

Teemu Priha

# Auton eturungon suunnittelu ja valmistus

Metropolia ConceptCar

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Insinööri (AMK)  
Auto- ja kuljetustekniikka  
Insinöörityö  
28.9.2012

Tekijä(t) Otsikko	Teemu Priha Auton eturungon suunnittelu ja valmistus
Sivumäärä Aika	26 sivua + 1 liite 28.9.2012
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Auto- ja kuljetustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tuotetekniikka
Ohjaaja(t)	Projekti-insinööri Joel Kontturi Projekti-insinööri Harri Santamala
<p>Tämän insinööriytyön aiheena on suunnitella Metropolia Ammattikorkeakoulun kaupunkiautoprojektiin eturunko. Runko oli tarkoitus suunnitella itse ja valmistaa painemuovamalla Kemi-Tornion ammattikorkeakoulussa suurlujuusisesta ohutlevyteräksestä.</p> <p>Suunnittelu tapahtui käytännössä kokonaan virtuaaliympäristössä Catia V5R20 -ohjelmalla. Lisäksi rungolle tehtiin lujuuslaskentaa Abaqus-ohjelmaa apuna käyttäen. Lujuuslaskennalla haluttiin varmistaa eturungon kestävyys ja toisaalta myös välttää liian järeän rakenteen tekemistä painonsäästö huomioon ottaen.</p> <p>Osien kokoonpano suunniteltiin tehtäväksi oman oppilaitoksemme tiloissa käyttämällä liitännämenetelmänä vastushitsauksen ja koriliiman yhdistelmää. Suunnitelmat muuttuivat työn tekemisen aikana kuitenkin melko radikaalisti, kun ohutlevyrakenteesta jouduttiin luopumaan ja se päätettiin korvata putkirungolla. Tämä tarkoitti myös sitä, että Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu ei ollut osallisena työn toteuttamisessa. Alun perin tavoitteena oli myös tehdä itse rungon kokoonpano, mutta suunnitelmien muutoksista johtuneiden aikatauluongelmien takia se jätettiin pois työstä.</p> <p>Lopputuloksena oli lähes tuotantovalmis malli ohutlevystä valmistettavasta eturungosta sekä myöhemmin projektin aikana valmistettava malli putkirakenteisesta rungosta.</p> <p>Vaikka ohutlevystä tehty rakenne jäi toteuttamatta, on tämän työn tarkoituksena toimia ohjeena niin ohutlevystä kuin putkirungostakin tehdyn rungon suunnitteluun ja valmistukseen.</p>	
Avainsanat	eturunko, runko, putkirunko, syväveto, painemuovaus

Author(s) Title	Teemu Priha Designing and Manufacturing Front Frame for City Car
Number of Pages Date	26 pages + 1 appendix 28th September 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive and Transport Engineering
Specialisation option	Automotive Design
Instructor(s)	Joel Kontturi, Project Engineer Harri Santamala, Project Engineer
<p>The purpose of this thesis was to design the front frame for the Metropolia's ConceptCar project. The frame was supposed to be designed in-house and produced from ultra-high-strength steel by Kemi-Tornio University of Applied Sciences.</p> <p>Catia V5R20 CAD-program was used in the designing of the model. In addition, the strength calculations were made with Abaqus FEM-software. The aim of the strength calculations was to ensure the rigidity of the frame and on the other hand to see that the structure would not be made unnecessarily heavy.</p> <p>The assembly of the parts was first planned to be done with a combination of spot welding and structural adhesive in the facilities provided by Metropolia. These initial plans changed along the way, however, and everything related to the sheet metal design had to be abandoned. As a backup plan the sheet metal structure was replaced by a tubular frame made out of high strength steel pipe. This change also meant that the Kemi-Tornio University of Applied Sciences took no part whatsoever in the making of the study.</p> <p>The assembly of the front frame was first thought to be a part of the study as well but due to delays in the schedule it had to be left out. The result of the present study is thus a close to production ready model of a sheet metal structure and a model of a tubular frame which will be manufactured in a later stage of the project.</p> <p>Even though the sheet metal frame could not be produced, the purpose of the thesis to give some guidelines to designing and manufacturing both sheet metal and tubular frame was met.</p>	
Keywords	Front frame, tube frame, hydroforming, deep drawing

