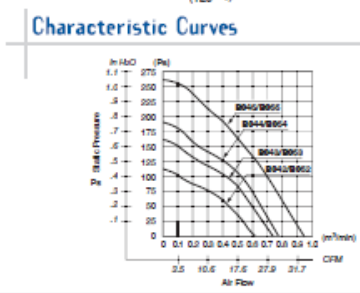
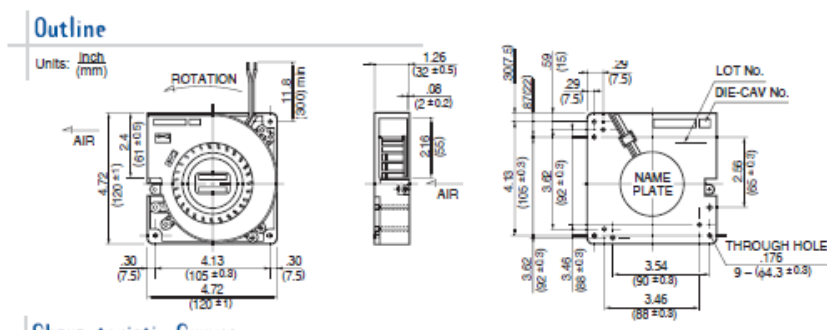
BG1203 (φ120 x 32L)

General Specifications

Allowable Ambient Temperature Range:
 -10°C ~ +80°C (Operating)
 -40°C ~ +80°C (Storage)
 (non-condensing environment)

Expected Life

Failure Rate: 10%
 25°C 100,000 Hours (00)



Material

Casing : Plastic (Black) 94V-0
 Impeller : Plastic (Black) 94V-0
 Bearing : Ball Bearing
 Lead Wire : UL1007, AWG26, +Red, -Black

Specifications

MODEL	Product No.	Rated Voltage	Operating Voltage	Current	Input Power	Speed	Max. Air Flow		Max. Static Pressure		Noise	Mass
		(V)	(V)	(A)*1	(W)*1	(min ⁻¹)*1	CFM*1	(m ³ /min)*1	in H ₂ O	(Pa)*1	(dB)*1	(g)
BG1203-B042-000-	00	12	6 ~ 13.8	0.30	3.60	1800	22.2	0.63	.40	100	46.0	270
BG1203-B043-000-	00	12	6 ~ 13.8	0.48	5.78	2100	26.1	0.74	.58	145	50.5	270
BG1203-B044-000-	00	12	6 ~ 13.8	0.65	7.80	2250	28.2	0.80	.70	175	52.0	270
BG1203-B045-000-	00	12	6 ~ 13.8	0.93	11.16	2650	33.2	0.94	1.04	260	55.0	270
BG1203-B052-000-	00	24	12 ~ 27.6	0.17	4.08	1800	22.2	0.63	.40	100	46.0	270
BG1203-B053-000-	00	24	12 ~ 27.6	0.25	6.00	2100	26.1	0.74	.58	145	50.5	270
BG1203-B054-000-	00	24	12 ~ 27.6	0.30	7.20	2250	28.2	0.80	.70	175	52.0	270
BG1203-B055-000-	00	24	12 ~ 27.6	0.48	11.52	2650	33.2	0.94	1.04	260	55.0	270

Rotation: Counterclockwise *1: Average Values In Free Air

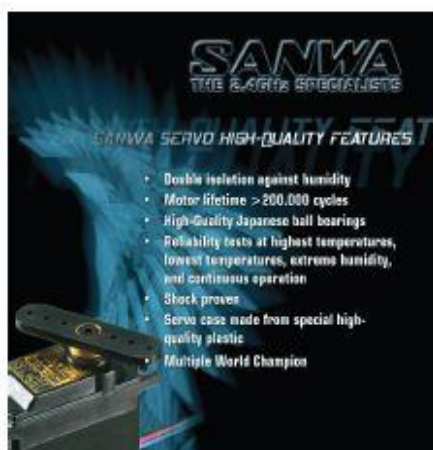


DC Blowers

Sanwa SDX-901 Mega Torque Servo

New and extremely strong and high torque servo from Sanwa for Flight/ Cars.

