

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Auto- ja kuljetustekniikan koulutusohjelma
Auto- ja työkonetekniikka

Tutkintotyö

Vesa-Matti Salminen

SFR-PROJEKTI

Runko

Työn ohjaaja
Työn teettäjä
Tampere 2007

Tekn. lis. Tauno Kulojärvi
Team SFR ry

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Auto- ja kuljetustekniikka

Auto- ja työkonetekniikka

Salminen, Vesa-Matti

Tutkintotyö

Työn ohjaaja

Työn teettäjä

Toukokuu 2007

Hakusanat

SFR-PROJEKTI: Runko

32 sivua + 2 liitesivua

Tekn. lis. Tauno Kulojärvi

Team SFR ry

rata-auto, putkirunko, runko

TIIVISTELMÄ

SFR-projektin tavoitteena oli suunnitella ja rakentaa ratakäyttöön tarkoitettu formulatyypinen yhden hengen rata-ajoneuvo. Missään vaiheessa ei tavoiteltu luokitte-
telua mihinkään kilpaluokkaan, eikä myöskään katuajoneuvoksi rekisteröimistä. Työ toteutettiin tuotekehitysprojektina, joka alkoi helmikuussa 2006 ja kesti kevääseen 2007.

Projektin aluksi laadittiin karkea aikataulu eri vaiheista ja niiden kestosta. Tämän jälkeen aloitettiin budjetin laatiminen ja rahoituksen kerääminen. Seuraavaksi, ja osittain rahoituksen ja muiden valmisteluiden kanssa yhtäaikaaisesti, aloitettiin suunnitteluvaihe. Suunnittelun päästyä riittävän pitkälle käynnistettiin rakennusvaihe, joka kesti kevääseen 2007. Tämän jälkeen projekti katsottiin näiltä osin päättyneeksi ja todettiin testitoiminnan voivan alkaa.

Toimin projektissa projektipäällikkönä, sekä rungon suunnittelusta ja toteutuksesta vastaavana henkilönä. Tässä raportissa kuvataan teräsputkista ja teräslevyistä koostuvan teräsmonokokkirungon suunnittelu- ja rakennusprosessi. Raportissa kuvataan myös jonkin verran koko projektin toteutusta.

Rungon suunnittelussa pyrittiin hyödyntämään uusimpia mahdollisia ohjelmistoja niin mallinnuksessa kuin lujuuslaskennassakin. Pääasiallisia tavoitteita suunnittelussa olivat turvallisuus, keveys ja jäykkyys. Lisäksi runko piti suunnitella siten, että se mahdollisimman hyvin yhdistää muut komponentit yhdeksi kokonaisuudeksi. Runko myös rakennettiin. Pääasiallisena menetelmänä oli MIG-hitsaus, joskin käytettiin myös ruuvi- ja niittiliitoksia. Lopputuloksena projektista valmistui tehtävänä hyvin täyttävä rata-auton runko.

TAMPERE POLYTECHNIC

Automobile and transport engineering

Automobile and industrial vehicle engineering

Salminen, Vesa-Matti

Engineering Thesis

Thesis Supervisor

Commissioning Company

May 2007

Keywords

SFR-PROJECT: Frame

32 pages, 2 appendices

Tauno Kulojärvi (Licentiate in Technology)

Team SFR ry

racecar, space frame, frame

ABSTRACT

The purpose of SFR-project was to design and build a formula-style vehicle to be used on a racing track. It was no intention to get the car classified for any competition class or for street-use. Project was carried out as a product development project which started on February 2006 and lasted until spring 2007.

At the beginning of the project a rough schedule was created. After this we concentrated on budget and funding. Next and partially along with the previous was design-process started. When the overall design of the car was accurate enough, the construction phase was started. This lasted until spring 2007. At this point the project was considered to be finished for these parts and testing could start.

This report mainly describes the design and construction process of the frame. I acted on the project as project manager as well as the person in charge of the design and manufacturing of the frame.

Latest software were used in the design-process of the frame as well as during FEM-calculations. Main objectives during design were safety, light weight and stiffness. One major demand for the frame is to bring together all the other components of the car. The frame was also built. The main method in build process was MIG-welding although screw- and rivet-joints were used too. The result of the project is well functioning race-car frame.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ.....	2
ABSTRACT	3
SISÄLLYSLUETTELO	4
1 JOHDANTO.....	5
2 PROJEKTIN TOTEUTUS	6
3 TERÄSPUTKIRUNGON SUUNNITTELU	10
3.1 Rungon suunnitteluperiaatteet	10
3.2 Rungon mallinnus.....	12
3.3 Rungon lujuuslaskenta.....	14
4 RUNKOMATERIAALIEN VALINTA JA HANKINTA	21
5 RUNGON VALMISTUS	21
6 PÄÄTELMÄT	31
LÄHTEET	32
LIITTEET	32

1 JOHDANTO

Ajoneuvon suunnittelu- ja rakentamisprosessi on autoalan monimutkaisimpia prosesseja. Huomioonotettavien asioiden ja toisiinsa vaikuttavien osa-alueiden määrä on erittäin suuri. Onkin ollut erittäin suuri haaste viedä tällainen projekti läpi ilman kokemusta vastaavanlaisesta. Projektin aikana on pitänyt oppia paljon uusia asioita niin suunnittelusta, rakentamisesta kuin myös ryhmässä työskentelemisestä ja sen ongelmakohtista.

Tämän projektin tavoitteena oli auton rungon suunnittelu ja rakentaminen. Runko on merkittävässä osassa niin ajettavuuden, turvallisuuden kuin ergonomiankin kannalta. Koska runko on kiinteä kappale, jonka muuttaminen jälkikäteen vaatii paljon työtä ja aikaa, tulee sen olla hyvin suunniteltu ja valmistettu. Yksi rungon tärkeimmistä tehtävistä on yhdistää kaikki muut auton osat yhdeksi kokonaisuudeksi. Tämä tarkoittaa sitä, että rungon suunnittelussa on otettava huomioon huomattava määrä sinänsä rungon toiminnan kannalta toissijaisia asioita. Kuvassa 1 on esitetty tässä tutkintotyössä suunniteltu ja rakennettu teräsmonokokkityyppinen runko, sekä joitakin siihen kiinnitettyjä komponentteja.



Kuva 1: SFR-auton runko lähes valmiina.

2 PROJEKTIN TOTEUTUS

SFR-projekti on käytännössä ensimmäinen Tampereen ammattikorkeakoulun auto- ja kuljetustekniikan opiskelijoiden voimin toteutettava tämän tyyppinen ja näin laaja-alainen projekti. Tästä syystä oli alusta asti selvää, että jouduttaisiin tekemään paljon töitä pelkästään erilaisten projektin rahoitukseen ja yleiseen läpivientiin liittyvien asioiden kanssa. Projektia ovat olleet oppilaitoksen puolesta alusta asti tukemassa auto- ja kuljetustekniikan koulutuspäällikkö Tauno Kulojärvi, yliopettaja Erkki Nuutio sekä autolaboratorion laboratorioinsinööri Jari Seppälä. Tässä luvussa käsitellään projektin toteutusta yleisellä tasolla, ja tämä osio on kaikissa projektista valmistuneissa tutkintotöissä samanlainen.

Projekti aloitettiin aloituskokouksella helmikuussa 2006. Kokouksen päätarkoituksena oli jakaa projekti osa-alueisiin ja nimetä jokaiselle osa-alueelle vastuuhenkilö. Päädyttiin seuraavanlaiseen tehtäväjakoon:

- | | |
|--------------------------------------|---------------------|
| - Moottori ja voimansiirto: | Joni Joenniemi |
| - Runko: | Vesa-Matti Salminen |
| - Alusta ja ohjaus: | Jukka Kallio |
| - Kate, ohjaamo ja hallintalaitteet: | Pasi Kuusisto |

Projektin päätavoitteiksi asetettiin erityisen huomion kiinnittäminen turvallisuuden, suorituskykyyn, sekä ulkonäköön. Myös luotettavaa toimintakykyä pidettiin tärkeänä. Nämä seikat pyrittiin pitämään mielessä koko projektin ajan. Moottorin todettiin olevan kriittisin komponentti projektin alkuun saattamisen kannalta ja sen hankkiminen päätettiin tehdä mahdollisimman nopeasti. Eri moottorivaihtoehtojen vertailemisen jälkeen päädyttiin käyttämään moottoripyörän moottoria.

Aloituskokouksessa pohdittiin myös projektin rahoituksen järjestämistä. Päätettiin laatia projektin esittelemisen sekä rahoituksen hakemisen helpottamiseksi projektikuvaus, jonka uusin versio on tämän raportin liitteenä (liite 1). Tämä kuvaus toimi myös eräänlaisena projektin mainoksena. Projektikuvauksen luomista ajatellen luonnosteltiin auton mahdollista ulkonäköä ja eri komponenttien sijaintia sekä kä-

sin että tietokoneella. Tässä vaiheessa tehtiin myös ensimmäisiä karkeita 3D-malleja auton rakenteesta ja komponenttien sijoittelusta. Samalla haettiin myös mittasuhteita autolle.

Aloituskokouksessa laadittiin myös alustava, hyvin karkea aikataulu. Projekti jaettiin kolmeen vaiheeseen: rahoitus ja alkuselvitys, suunnittelu sekä rakentaminen. Päädyttiin sellaiseen aikatauluun, että rahoitus ja tarvittavat selvitykset projektin alkuun saattamiseksi suoritettaisiin mahdollisimman nopeasti, suunnitteluvaihe kestäisi toukokuun 2006 loppuun asti, minkä jälkeen alkaisi syyskuuhun 2006 asti kestävä rakennusvaihe. Koeajopäiväksi merkittiin tässä vaiheessa 1.9.2006. Myöhemmin kävi selväksi, että tämä laadittu aikataulu oli huomattavasti liian optimistinen.

Koettiin, että moottorin hankkiminen täysin omalla kustannuksella olisi ollut projektin budjetin kannalta äärimmäisen vaikeaa, joten päätettiin tiedustella moottoripyörien maahantuojilta, olisiko heillä halukkuutta yhteistyöhön. Otettaessa yhteyttä, usea maahantuoja ilmaisi kiinnostuksensa yhteistyötä kohtaan. Lopulta Oy Brandt Ab myöntyi lahjoittamaan käyttöömmme vuosimallin 2003 Honda-moottoripyörän moottorin. Moottorin iskutilavuus on 954 cm^3 . Moottorilla oli ajettu alle viisituhatta kilometriä ja se oli käytännössä uuden veroinen, lukuun ottamatta sylinterilohkossa vesikanavan kyljessä ollutta pientä halkeamaa.