# Sisällys

## Lyhenteet

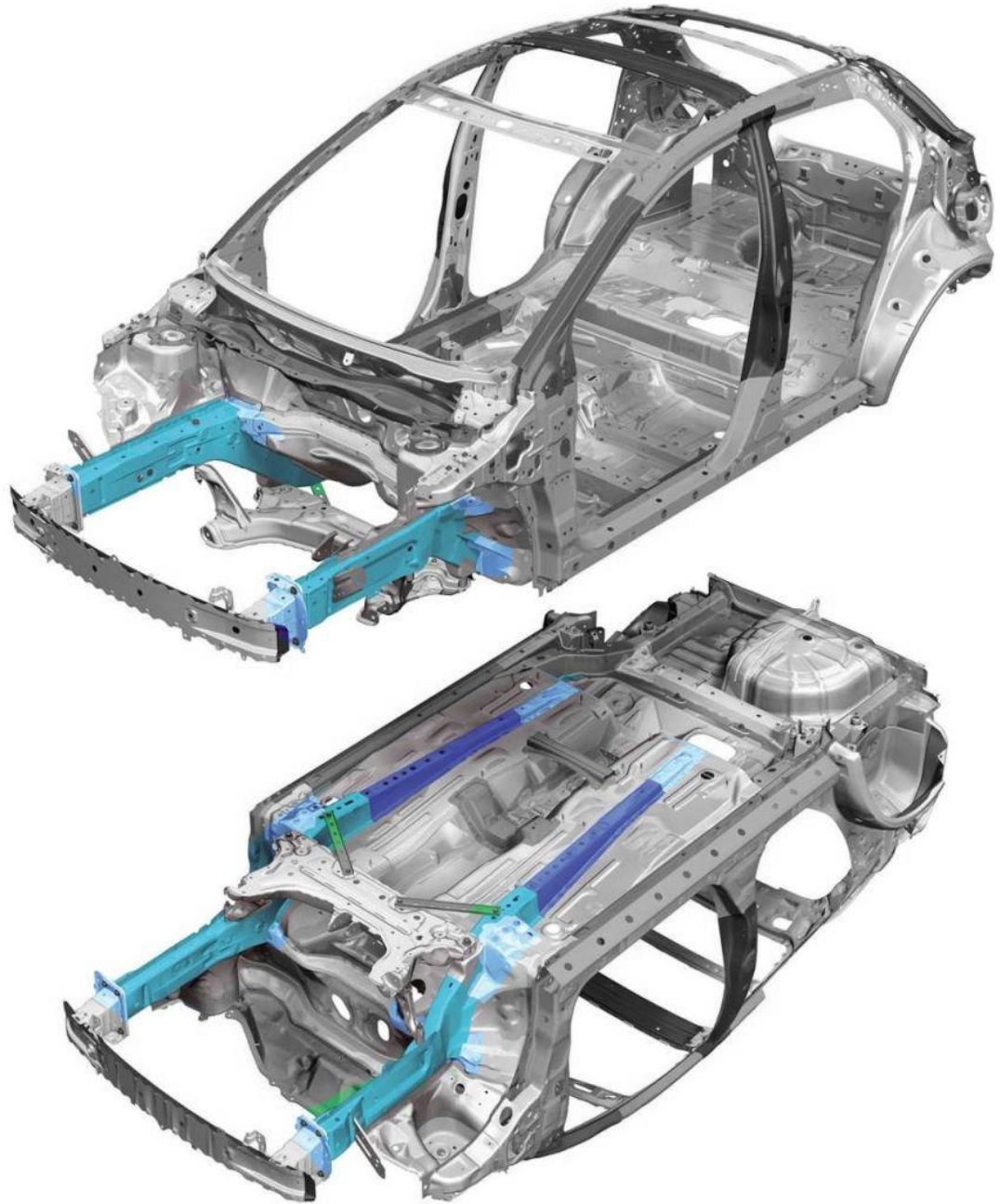
1	Johdanto	1
2	Yleistä eturungosta	3
2.1	Tehtävät	3
2.1.1	Turvallisuus	3
2.1.2	Pyöräntuennat	6
2.1.3	Olemassa olevat ratkaisut	6
2.2	Historiaa	7
2.2.1	Kehitys 1900-luvun vaihteessa	7
2.2.2	Korin ja rungon yhdistyminen	9
3	Suunnittelu	11
3.1	Materiaalit	11
3.2	3D-mallinnus	12
3.3	Lujuuslaskenta	14
3.4	Kiinnitykset	20
4	Valmistus	21
4.1	Levyrunko	21
4.1.1	Painemuovaus	21
4.1.2	Liitostekniikat	23
4.2	Putkirunko	23
5	Yhteenveto	25
	Lähteet	27