Art. no.: 107A53391A



Specifications

Weight	66g
manipulating speed	0.10s/cv/40° - 6.0V
manipulating energy	29.0kg/ cm - 6.0V
Dimension	40.5x21x38mm

Etraflex HF5 specifications



LETKUT JA LIITTIMET

Etraflex HF5

Käyttökohteet:
ilmanotto, savunpoisto, ilmanvaihto, ilmastointi, lisäksi lukuisia määriä kevyen ilmanvaihdon kohteita mm. vene- ja asuntovaunukäytössä.

Ominaisuudet:
-taipuisa ja kevyt yleisletku ilmanvaihtoon ja keveiden materiaalien poistoon
-sininen spiraali, kova PVC
-vapaa-aikaveneiden valmistajien suosikki

Rakenne:
Sisäseinämä: Metallinhoito sininen PVC
Ulkoseinämä: Metallinhoito sininen PVC
Vahvikkeet: spiraali, kova PVC
Käyttölämpötila: -5 °C...+50° C
Merkintä:
Standardit:



Tuotekoodi	Sisämitta Ø mm	Alipaine bar	Taivutussäde mm	Paino kg/m	Pituus
10320003304	25	0.4	40	0.095	25
10320003305	32	0.35	40	0.16	25
10320003306	38	0.35	60	0.195	25
10320003307	45	0.35	80	0.25	25
10320003308	51	0.35	90	0.29	25
10320003310	63	0.3	100	0.43	25
10320003311	70	0.3	110	0.50	25
10320003312	76	0.3	110	0.55	25
10320003313	102	0.3	160	0.75	25
10320003314	127	0.3	230	1.10	25
10320003315	152	0.25	280	1.50	25

Silicone Ductin Hoses specifications



Technical Details

- Temperature range: -50°C to +310°C for V9 and -30°C to +150°C for V2
 - V9 - Single ply silicone coated glass fibre fabric with an embedded bronze plated steel wire helix and outer glass cord.
 - V2 - Single ply neoprene coated glass fibre fabric with an embedded bronze plated steel wire helix and outer glass cord.
 - Resistance to very high temperatures. Flexible and Light. Low air friction loss properties. Kink resistance. NOTE: not for humid air.
 - Standard length: 4m
 - Diameter range 25 mm to 152 mm
 - Applications: Motorsport, aircraft, aerospace, vehicle and engine production. Hot and cold air extraction, exhaust gas and welding fume extraction, car heating, hot dust extraction.
-

Kappaleiden materiaali- ja painotaulukko

Tuuletuslaitteen komponentit

Komponentti	Määrä (kpl)	Materiaali	Paino (g) / kpl / letkuilla (m)	Pituus (m)	Paino yhteensä (g)
A3 ilmansuutin	2	muovi	132,0		264,0
A3 ilmansuuttimen liitin	2	muovi	36,0		72,0
A3 jäähdytysyksikkö (ilman nestettä + alumiinijohdot)	1	alumiini	718,0		718,0
Extraflex HF5 Ø 32 mm	1	muovi	160,0	1,00	160,0
Extraflex HF5 Ø 45 mm	1	muovi	250,0	0,11	27,5
Flexible Ducting Hose Type MT Ø 51 mm	1	silkkooni	245,0	1,20	294,0
Flexible Ducting Hose Type MT Ø 70 mm	1	silkkooni	460,0	0,60	276,0
Kiinnitysrauta (etuosa)	2	4 mm alumiini	65,0		130,0
Kiinnitysrauta (takaosa)	1	4 mm alumiini	48,0		48,0
Kiinnitysrenkaat	9	haponkestävä teräs	31,0		279,0
M4 pultti 1 kpl	10	metalli	1,0		10,0
Moduuli	1	muovi	721,0		721,0
mutteri insertti	11	teräs	7,0		77,0
Palloventtiili+kahva (sarlin)	1	alumiini	103,0		103,0
Raitisilmansuodatin BMW E36	1	kartonki/muovi	27,0		27,0
SANWA SDX-901 Servo	1	metalli/muovi	67,0		67,0
Sivuilmankaari	1	muovi	75,0		75,0
Suodatin alaosa	1	muovi	107,0		107,0
Suodatin kiinnike (lipareessa)	1	muovi	47,0		47,0
Suodatin yläosa	1	muovi	166,0		166,0
Tuuletin NMB 12V DC	2	muovi	263,0		526,0
Tuuletin apurunko	1	muovi	208,0		208,0
Tuulilasien ilmankaari	1	muovi	43,0		43,0
Tuulilasien ilmanohjainten jakoliitin	1	muovi	45,0		45,0
Tuulilasien ilmansuutin kuljettajan puoli	1	muovi	190,0		190,0
Tuulilasien ilmansuutin pelkäjään puoli	1	muovi	122,0		122,0
Yhteensä	57		4205,00		4802,50