Loppupalvella 2006 projekti pääsi kunnolla vauhtiin ja huomattiin, että projektia hoitamaan tarvittiin jonkinlainen organisaatio. Tästä syystä perustettiin 13.2.2006 Team SFR ry -niminen rekisteröity yhdistys. Nimi on lyhenne englannin kielen sanoista Small Fast Racer, eli Pieni Nopea Kilpa-ajoneuvo. Yhdistyksen vastuuhenkilöt valittiin seuraavasti:

- Puheenjohtaja: Vesa-Matti Salminen
- Varapuheenjohtaja: Jukka Kallio
- Sihteeri: Pasi Kuusisto
- Rahastonhoitaja: Joni Joenniemi

Käytännössä yhdistyksen perustamisen myötä projektin henkilöiden vastualueet tarkentuivat myös projektissa. Yhdistykselle päätettiin perustaa tili Tampereen Seudun Osuuspankkiin. Näin projektin varat olivat selkeästi erillään projektissa mukana olevien henkilöiden omista varoista.

Melko aikaisessa vaiheessa otettiin yhteyttä Helsingin ammattikorkeakoulun Formula Student -projektiryhmään. He kutsuivatkin meidät tutustumaan projektiinsa paikan päälle. He esittelivät avuliaasti projektia ja käynti koettiin erittäin hyödylliseksi monella tapaa. Vierailu auttoi mm. ymmärtämään huomattavasti paremmin, mitä tulisi ottaa huomioon ja miten projektissa kannattaisi edetä. Lisäksi saatiin hyvä lista mahdollisista jälleenmyyjistä sekä tietolähteistä, joita saatettaisiin tarvita.

Kevään aikana haettiin käyttöoikeudet Tieteen tietotekniikan keskuksen CSC (Computer Sciences Corporation) -ohjelmistopankkiin. Ohjelmistopankki on tarkoitettu lähinnä oppilaitoksille, erilaisten projektien läpiviennin helpottamiseksi. Tätä kautta olisi käyttömahdollisuus ollut useisiin ohjelmistoihin, joiden hyödyntäminen suunnittelutyössä olisi auttanut parempaan lopputulokseen. Ohjelmistopankissa on useita erilaisia ohjelmia lujuus- ja virtauslaskentaan sekä geometrian tutkimiseen tarkoitettuja ohjelmia. Käyttöoikeudet saatiin kuitenkin niin myöhäisessä vaiheessa suunnittelutyötä, ettei niitä pystytty hyödyntämään projektissa lainkaan ohjelmien käytön opetteluun kuluvan ajan ja resurssien puuttumisen vuoksi.

Koska moottorin vaatima työmäärä osoittautui arvioitua suuremmaksi, päätettiin ottaa projektiin mukaan viides henkilö, vastualueenaan voimansiirto. Janne Lipasti hyväksyttiin Team SFR ry:n jäseneksi ja samalla SFR-projektin jäseneksi 11.4.2006. Loppukeväällä 2006 valittiin voimansiirtoratkaisuksi Stadian Formula Student -projektissa kehitetty, SSF-Pyörä Oy:n valmistama vetopyörästä. Kyseessä oli ylivoimaisesti paras vaihtoehto tämältyypiseen ajoneuvoon, lähinnä pienen kokonsa ja keveytensä takia.

Komponenttien hankinta vei paljon aikaa. Huomattiin, että joidenkin komponenttien kohdalla saatavuus ei ollut toivotunlainen tai hinnat olivat yllättävän korkeita. Näin ei voitu aina hyödyntää ensimmäistä hyväksi koettua ratkaisua. Projektin kannalta parhaimmiksi komponenttien hankintapaikoiksi osoittautuivat Racer's

Place (www.racersplace.fi), Autoracing (www.autoracing.fi) sekä pientarvikkeissa Ruuvilinja (www.ruuvi.net). Auton rakentaminen saatiin käyntiin kesäkuussa. Rakennusvaihe eteni kohtuullisen vakaasti koko ajan vuodenvaihteeseen 2007 asti. Alkuvuoden 2007 aikana autoon rakennettiin lasikuituinen kate. Myös alustarakennetta vietiin eteenpäin useimpien projektin jäsenten toimesta ja keväällä auto saatiin ensimmäistä kertaa pyörilleen. Tämä koettiin erityisen motivoivana hetkenä projektissa, ja projektin valmistuminen tuntui varmemmalta.

Rahoitus koettiin alusta asti suureksi huolenaiheeksi, mutta lopulta se järjestyi yllättävänkin helposti. Rahoituksen hankkimista silmälläpitäen laadittiin projektille budjetti, jossa määriteltiin melko tarkasti, millaisia summia kuhunkin osaluueeseen ja tiettyihin komponentteihin pitäisi varata. Projektin alkuun saattamisessa oli huomattava apu, kun Tampereen ammattikorkeakoulun stipendirahasto myönsi hakemamme apurahat, yhteensä neljätuhatta euroa. Lisäksi haettiin 7950 euron apuraha Henry Fordin Säätiöltä. Hakemus hyväksyttiin täysimääräisenä, jolloin projektin rahoitus selvisi suurelta osin. Lisäksi sponsoriksi saatiin Tamperelta paikallinen moottoripyöräliike Moto-Osa, joka lahjoitti projektiin useita pienempiä osia. Saimme myös 250 € apurahan Tampereen Autotekniseltä Yhdistykseltä sekä 100 € apurahan Tampereen ammattikorkeakoulun opiskelijayhdistykseltä. Lisäksi Tampereen Autovaraosa lahjoitti niveliä ohjausakseliin. Lisärahoituksena päätettiin hakea 20 000 € apuraha Tekesin Masina-ohjelmasta. Apuraha ei kuitenkaan saatu. Perusteena eväämiselle oli, että vaikka projekti on erittäin mielenkiintoinen ja hyvä, sen tulokset ovat vaikeasti hyödynnettävissä yleisemmin. Vuoden 2006 joulukuussa projektin jäsenet saivat K.F. ja Maria Dunderbergin Testamenttisäätiöltä kahdentuhannen euron henkilökohtaiset stipendit.

Rahoituksen hankkimisen vaatima ajankäyttö ylitti odotukset. Paperitöiden vaaties- sa huomattavan paljon aikaa koko projektiryhmältä huomattiin, että projektia vetämässä olisi pitänyt ehdottomasti olla erillinen projektipäällikkö, jolla ei olisi ollut muita vastuualueita. Projektiryhmän koko olisi myös saanut olla jonkin verran suurempi. Moni osa-alue jäi projektin aikana liian vähälle huomiolle, koska aikataulu ei sallinut käytettävissä olevien resurssien puitteissa jokaisen yksityiskohdan hio- mista parhaaksi mahdolliseksi.

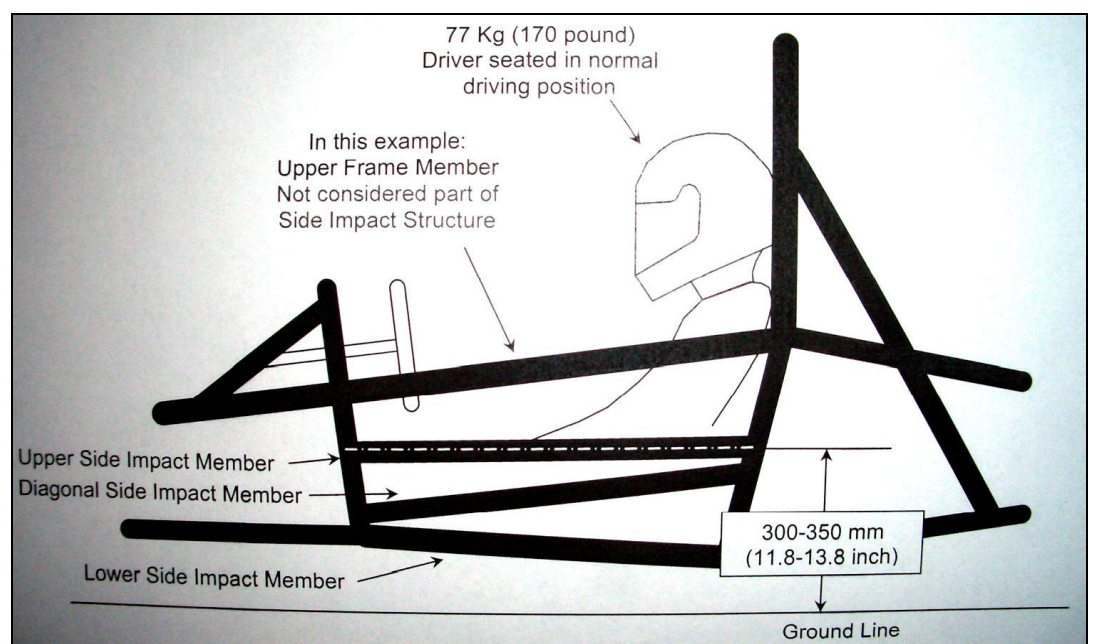
Kaiken kaikkiaan projekti koettiin erittäin mielenkiintoiseksi ja opettavaiseksi kokemukseksi. Auto tullaan rakentamaan valmiiksi kesän 2007 aikana, jonka jälkeen sillä osallistutaan erilaisiin autoharrastetapahtumiin ja autolla ajetaan radalla mahdollisuuksien mukaan.

3 TERÄSPUTKIRUNGON SUUNNITTELU

3.1 Rungon suunnitteluperiaatteet

Rata-auton rungon suunnittelun tärkeimpiä näkökulmia ovat rungon jäykkyys, turvallisuus, yhteensopivuus muiden komponenttien kanssa ja niiden kiinnityspisteiden toimivuus, sekä ergonomia kuljettajan kannalta. Luonnollisesti rungon muodolla voidaan vaikuttaa suuresti myös auton aerodynaamisiin ominaisuuksiin ja yleiseen auton ulkomuotoon.

Tässä työssä kiinnitettiin erityishuomiota rungon jäykkyyteen ja kolariturvallisuuteen. Teräsputkista koostuvan rungon rakentamisessa on muutamia erilaisia vaihtoehtoja. Tässä työssä päädyttiin käyttämään teräsmonokokki-tyyppistä runkoa, josta löytyy esimerkkikuva mm. Formula SAE:n säännöistä (kuva 2) /1, s. 36/, koska sen koettiin olevan hyvä etenkin turvallisuuden osalta.