## 1 Johdanto

Tämän insinööriyön tavoitteena oli suunnitella ja valmistaa Metropolia Ammattikorkeakoulun kaupunkiautoprojektiin eturunko. Auton teemana on kestävä kehitys, joka on pyritty ottamaan huomioon mahdollisimman monella osa-alueella. Esimerkiksi moottorina käytetään vähän kuluttavaa Volkswagen Polon 1.2TDI:tä, jonka polttoaineena toimii biodiesel. Monokokkikori valmistetaan kuitukomposiitista, josta osa on ekologista luonnonkuitua. Myös koripaneelit tulevat olemaan ympäristöystävällistä biomuovia.

Eturungon valmistusmenetelmänä on tarkoitus käyttää alalla melko uutta painemuovasta sekä liitântätekniikkana ajanmukaista pistehitsauksen ja koriliiman yhdistelmää. Auton ympäristöystävällisen teeman takia pyritään ympäristönäkökulmat ottamaan huomioon myös materiaalivalinnassa.

Jotta lukijalle selviäisi, mitä auton osaa eturungosta puhuttaessa tarkoitetaan, kuvassa 1 on väritettynä hyvin yleinen ratkaisu moderneissa autoissa. Vaikka puhutaankin eturungosta, se jatkuu usein myös auton alle ja kohti auton takapäätä. Tämäntapaisella rakenteella jäykistetään koko korin rakennetta ja saadaan eturungolle lisää liitântäpinta-alaa matkustamoon. Näin etutörmäyksessä syntyvät voimat myös johtuvat paremmin matkustamon ympäri muihin korinosiin. Tässä työssä kokonaisuuteen kuuluu myös iskunvaimentimen yläpään kiinnityskohtana toimiva tornimainen rakenne eturungon vieressä. Kuvasta on myös nähtävissä, kuinka iskunvaimennintorni kiinnittyy A-pilarin juureen jäykistäen koko eturunkorakennetta. Kuvassa eturungon edessä näkyvän puskuripalkin tarkoituksena on toimia osana törmäystä vaimentavaa rakennetta. Sen suunnittelu jätettiin tämän työn ulkopuolelle ja autossa käytetään alumiinista Audi TT:n törmäyspalkkia.



Kuva 1. Vuosimallin 2011 Mazda 2:n kori, jossa väritettynä eturungon osat [1].