Tuuletusjärjestelmän testitulokset

Tuuletusjärjestelmän testi

27.1.2010

Työn mittaukset tehdään kolmesti. Jäähdytön on paikallaan, mutta mittauksessa sen läpi ei kulje vettä.
Tämän vuoksi ulos tulevan ilman lämpötila on sama kuin sisään otettavan.

Ilmavirran mittausta	
Ympäristön lämpötila °C :	12,9
Ilmavirtamittari:	Testo 435
Akku 12 V :	A123 systems model ALM12V60

Sisään otettava ilma 70 mm putki

Mittauksessa tuuletus ohjataan sekä sivuille ja tuulilasille, jolloin mahdollisimman vapaa virtaus.

Putken pituus:	350 mm
----------------	--------

Mittaus	Nopeus asento	Ilman suodatinta (m / s)	tilavuus (l / s)	Suodattimen kanssa (m / s)	tilavuus (l / s)	ilmamäärä (m ³ / h)	Lämpötila
1.	Hidas	1,25	4,80	0,76	3,00	10,8	
1.	Keski	3,50	13,20	1,80	7,30	26,28	
1.	Nopea	5,20	19,90	3,40	13,10	47,16	
2.	Hidas			0,75	2,90	10,44	
2.	Keski			1,70	6,50	23,4	12,9
2.	Nopea			3,40	12,90	46,44	
3.	Hidas			0,77	3,00	10,8	
3.	Keski			1,84	7,60	27,36	
3.	Nopea			3,43	13,15	47,34	

Keskiarvo

1.	Hidas	1,25	4,80	0,76	2,97	10,68	
2.	Keski			1,78	7,13	25,68	
3.	Nopea			3,41	13,05	46,98	

ALLA OLEVISSA MITTAUKSISSA SUODATIN PAIKOILLAAN.

Tuuletusjärjestelmän testitulokset

Ilma 51 mm putket sivuille											
Mittauksessa ilmanpuhallus on valittu sekä sivuille että tuulilasille.											
Mittaus	Nopeus asento	Kuijettajan puoli		Matkustajan puoli		360 mm	Yksikkö	Lämpötila °C			
		Putken pituus:	nopeus (m / s)	tilavuus (l / s)	nopeus (m / s)				tilavuus (l / s)	ilmamäärä yht. (m ³ / h)	
1.	Hidas	0,39	1,00	0,28	0,60	5,76					
1.	Keski	1,07	2,20	0,61	1,23	12,35					
1.	Nopea	1,71	3,70	1,10	2,60	22,68					
2.	Hidas	0,45	0,91	0,31	0,68	5,72					
2.	Keski	1,04	2,06	0,62	1,28	12,02					12,9
2.	Nopea	1,91	3,43	1,11	2,52	21,42					
3.	Hidas	0,46	0,91	0,34	0,68	5,72					
3.	Keski	1,11	2,26	0,63	1,29	12,78					
3.	Nopea	1,83	3,57	1,23	2,50	21,85					
Keskisarvo											
1.	Hidas	0,43	0,94	0,31	0,65	5,74					
2.	Keski	1,07	2,17	0,62	1,27	12,38					
3.	Nopea	1,82	3,57	1,15	2,54	21,98					