Kuva 2: Formula SAE -säännöissä esitetty esimerkkikuva monokokkirungosta. /1/

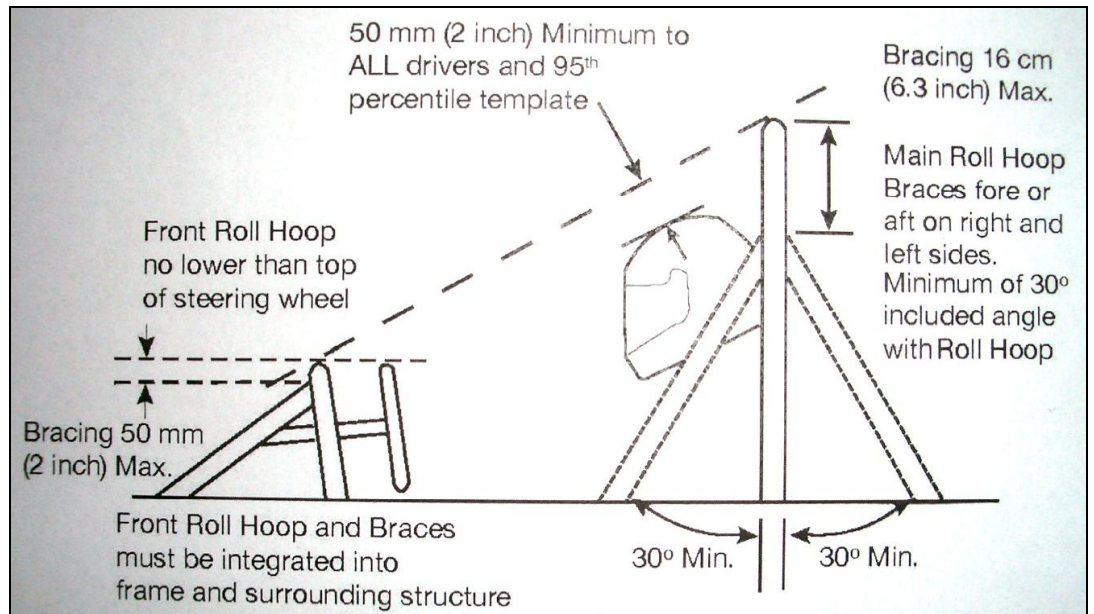
Aivan aluksi oli päätettävä, miten runkoa lähdettiin tekemään. Vaihtoehtoja on monta niin materiaalin kuin rakennustavan osalta. Runkotyyppejä ovat mm: putkirunko, levyillä tuettu putkirunko, kotelopalkkirunko ja erillisrunko. Tässä työssä päädyttiin levyillä tuettuun putkirunkoon lähinnä sen suhteellisen helposti saavutettavan hyvän vääntöjäykkyyden, kestävyuden ja kevyen rakenteen vuoksi. Kotelopalkkirunkoa harkittiin myös, mutta todettiin sen valmistamisen käytettävissä olevilla resursseilla olevan liian työlästä ja aikaa vievää. Materiaaliksi valittiin teräs suurimmaksi osaksi siksi, että se oli harkituista materiaaleista ainoa, jonka työstämisestä oli riittävästi kokemusta. Alumiinin käyttöä, lähinnä rungon levyosissa, harkittiin hyvin pitkään, mutta siitä luovuttiin kuitenkin, kun todettiin sen hyötyjen tällaisessa tapauksessa olevan hyvin pieniä.

Myös liitostapoja on lukemattomia erilaisia. Voidaan käyttää esimerkiksi hitsi-, liima-, niitti- tai juotosliitoksia. Lisäksi jokaisesta liitostavasta on lukuisia erilaisia vaihtoehtoja. Tässä työssä päädyttiin käyttämään putkien toisiinsa liittämiseen MIG-hitsausta sen helppouden, varmuuden ja lujuuden takia. Myös TIG-hitsausta harkittiin, ja sitä olisikin saatettu käyttää, mikäli sen käytöstä olisi ollut aiempaa kokemusta. Levyt liitettiin putkiin ruostumattomasta teräksestä valmistetuilla vetoniiteillä. Tämä johtui suureksi osaksi ohutlevyn hitsaamisen vaikeuksista sekä halusta varmistaa helposti vaurioituvien levyosien vaihdettavuus.

Putkirungon jäykkyyden aikaansaaminen on peruseriaatteeltaan hyvin yksinkertaista. Mitä pienempiä aukkoja putkien väliin jää, sitä jäykempi rakenteesta tulee. Lisäksi aukkojen muodot vaikuttavat huomattavasti jäykkyyteen. Kyseessä on siis muotoaktiivinen rakenne. Pääperiaatteena on, että pyritään suosimaan kolmikulmaisia aukkoja. Suorakulmaisen aukon jäykistäminen tehdään lisäämällä siihen kulmasta kulmaan kulkeva vinotuki. Vaihtoehtoinen tapa on sulkea aukko kokonaan käyttämällä levyä. Näitä molempia tapoja on käytetty tässä työssä.

Turvallisuuden kannalta kaikkein kriittisimpien osien, turvakaaren ja etukaaren tulee olla saumattomia, jotta varmistetaan niiden kestävyys mahdollisessa kaatumistilanteessa. Lisäksi näitä kaaria ja muita ympäripyörähdysuojia suunniteltaessa tulee ottaa huomioon mm. käsien pysyminen ohjaamossa tilanteesta riippumatta ja pään

suojaaminen maahan osumiselta. Kuvassa 3 /1, s.28/ on Formula SAE säännöissä esitetyt vaatimukset turva- ja etukaarelle.

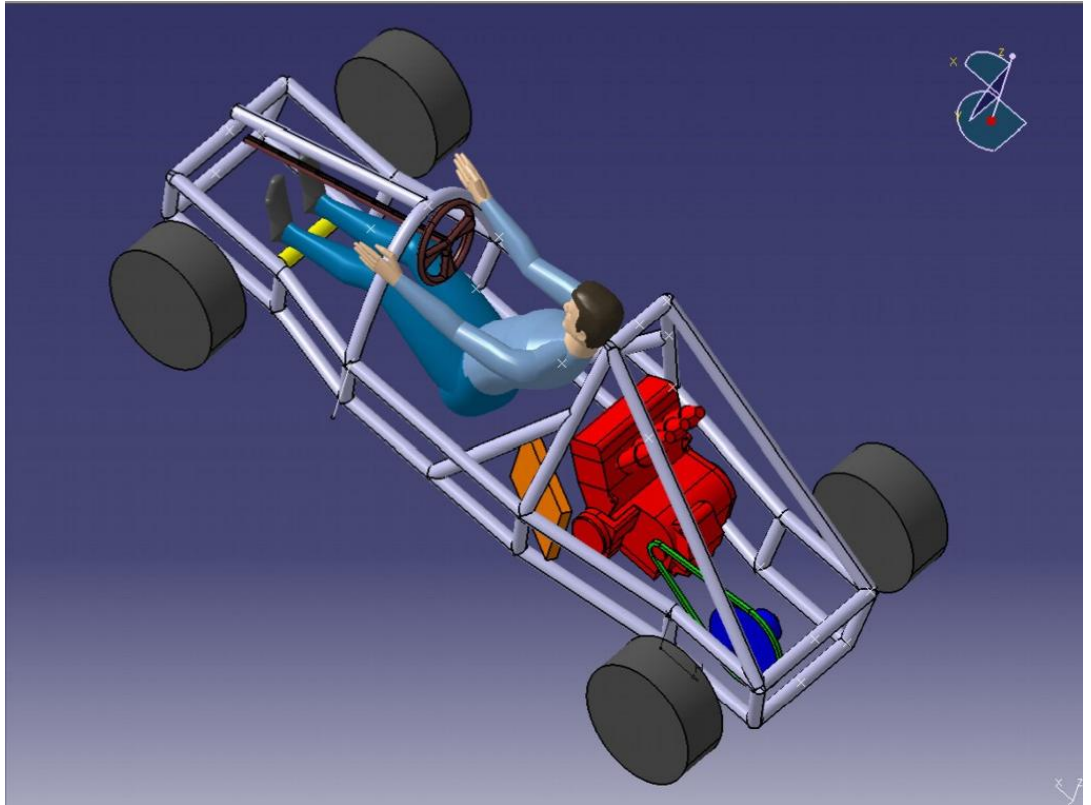


Kuva 3: Formula SAE:n vaatimukset etu- ja turvakaarelle. /1/

Aerodynamiikkaa tässä työssä ei huomioitu muilta osin kuin pyrkimällä mahdollisimman tasaiseen pohjan muotoon. Pienen ilmanvastuksen lisäksi tasainen pohja toimii jossain määrin diffuusorina, mikä lisää suurissa nopeuksissa auton vakautta ja pitoa luomalla auton alle alipainetta. Varsinaisten diffuusorien suunnitteluun ja toteutukseen ei katsottu ajan ja resurssien riittävän.

3.2 Rungon mallinnus

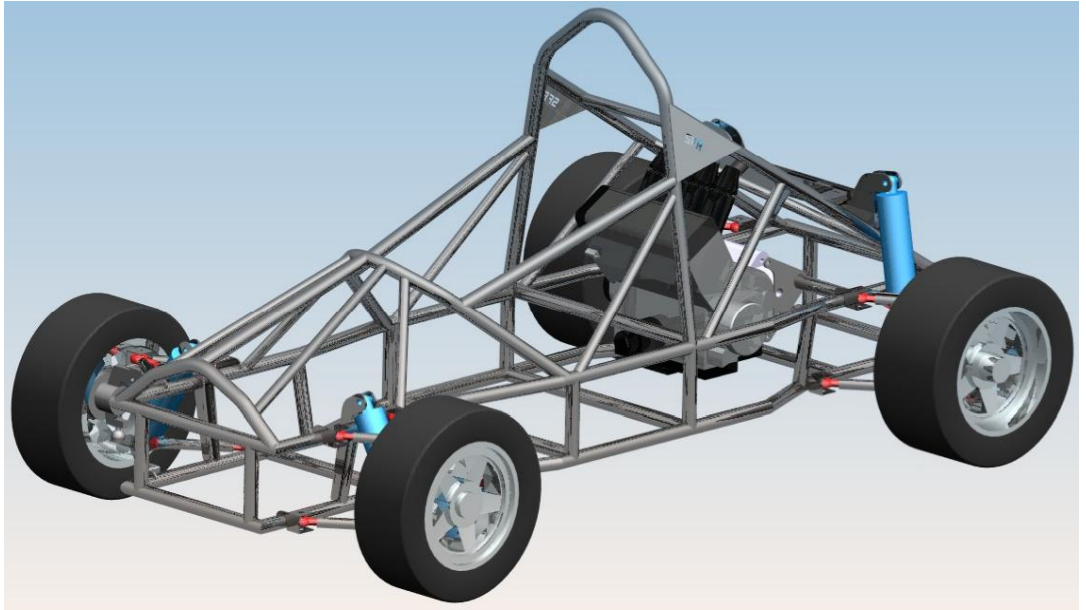
Alkuvaiheessa auton tärkeimmät komponentit mallinnettiin Catia-mallinnusohjelmistolla (versio P3V5R15) ja näin saatiin tehtyä vaadittavat tarkistelukomponenttien toisiinsa sovittamisen kannalta. Lähinnä tässä vaiheessa mallinnettiin runkoon ja moottoriin liittyviä komponentteja. Lisäksi Catia tarjosi hyvän mahdollisuuden tarkistella auton mittasuhteita ergonomiamoduulinsa ansiosta. Kuvassa 4 on esitetty varhainen package layout -suunnitelma, jonka tarkoituksena oli hahmotella auton mittasuhteita ja komponenttien sijoittelua autoon. Kuvasta käy ilmi myös Catian ergonomiamoduulilla tuotetun henkilön sovittaminen ajoneuvoon.



Kuva 4: Varhaisen vaiheen hahmotelma komponenteista ja mittasuhteista.