Tuuletusjärjestelmän testitulokset

Ilma 32 mm putket tuulilasille										
Olettaen, että tuulilasille tulevan ilman jako tapahtuu tasaisesti kummallekin suuttimelle. Mittauksessa ilmannonhjaus on valittuna sekä sivuille että tuulilasille.										
Mittaus	Nopeus asento	Kuijettajan puoli		mm	Matkustajan puoli		420 mm	Yksikkö	Lämpötila C	
		Putken pituus:	nopeus (m / s)		tilavuus (l / s)	nopeus (m / s)				tilavuus (l / s)
1.	Hidas	1,05	0,83	1,31	1,07	6,84				
1.	Keski	2,53	1,98	3,12	2,50	16,13				
1.	Nopea	4,58	3,71	5,19	4,24	28,62				
2.	Hidas	1,02	0,84	1,35	1,05	6,80			12,9	
2.	Keski	2,55	2,09	3,25	2,58	16,81				
2.	Nopea	4,51	3,73	5,27	4,12	28,26				
3.	Hidas	1,03	0,83	1,33	1,07	6,84				
3.	Keski	2,49	1,91	3,09	2,45	15,70				
3.	Nopea	4,45	3,52	5,28	4,21	27,83				
Keskiarvo										
1.	Hidas	1,03	0,83	1,33	1,06	6,83				
2.	Keski	2,52	1,99	3,15	2,51	16,21				
3.	Nopea	4,51	3,65	5,25	4,19	28,24				

Tuuletusjärjestelmän testitulokset

Ilma 51 mm putket sivuille

Mittauksessa puhallus on valittuna vain sivuille.

Mittaus	Nopeus asento	Kuljettajan puoli		Matkustajan puoli		Yksikkö	Lämpötila °C
		Putken pituus: nopeus (m / s)	1360 mm tilavuus (l / s)	Putken pituus: nopeus (m / s)	360 mm tilavuus (l / s)		
1.	Hidas	0,47	1,13	0,40	0,80	6,95	
1.	Keski	1,21	2,48	0,78	1,63	14,80	
1.	Nopea	1,98	4,28	1,15	2,70	25,13	
2.	Hidas	0,46	0,97	0,37	0,78	6,30	
2.	Keski	1,23	2,89	0,70	1,75	16,70	12,9
2.	Nopea	1,96	4,20	1,45	2,60	24,48	
3.	Hidas	0,51	1,13	0,39	0,72	6,66	
3.	Keski	1,21	2,20	0,73	1,45	13,14	
3.	Nopea	2,03	4,25	1,39	2,51	24,34	
Keskiarvo							
1.	Hidas	0,48	1,08	0,39	0,77	6,64	
2.	Keski	1,22	2,52	0,74	1,61	14,88	
3.	Nopea	1,99	4,24	1,33	2,60	24,65	

Tuuletusjärjestelmän testitulokset

Ilma 32 mm putket tuuillasille											
Oletetaan, että tuuillasille tulevan ilman jako tapahtuu tasaisesti kummallekin suuttimelle. Mittauksessa ilmamäärä on valittuna vain tuuillasille											
Mittaus	Nopeus asento	Kuljettajan puoli		Matkustajan puoli		Yksikkö		Lämpötila C			
		Putken pituus: nopeus (m / s)	mm tilavuus (l / s)	Putken pituus: nopeus (m / s)	420 mm tilavuus (l / s)	Yksikkö ilmamäärä yht. (m ³ / h)					
1.	Hidas	1,25	1,08	1,73	1,39	8,89					
1.	Keski	3,20	2,53	3,86	3,12	20,34					
1.	Nopea	5,47	4,46	6,10	4,99	34,02					
2.	Hidas	1,33	1,05	1,71	1,41	8,86					
2.	Keski	3,06	2,44	3,62	2,88	19,15		12,9			
2.	Nopea	5,41	4,37	6,40	5,01	33,77					
3.	Hidas	1,31	1,03	1,74	1,40	8,75					
3.	Keski	3,04	3,69	3,69	2,95	23,90					
3.	Nopea	5,32	6,16	6,16	4,89	39,78					
Keskiarvo											
1.	Hidas	1,30	1,05	1,73	1,40	8,83					
2.	Keski	3,10	2,89	3,72	2,98	21,13					
3.	Nopea	5,40	5,00	6,22	4,96	35,86					