Kun auton päämitat oli näin saatu selville, jatkettiin rungon mallinnusta ja sen muodon optimointia. Optimoinnin perustana käytettiin tehtyjä lujuuslaskelmia. Kun malli oli saatu lujuusominaisuuksiltaan sekä mittasuhteiltaan sellaiseksi, että se koettiin toimivaksi ja kestäväksi ratkaisuksi, aloitettiin rakennusvaihe, josta kerrotaan luvussa 4. Rakennusvaiheen aikana runkoon tehtiin lukuisia muutoksia, mikä johtui halusta vielä jäykistää joitakin kohtia rungosta sekä komponenttien sovitamisesta. Nämä muutokset tehtiin malliin myöhemmin, jotta voitiin vielä tutkia lopullisia lujuusominaisuuksia.

Tässä vaiheessa siirryttiin käyttämään UGS NX -ohjelmistoa (versio 4.0). Tähän ohjelmistoon pystyttiin tuomaan suoraan jo tehdyt Catia-mallit, sekä muutamat polttoleikkauksia varten tehdyt mallit I-DEAS -mallinnusohjelmistosta. Kokoonpanoa täydennettiin myös alustan osilla, joista suurin osa oli vielä fyysisesti rakentamatta. Näin pyöräntuntojen ja niiden kiinnityspisteiden suunnittelussa voitiin hyödyntää 3D-mallinnuksen etuja. Kuvassa 5 on esitetty NX:llä tehty malli autosta.

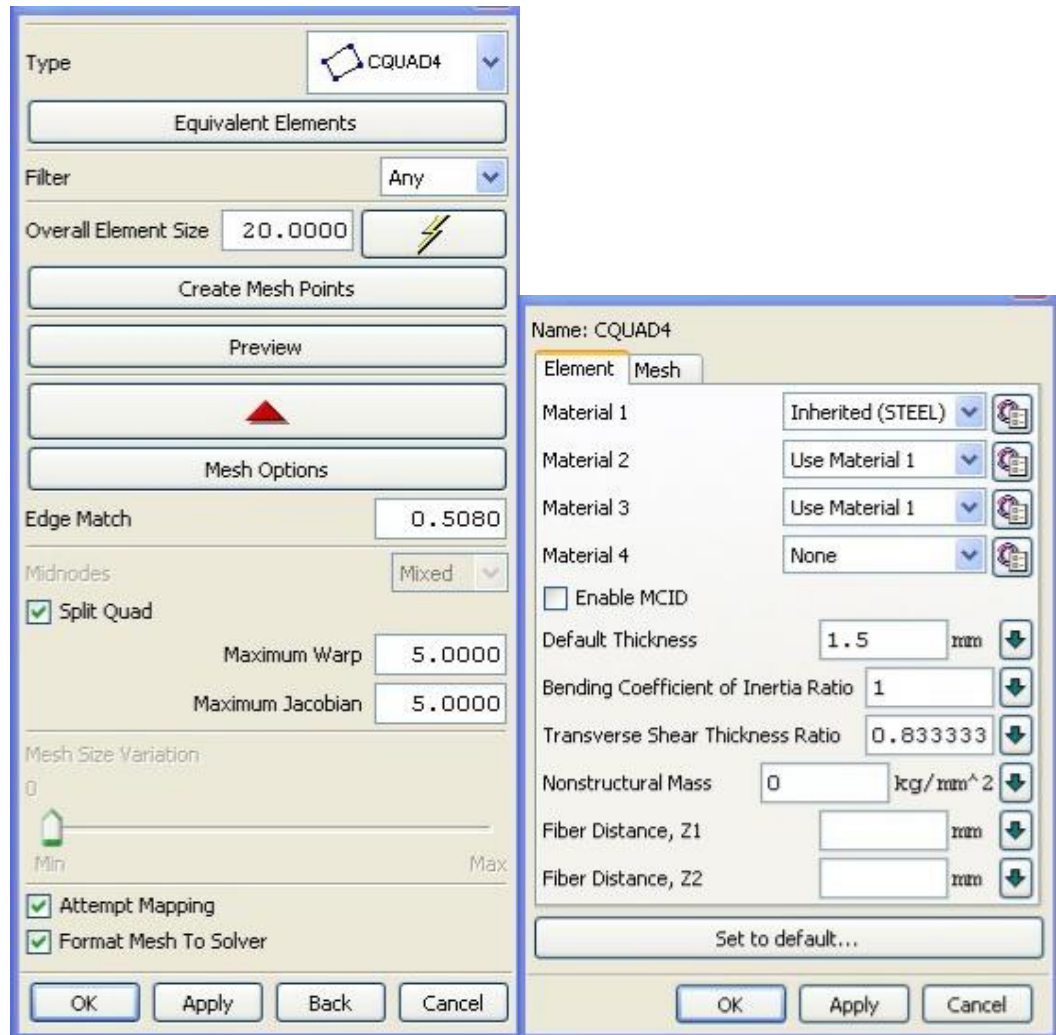


Kuva 5: NX-malli SFR-autosta.

Rungon mallinnus helpotti myös rakennusvaihetta, kun voitiin laatia riittävän tarkka mittakuva (liite 2), jonka perusteella runko rakennettiin. Todellisuudessa vielä parempi ratkaisu olisi ollut mallintaa runko vieläkin tarkemmin, jokainen osa erikseen, ja tehdä täydelliset osakuvat, jolloin kaikki osat olisi voitu valmistaa ensin ja vasta sitten koota runko.

3.3 Rungon lujuuslaskenta

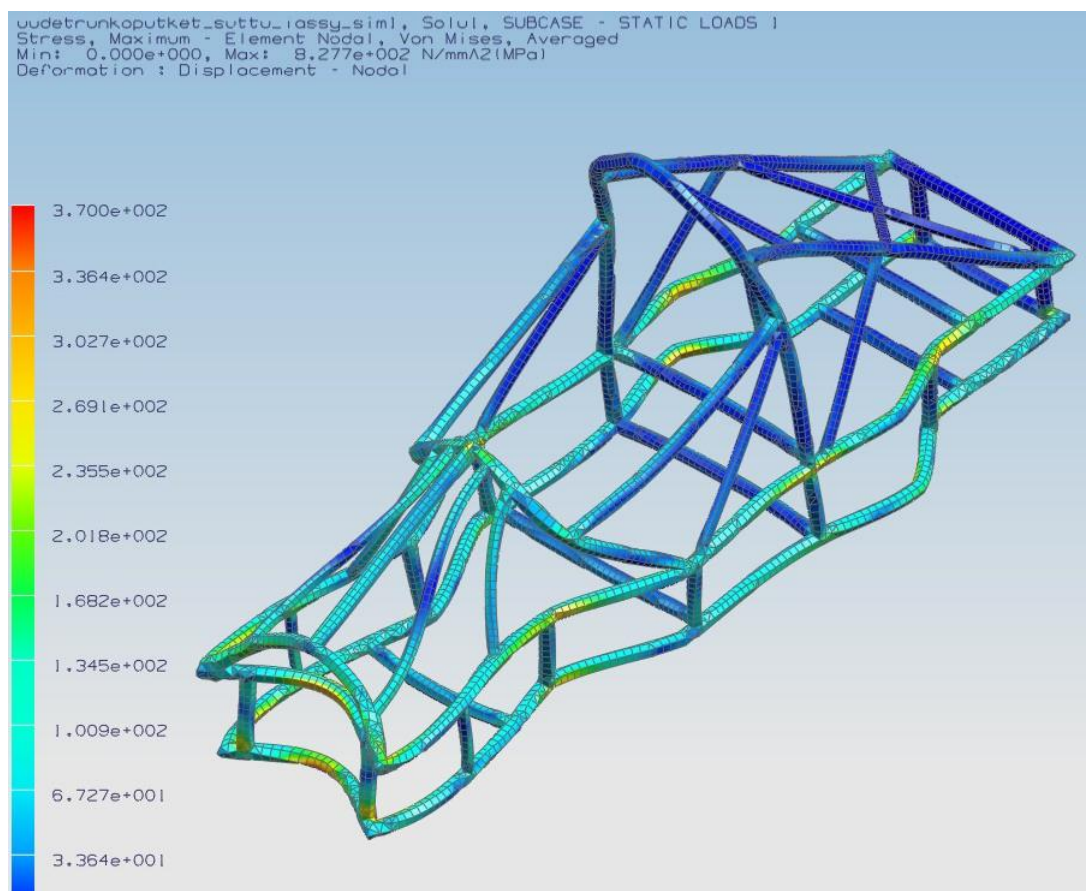
Laskentaan käytettävissä ollut aika oli valitettavan rajallinen, mikä johti osittain arviointien pohjalta tehtyihin ratkaisuihin. Tarkkaan optimointiin painon suhteen ei siis pyritty, koska tämän pelättiin johtavan liian heikkoon rakenteeseen. Lujuuslaskennassa käytettiin pääasiassa Catian lujuuslaskentamoduulia, mutta kun projektin loppuvaiheissa oltiin siirtymässä NX4-ohjelmiston käyttämiseen, käytettiin osassa tutkimuksia NX4:n kanssa hyvin yhteen toimivaa MSC Nastran -laskentaohjelmaa. Elementtiverkkona mallissa käytettiin 2D-verkkoa, jonka asetukset NX-ohjelmistossa näkyvät kuvassa 6.



Kuva 6: Elementtiverkon asetukset

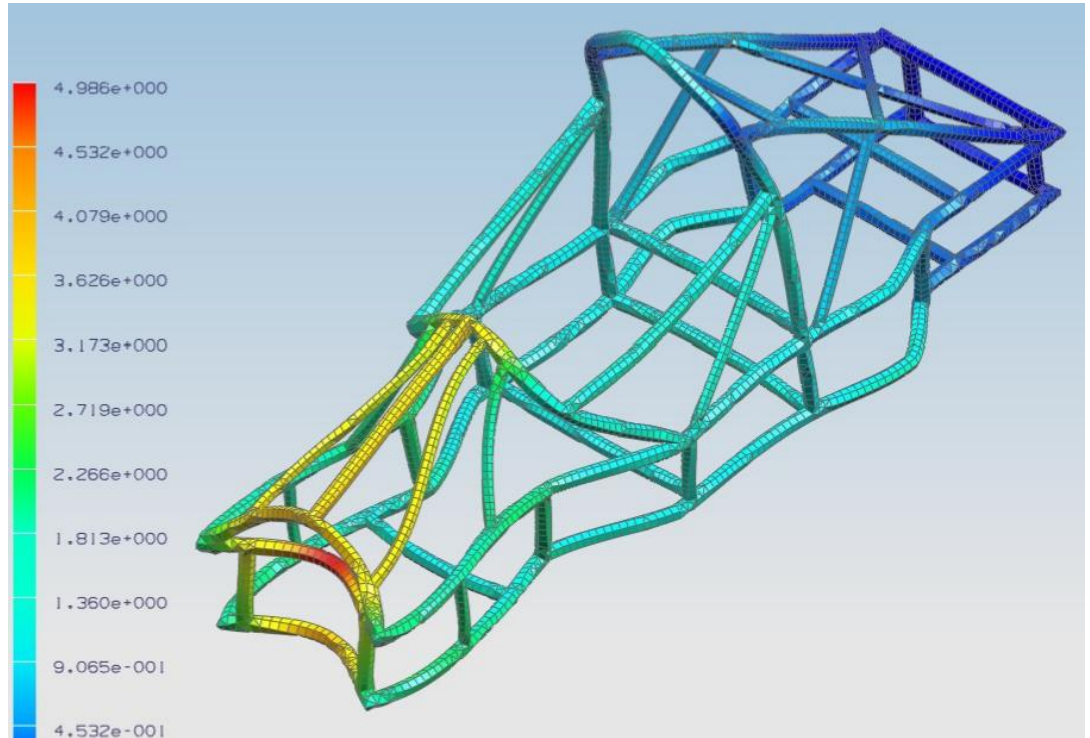
Törmäystilanne on kaikkein suurimmin runkoa rasittava tilanne, joten se päätettiin ottaa kaikkein kriittisimmin tarkisteluun. Erityisesti otettiin tarkasteluun kohtisuora törmäystilanne 80 km/h nopeudella. Törmäystilanne kestää tyypillisesti 0,1 - 0,2 sekuntia /2, s. 27/. Törmäystilanteen keston pyritään vaikuttamaan runkorakenteen kokoonpainuvilla osilla. Tässä tapauksessa tällainen osa on crashbox. Käyttämällä törmäyksen kestona 0,15 s, saadaan auton hidastuvuudeksi 80 km/h (22,22 m/s) nopeudesta $148,15 \text{ m/s}^2$, eli 15,1 g. Törmäystilanteessa asetettiin tavoitteeksi pysyvien muodonmuutosten välttäminen rungossa 15 g:n ($147,15 \text{ m/s}^2$) hidastuvuudella. Tällöin suuremmissa hidastuvuuksissa runko sitoo itseensä törmäysenergiaa muodonmuutoksillaan ja vähentää näin kuljettajaan kohdistuvaa rasitusta. Koska ihmiskeho kestää vain rajallisen määrän hidastuvuutta, 30 g:n ollessa merkittävä kynnys henkinjäämisen kannalta /2, s. 29/, olisi turhaa mitoitaa auton runkoa kestäämään hyvin suurta hidastuvuutta.

Törmäyskestävyyden arvioimiseen keulakolaritilanteessa käytettiin kuormitustapaa, jossa runko tuettiin täysin takaosastaan ja rungon etupäähän kohdistettiin kohtisuoraa voimaa. Auton massaksi arvioitiin alle 500 kg, joten 15 g:n hidastuvuus aiheuttaa runkoon maksimissaan alle 75000 N voiman. NX/Nastran -ohjelmistoyhdistelmällä suoritettujen laskelmien perusteella runko kestää tuon voiman aiheuttamat jännitykset kuljettajaa ympäröivällä alueella. Kuvassa 7 on esitetty lasketut rungon siirtymät ja jännitykset nokkakolaritilanteessa. Huomataan, että maksimijännitys on suurempi kuin materiaalin myötöraja, jopa suurempi kuin murtoraja. Suurimmat jännitykset esiintyvät kuitenkin muualla kuin kuljettajaa ympäröivässä monokokkirakenteessa. Kuormitustapauksen asettelu aiheuttaa osaltaan harhauttavan suuret kuormitukset aivan etummaisiiin poikkiputkiin, niiden taipuessa runsaasti. Lisäksi tämä malli ei ota lainkaan huomioon materiaalin myötämistä johtuvaa kuormituksen muuttumista, ja mallista puuttuvat sekä crashbox, että runkoa tukevat levyrakenteet, jotka edelleen edesauttavat rungon kestävyttä kolaritilanteessa.



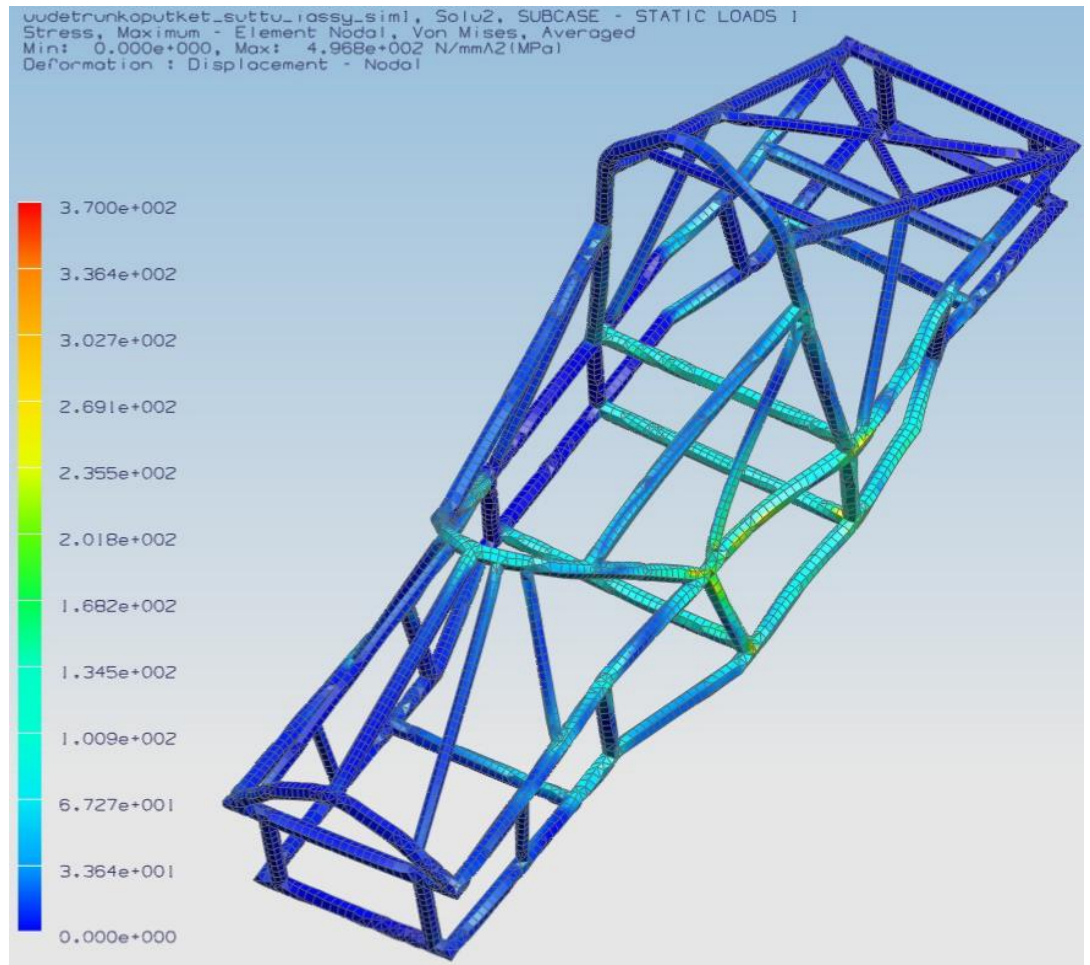
Kuva 7: Jännitykset keulatörmäyksessä.

Kuvassa 8 on esitetty keulatörmäystilanteessa ilmenevät siirtymät. Huomataan, että suurin siirtymä on alle 5 mm. Näin pieneksi jäävät muodonmuutokset tukevat aiempaa johtopäätöstä rungon kestämissen osalta. Siirtymät on näissä kuvissa esitetty 50 kertaisina todellisiin verrattuna.



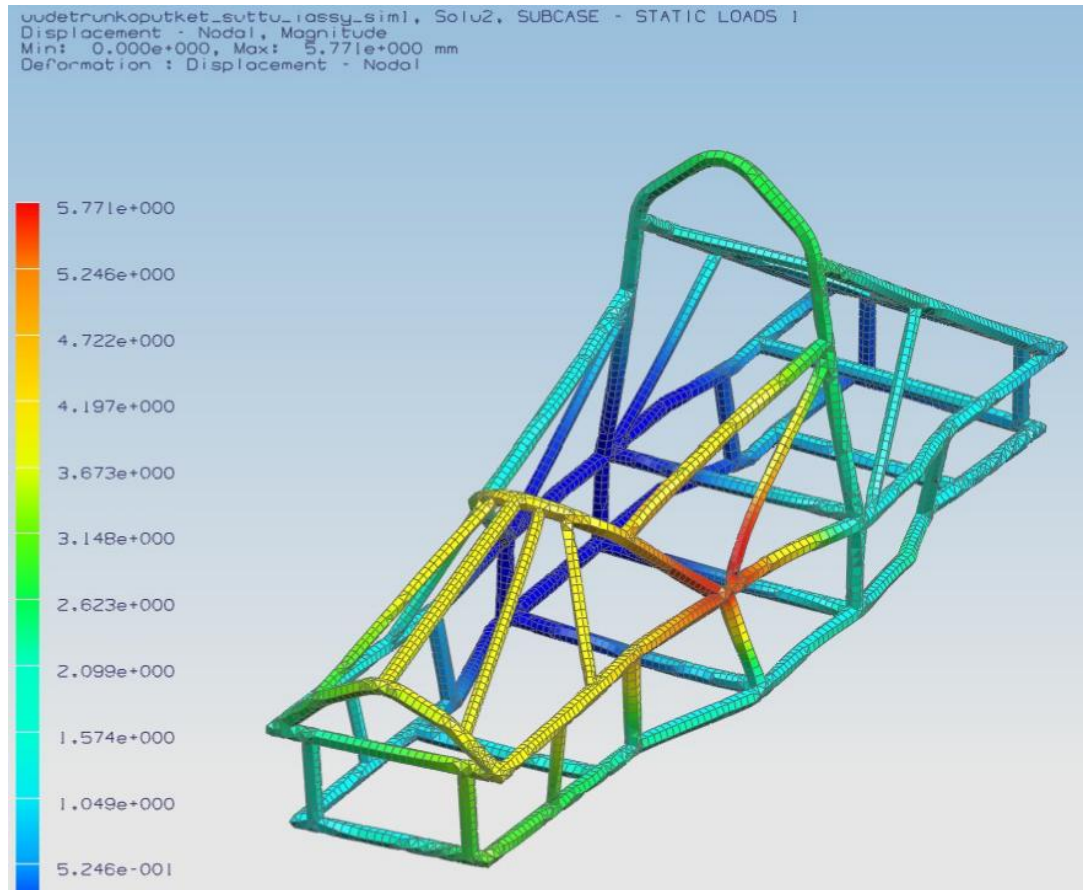
Kuva 8: Siirtymät keulatörmäyksessä.

Sivutörmäyksessä otettiin tavoitteeksi rungon kestäminen ilman merkittäviä pysyviä muodonmuutoksia, kun rungon sivuun kuljettajan kohdalle, 800 mm pitkälle ja 230 mm korkealle alueelle, kohdistettiin puolet keulatörmäystilanteessa vaikuttaneesta voimasta, eli 37500 N. Kuvassa 9 on esitetty kyseisessä tapauksessa ilmenevät jännitykset runkoputkissa. Huomataan, että vaikka materiaalin kestorajat jälleen ylittyvät, ei rakenne tässäkään tapauksessa anna kokonaisuudessaan periksi.



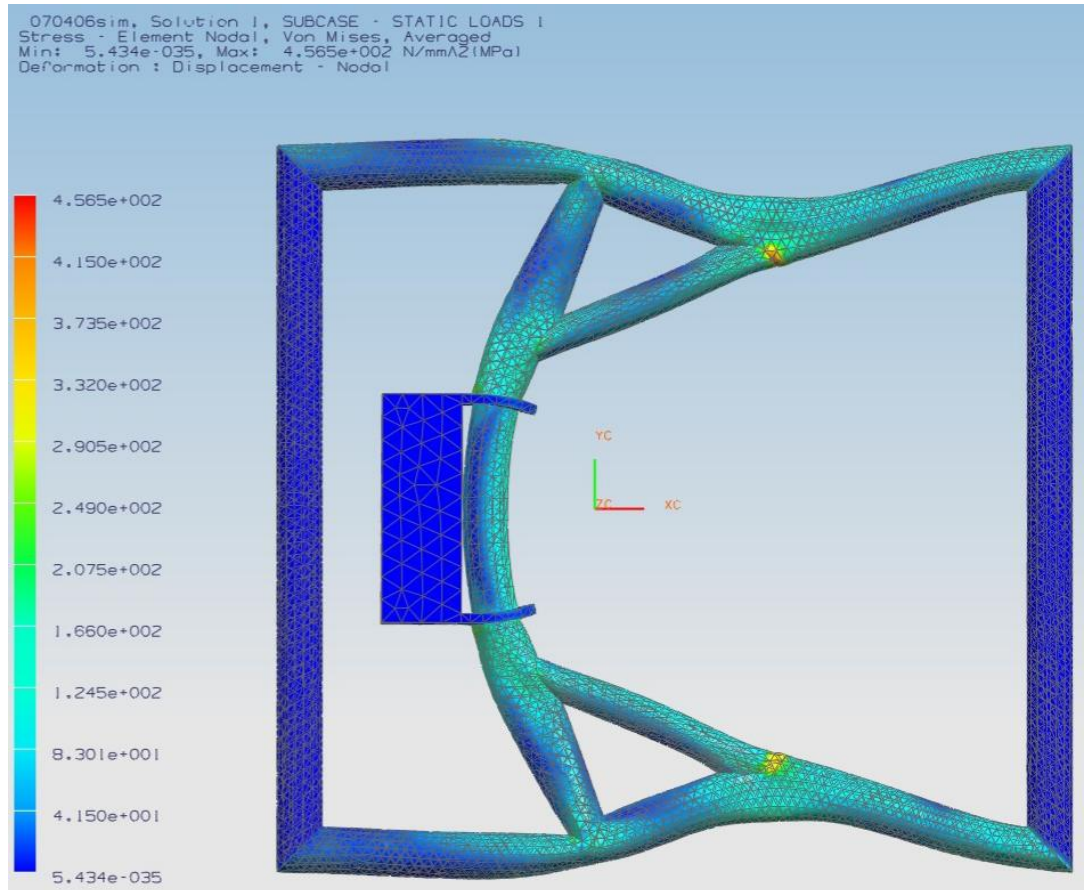
Kuva 9: Jännitykset sivutörmäyksessä.

Kuvassa 10 on esitetty siirtymät sivutörmäystilanteessa. Huomataan siirtymien jäävän alle 6 mm. Siirtymien ja kuormitusten perusteella voidaan päätellä runkorakenteen suojaavan kuljettajaa sivutörmäyksessä.



Kuva 10: Siirtymät sivutörmäyksessä.

Tutkittiin myös moottorin kiinnitysten kestävyyttä keulatörmäystilanteessa. Tämä tutkimus suoritettiin siksi, että sijaitessaan kuljettajan takana moottori aiheuttaa irrotessaan hengenvaaran kuljettajalle. Moottorin massa ilman öljyä, jäähdytinnestettä ja apulaitteita on 62 kg, ja arvioitiin, että kokonaisuuden massa on alle 75 kg. Näin saadaan laskettua moottorin aiheuttamaksi voimaksi 20 g:n hidastuvuudella 14715 N. Tässä tapauksessa käytettiin 20 g:n hidastuvuutta, koska moottorin koettiin irrotessaan olevan kaikkein suurin vaara kuljettajalle. Kuvassa 11 on esitetty moottorin aiheuttamat rasitukset kiinnityksissä.



Kuva 11: Moottorin aiheuttamat rasitukset rungossa.

Kuten kuvasta huomataan, on maksimijännitys jälleen murtorajaakin suurempi. Tarkemmin tarkasteltaessa huomataan kuitenkin, että suurimmat jännitykset aiheutuvat diagonaalitukiin, kun taas itse pääkiinnityspotkussa jännitykset jäävät alhaisiksi, alle 250 Mpa:n. Näin moottorin täydellisen irtoamisen vaaraa ei ole. Tässä mallissa ei myöskään huomioida moottorin etupään kiinnityksiä tai ympäröivän putkirakenteen jäykistävää vaikutusta lainkaan. Maksimisiirtymä kyseisessä tapauksessa on 1,023 mm (kuvassa siirtymät esitetty liioitellun suurina). Voidaan siis todeta, että moottorin irtoamisen vaaraa ei törmäystilanteessa ole.

Auton ajossa käyttäytymisen kannalta tärkein rungon ominaisuus on vääntöjäykkyys. Putkirunko on luonnostaan hyvin vääntöjäykkä rakenne, joten varsinaista mitoituskriteeriä ei tälle ominaisuudelle mietitty. Kun alimpiin ja etummaisimpiin runkoputkiin kohdistettiin vastakkaiset pystysuuntaiset 1000 N voimat ja putkien etäisyys on 500 mm, saadaan vaikuttavaksi momentiksi 500 Nm, mikä on karkeasti arvioituna mahdollinen, joskin epätodennäköisen suuri momentti mutkassa ajetta-

essa. Tällöin suurimmat esiintyvät siirtymät ovat 5 mm luokkaa. Jännitykset jäävät tällöin alle 70 MPa:n.

4 RUNKOMATERIAALIEN VALINTA JA HANKINTA

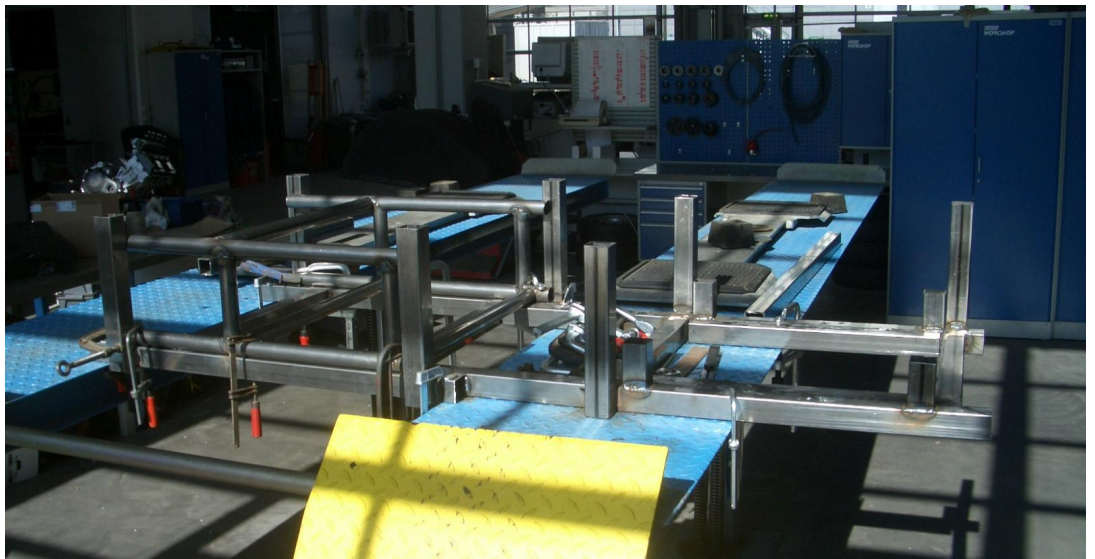
Runkoputkien hankinnassa törmättiin yllättäviin vaikeuksiin. Aluksi putkia tiedusteltiin suoraan Rautaruukki Oyj:ltä, mutta kun kävi selväksi ettei heillä ollut seuraaviin kuukausiin tarjota halutunlaista putkea tai mitään vastaavaa putkea alle kymmenen kilometrin erissä, alettiin myös epäillä putkien saatavuutta jälleenmyyjiltä. Toista viikkoa kestäneen tiiviin etsinnän jälkeen olikin todettava, ettei edes lähestulkoon poikkileikkaukseltaan halutun kokoista putkea ollut saatavilla kuin huonekaluputki-nimikkeellä myytävänä saumallisena S235-laatusena. Tästä johtuen palattiin lujuuslaskennan pariin ja päädyttiin siihen, että koska mitoitus oli tehty alun perin niin suurilla varmuuskertoimilla, olisi kyseisenlaatuinenkin putki riittävää tarkoituksiimme.

Kun materiaali oli näin päätetty, oli sen hankkiminen helppoa. Ensin laskettiin 3D-mallien perusteella putkea tarvittavan tietty määrä, minkä jälkeen voitiin aloittaa varsinainen hankinta. Tarvittavat putket löytyivät Starkki-ketjun Nekalan myymälästä Tampereelta. Levyosia varten tarvittiin jonkin verran erilaisia teräslevyjä, jotka kaikki päädyttiin hankkimaan myös Tampereen Nekalassa sijaitsevalta Rautasoini Oy:ltä edullisen hinnan ja hyvän saatavuuden takia.

5 RUNGON VALMISTUS

Valmistus suoritettiin Tampereen ammattikorkeakoulun autolaboratorion, protopajan ja robottihitsauslaboratorion tiloissa. Runko koottiin muotoon autolaboratoriossa kaksipilarisen autonosturin päällä. Tämä sijoituspaikka toi mukanaan sellaisia etuja kuin valmiiksi vaakatasoon säädetty alusta ja säädettävä työskentelykorkeus. Varsinaisen muodon valmistuttua siirryttiin runko tekemään loppujen putkien ja levytöiden osalta automaattihitsauslaboratorioon. Protopajan tiloja käytettiin lähinnä rungon osien valmistukseen ja jossain määrin myös hitsaamiseen.

Rungon valmistus aloitettiin keskiosasta, jossa kuljettaja istuu. Ensimmäiseksi koottiin hitsausjigin keskiosa, minkä jälkeen tehtiin ja liitettiin yhteen ensimmäiset runkoputket. Tämän jälkeen jatkettiin jigä auton keulaosaan päin (kuva 12), minkä jälkeen vastaavasti saatiin jatkettua auton runkoa. Vastaavat vaiheet tehtiin myös ensin jigin ja sitten rungon takaosalle. Näin saatiin koottua auton alaosa mahdollisimman tarkasti aiottuja mittoja noudattaen (kuva 13). Kuvista käy ilmi, kuinka runkoputkien oikea paikoitus varmistettiin ennen hitsausta puristimien avulla.



Kuva 12: Keskiosa rungosta ja jigä jatkettuna auton keulan suuntaan.



Kuva 13: Jigä ja rungon alaosa.

Runkoputkien sahaamiseen käytettiin Tampereen ammattikorkeakoulun protopajan Carif 260 BSA -vannesahaa (kuva 14). Sahassa on katkaisukulman säätö sekä sää-

dettävät syöttönopeus ja -paine. Katkaistavan materiaalin paikallaan pysymisen varmistaa hydraulisesti kiristytävä puristin. Kun runkoputket oli saatu katkaistua sopivaan mittaan, niiden päät muokattiin hitsaamista varten. Mikäli putken pääty liittyi suoraan toisen putken päätyyn, riitti kun päädyn reunat viistettiin hitsauksen läpituokeutumisen varmistamiseksi. Mikäli putken pääty kuitenkin liittyi toisen putken kylkeen, oli päätyyn ensin tehtävä puoliympyrän muotoinen loveus. Tätä tehtiin kahdella tapaa: käytettiin joko porakoneeseen kiinnitettävää reikäsahaa tai vaihtoehtoisesti leikattiin ensin kulmahiomakoneella putken päähän V-muotoinen loveus, joka sitten hiottiin pyöreäksi.



Kuva 14: Carif 260 BSA -vannessaha.

Valmistusvaihetta ajatellen olisi ollut syytä mallintaa myös jigi ja tehdä siitä mitoitettavat työkuvat. Tämän jälkeen olisi kannattanut rakentaa jigi kokonaan valmiiksi, mitata se tarkkaan ja vasta sitten alkaa tehdä itse runkoa. Olisi myös ollut syytä käyttää jigissä hieman paksuseinäisempää neliöprofiilia, jotta hitsauksesta aiheutuvat muodonmuutokset olisi minimoitu.

Rungon valmistamiseen tarvittiin kolme taivutettua kaarta. Varsinainen turvakaari, kuljettajaa suojaava etukaari, sekä aivan rungon etupäähän yksi pienempi kaari. Nämä kaaret ovat ratkaisevassa osassa kolariturvallisuuden kannalta, etenkin jos auto kääntyy ylösalaisin. Kaarissa käytettiin halkaisijaltaan 38 mm turvakaari-

kea, jonka seinämänvahvuus oli 2,6 mm. Kaaret taivutti yksityishenkilö, joka oli aiemmin rakentanut turvakaaria esimerkiksi ralliautoihin.

Moottori kiinnitettiin runkoon takapästä kiinteästi. Korvakkeina käytettiin laserleikattuja levyjä, jotka hitsattiin runkoon kiinni. Moottorin etupää kiinnitettiin kumityynyjen avulla. Tämä tehtiin siksi, että moottorissa tapahtuu kovassa käytössä lämpölaajenemisia, mikä aiheuttaa jännityksiä moottoriin ja runkoon. Kumityyny mahdollistavat pienet siirtymät etupäässä, jolloin jännityksien syntymiseltä vältytään.

Kun moottorin kiinnitykset oli saatu valmistettua, ryhdyttiin valmistamaan auton etuosan pohjalevyä. Aluksi leikattiin sopivan muotoinen ja kokoinen teräslevy, joka sitten liimattiin 2-komponenttisella Kiilto Kestopur polyuretaaniliimalla runkoon. Kun liima oli levitetty, puristettiin pohjalevy runkoon kiinni puristimien ja puisien kappaleiden avulla (kuva 15).



Kuva 15: Pohjalevy liimattuna ja kuivumassa.

Kun liima oli kuivunut, poistettiin puristimet ja niitattiin pohjalevy lisäksi 4,8 mm ruostumattomasta teräksestä valmistetuilla vetoniiteillä. Tätä tarkoitusta varten hankittiin paineilmalla toimiva vetoniittipistooli. Lisäksi hankittiin erityisiä, hal-

kaisijaltaan 4,9 mm:n popniittiporanteriä reikien tekemiseen. Popniittiporanteriä eroaa normaalista poranterästä lähinnä siinä, että se on lyhyt ja siinä on teräosuuksia kummassakin päässä. Näin se soveltuu hyvin runsaaseen reikien poraamiseen suhteellisen ohuisiin materiaaleihin. Pohjalevyä niitattaessa havaittiin, ettei käytetty liima tarttunut riittävän lujasti ja siitä saatava hyöty on marginaalista. Tämän todettiin johtuvan putken pyöreästä muodosta, jolloin kosketuspinta-ala suoraan teräslevyyn on todella pieni. Olisikin ollut ehkä syytä käyttää joustavampaa ja paksumman kerroksen tekevää liimausainetta, kuten Oy Sika Ab:n valmistamaa 1-komponenttista SikaFlex polyuretaaniliimaa.

Etuosan pohjalevyn valmistamisen jälkeen valmistettiin tulipelti kuljettajan ja moottoritilan väliin. Tulipelti tehtiin kaksiosaiseksi, millä saatiin lisää tilaa moottorille ja etenkin pakosarjalle. Tulipeltien materiaalina käytettiin 1,5 mm vahvuista teräslevyä, mikä oli huomattavasti muita levyosia vahvempaa. Tämä johtui siitä, että haluttiin varmistua, etteivät moottoritilassa kolaritilanteessa mahdollisesti liikkeelle lähtevät osat läpäise tulipeltejä ja näin vaaranna kuljettajaa. Tulipellit niitattiin kiinni runkoputkiin muiden levyosien tavoin. Valmiit tulipellit on esitetty kuvassa 16.



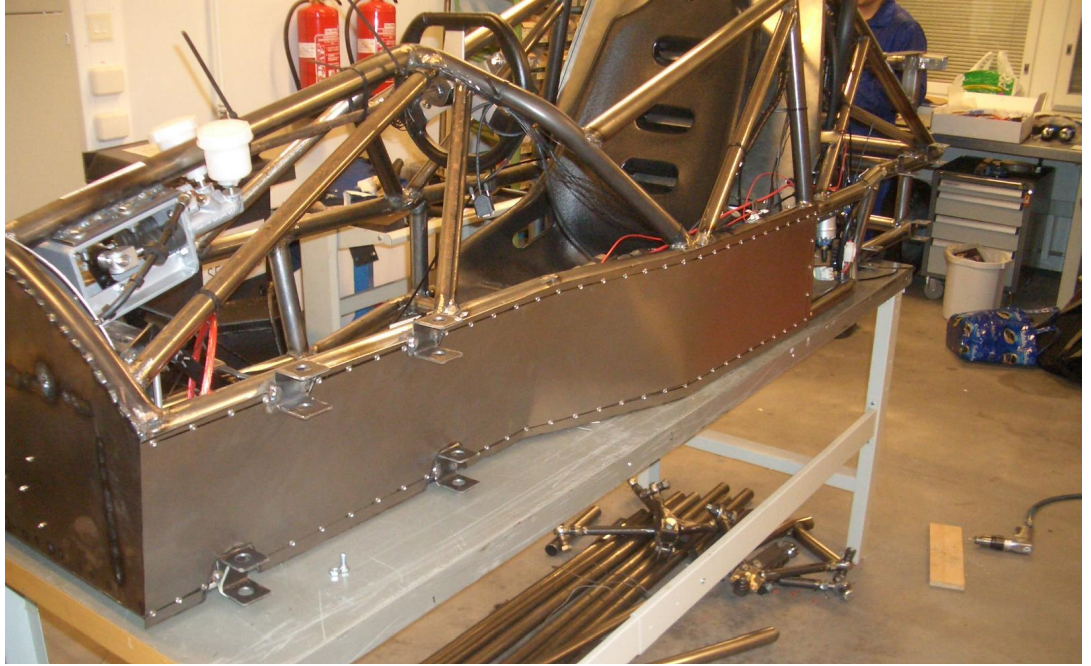
Kuva 16: Valmiit tulipellit.

Tulipeltien jälkeen tehtiin auton etuosan kylkiin levyt. Tätä varten tehtiin ensimmäisestä levystä mallikappale, jolloin varsinaisesti käyttöön tulleet levyt saatiin leikattua lähestulkoon lopulliseen muotoon niitä välillä paikalleen koettamatta. Täten pystyttiin minimoimaan kiinni nitattaviin levyihin tulevat vauriot. Tämä suoritettiin siten, että leikattiin 0,75 mm paksusta teräslevystä suunnilleen oikean muotoisen kappale ja tämän jälkeen painettiin se runkoa vasten oikeaan muotoon puristimien avulla. Tämän jälkeen mallikappale pystyttiin leikkaamaan melko tarkasti oikeaan muotoon, ja sen avulla pystyttiin leikkaamaan varsinaiset kylkilevyt, jotka sitten puristettiin kiinni runkoon (kuva 17).



Kuva 17: Kylkilevyn muotoilu puristimien avulla.

Kun kylkilevy oli saatu muotoiltua riittävän hyvin, se nitattiin kiinni käyttäen samoja nittejä kuin tulipeltejä kiinnitettäessä. Kuvassa 18 on esitetty valmis, kiinni nitattu kylkilevy.



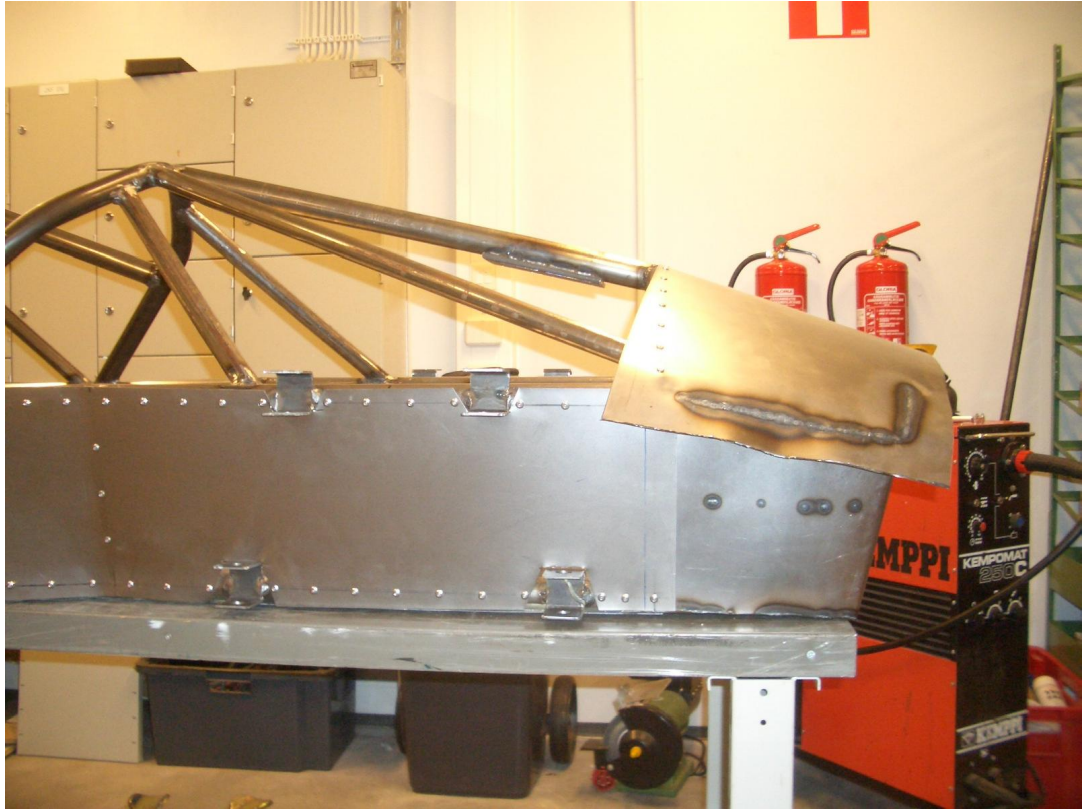
Kuva 18: Valmiiksi muotoiltu ja kiinnitetty kylkilevy

Etuosan kylkilevyjen valmistuttua aloitettiin törmäystilanteessa tärkeän, energiaa sitovan ja kokoonpainuvan keulaosan, ns. crashboxin valmistaminen. Crashbox suunniteltiin siten, että se koostuu kuudesta osastosta (kuva 19), jotka täytettäisiin myöhemmin, juuri ennen auton käyttöönottoa, uretaanilla. Aineena käytettiin 0,75 mm paksua teräslevyä. Näin saatiin aikaan hyvin energiaa sitova rakenne auton keulaosaan, mikä on erittäin tärkeää kohtisuorassa törmäyksessä.



Kuva 19: Crashboxin osastoista koostuva rakenne.

Kun crashbox oli saatu halutunlaiseksi, se liitettiin rungon etuosaan ja sovitettiin muotoon lisäämällä sopivasti muotoiltu pelti crashboxin päälle. Liitokset crashboxin ja rungon välille tehtiin niittaamalla, ja crashboxin osat hitsattiin toisiinsa kiinni. Kuvassa 20 näkyy crashboxin sovitus ja kiinnitys runkoon.



Kuva 20: Crashboxin sovittaminen runkoon.

Kun crashbox oli saatu valmistettua, tehtiin auton pohjan takaosaan pohjalevy. Tämän valmistamisen osalta työvaiheet olivat kiinnitykseen asti samat kuin etuosan pohjalevyn osalta. Kiinnitys tehtiin kuvassa 21 näkyvillä itseporautuvilla, halkaisijaltaan 4,2 mm, ohutlevyruuveilla (DIN 7976). Tämä kiinnitystapa johtui siitä, että takaosan pohjalevyn on oltava irroitettava, koska moottori asennetaan autoon alakautta. Näin viimeistelyä ja pintakäsittelyä vaille valmiiksi saatu auton tasainen pohja on esitetty kuvassa 22.



Kuva 21: Itseporautuva ohutlevyruuvi.



Kuva 22: Auton valmis tasainen pohja.

Seuraavaksi alettiin valmistaa auton takaosan kylkilevyjä. Menetelmä oli samanlainen kuin auton etuosan kylkilevyissä, sillä erotuksella, että kiinnitys tehtiin takaosan pohjalevyn tavoin itseporautuvilla ohutlevyruuveilla. Tämä johtui halusta helpottaa pääsyä moottoritilaan ja huoltokohteisiin.

Näiden vaiheiden valmistuttua voitiin siirtyä rungon viimeistelyyn. Viimeistelyä ei käsitellä tässä raportissa, koska se työvaiheena ajoittuu osittain raportin palautuksen jälkeiseen aikaan.

6 PÄÄTELMÄT

Vaikka jo projektiin lähdetessä oli selvää, että työtä olisi hyvin paljon tehtäväksi, etukäteen tehdyt arviot työmäärästä olivat pahasti alimittaisia. Kaikki tehdyt ratkaisut rungossa ja sen rakenteessa eivät todennäköisesti ole parhaita mahdollisia. Projektin läpiviemisen kannalta edes jotenkin järkevällä työmäärällä ja ajankäytöllä, oli välttämätöntä tehdä osa ratkaisuista ilman perustavanlaatuista selvitystä. Projektin aikana onkin kypsynyt monia ajatuksia siitä, mitä seuraavalla kerralla voisi tehdä toisin.

Tämän projektin tärkein anti on kuitenkin ollut kokemuksen kerääminen auton suunnittelu- ja rakennusprojektista, sekä kuvan muodostaminen kaikista huomioon otettavista asioista. Myös projektiryhmässä toimimisesta ja sellaisen vetämisestä on muodostunut hyvä kuva. Kaiken kaikkiaan voidaankin sanoa, että tämän projektin jäsenet ovat varmasti valmiimpia ja kyvykkäämpiä kohtaamaan työelämän haasteet kuin valmistuvat insinöörit keskimäärin.

Vaikka projektin fyysinen loppuun vieminen onkin tämän raportin luovutushetkellä vielä osittain kesken, ei kuitenkaan enää ole pienintäkään epäilystä, etteikö sitä vietäisi loppuun asti ja etteikö lopputulos olisi projektissa mukana olleita tyydyttävä.

LÄHTEET

- 1 2006 Formula SAE rules. Society of Automotive Engineers, Inc. Yhdysvallat 2006.
- 2 Kelkka, Rätty, Olkkonen, Juurinen, Kari, Laakso, Liikennejärjestelmän kolariväki-
valta. Liikenne- ja viestintäministeriö, LINTU-tutkimusohjelma. Helsinki 2006.

LIITTEET

- 1 Projektikuvaus
- 2 Rungon mittakuva

SFR-PROJEKTI

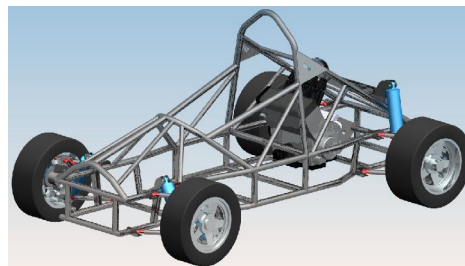
Powered by Honda

Insinööriyöprojekti – Tampereen ammattikorkeakoulu – Auto- ja kuljetustekniikka

SFR-projektin puitteissa suunnitellaan ja rakennetaan yhden hengen auto ratakäyttöön. Kyseessä on viiden Tampereen ammattikorkeakoulun auto- ja kuljetustekniikan opiskelijan insinööriyöprojekti. Projektiin osallistuvat henkilöt ja heidän vastuu-alueensa ovat seuraavat:

Projektivastaava, runko	Vesa Salminen
Sihteeri, kate ja ohjaamo	Pasi Kuusisto
Moottori ja vaihteisto	Joni Joenniemi
Voimansiirto	Janne Lipasti
Alusta ja ohjaus	Jukka Kallio

Valvovat opettajat Tauno Kulojärvi, Erkki Nuutio



Tietokoneella luotu auton 3D-malli.

Projekti alkoi helmikuussa 2006 ja on edennyt kevääseen 2007 mennessä loppusuoralle. Jäljellä ovat rungon, korin ja moottorin viimeistelyt, sekä alustarakenteiden ja voimansiirron loppuun rakentaminen. Tämän jälkeen päästään suorittamaan pintakäsittelyt, loppukokoonpano ja aloittamaan testitoiminta ja projektin tulosten esittely. Projektiä on viety eteenpäin Tampereen ammattikorkeakoulun tiloissa.

Kustannuksista suurimman osan ovat muodostaneet erilaisten osien ja materiaalien hankinta. Rahoitusta on kerätty sponsorien ja apurahojen avulla. Rahoitus onkin saatu riittämään kohtuullisen hyvin, joskin alun perin budjetoimatta jääneet kulut ovat osittain vielä kattamatta.

Yhteistyökumppaneille tarjotaan mainostilaa niin auton pinnalta, kuin myös mahdollisuuden mukaan erilaisista esitteistä ja julkaisuista joissa autoa käsitellään. Näkyvyyttä on tarjolla erilaisissa tapahtumissa, kuten ratapäivillä ja harrasteajoneuvotapahtumissa. Yhteistyökumppanit voivat sopimuksen mukaan saada auton esille myös omissa tapahtumissaan. Toistaiseksi yhteistyötä on Tampereen ammattikorkeakoulun lisäksi tehty mm. Hondan maahantuojan, Moto-Osat -moottoripyöräliikkeen, sekä Tatech-moottorinohjausjärjestelmän kehittäneen Softatechin kanssa.

Hankeesta on hyötynyt ja tulee hyötymään myös Tampereen ammattikorkeakoulu, etenkin aiheeseen liittyvien koulutusohjelmien kiinnostavuuden lisääntymisen kautta. Ensimmäiseksi konkreettiseksi hyödyksi voidaan laskea tämän projektin innoittamana alkanut Tampereen ammattikorkeakoulun Formula Student -projekti. Oppilaitoksen puolesta SFR-projektia ovat tukeneet mm. auto- ja kuljetustekniikan koulutuspäällikkö Tauno Kulojärvi, yliopettaja Erkki Nuutio, sekä autolaboratorion laboratorioinsinööri Jari Seppälä. Projektiä hoitamaan on perustettu rekisteröity yhdistys, Team SFR ry.



SFR-auto valmistumassa keuhällä 2007.

Auto on takavetoinen, keskimoottorinen ja nelipyöräinen. Moottori on Hondan 954 cm³ moottoripyörän moottori varustettuna elektronisella vaihtevaihtojärjestelmällä. Moottoriin on asennettu tietokoneella säädettävä Tatech-moottorinohjausjärjestelmä. Voimansiirto takapyörille tapahtuu ketjun välityksellä. Korimalliltaan auto on avonainen ja korin materiaali on lasikuitu. Runkorakenne on levyillä tuettu putkirunko, jonka materiaali on teräs. Alustarakaisuna käytetään päällekkäisiä kolmiotukivarsia ja coilover-jousitusta.

Projektin aikana on tutkittu mm. runkorakenteen vääntöjäykkyyttä ja kolariturvallisuutta, sekä kiinnitetty erityishuomiota moottorinohjausjärjestelmän toimintaan ja ergonomisiin ratkaisuihin. Kaikkien osa-alueiden kohdalla on pyritty myös ottamaan huomioon vaatimukset niin keveyden, kestävyden, kuin turvallisuuden kannalta.

Vesa Salminen
p. 050 370 5404
vesa-matti.salminen@me.tpu.fi

Pasi Kuusisto
p. 050 330 1379
pasi.kuusisto@me.tpu.fi

Jukka Kallio
p. 040 587 2551
jukka.kallio@me.tpu.fi

Joni Joenniemi
p. 040 749 4315
joni.joenniemi@me.tpu.fi

Janne Lipasti
p. 050 597 6801
janne.lipasti@me.tpu.fi