## 2 Yleistä eturungosta

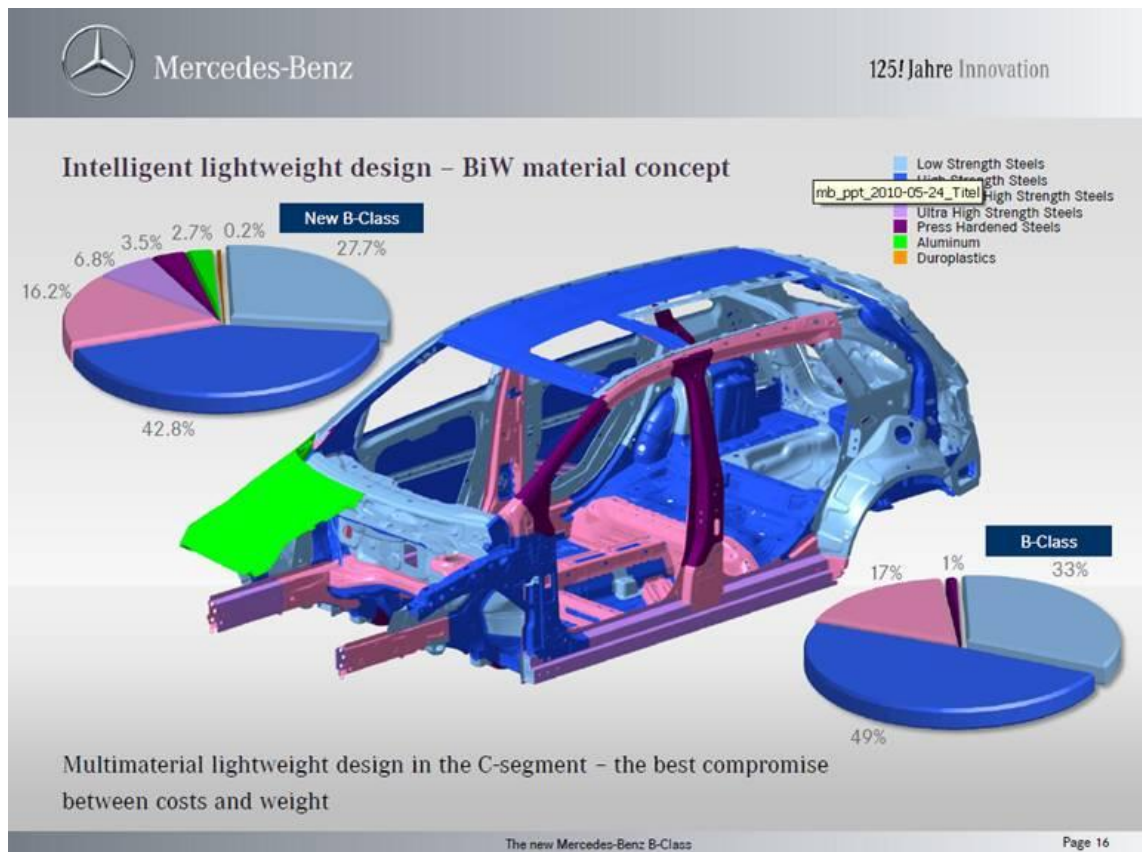
### 2.1 Tehtävät

Eturunko toimii sekä auton passiivisena turvajärjestelmänä että muita komponentteja yhdistävänä tukena. Nykyisin kolariturvallisuus on yhä suuremmassa roolissa autojen suunnittelussa ja eturunko suunnitellaan muuttamaan hallitusti muotoaan kolaritilanteessa. Materiaalin muovautuminen sitoo itseensä paljon kolarin aiheuttamaa energiaa, jolloin auton matkustamoon kohdistuva rasitus on pienempi. Muodonmuutoksen lisäksi se johtaa törmäysenergiaa hallitusti koriin suunniteltuja törmäysreittejä pitkin.

Eturungon voisi sanoa toimivan linkkinä keulan komponenttien ja korin välillä. Sen tehtävänä on tukea pyöräntuennan osia, moottoria ja apurunkoa. Rungon tulee siis olla myös jäykkä, jotta auton ajettavuus olisi hyvä. Käytännössä kaikki pyörään vaikuttavat pystyvoimat tulevat iskunvaimentimen kautta eturunkoon.

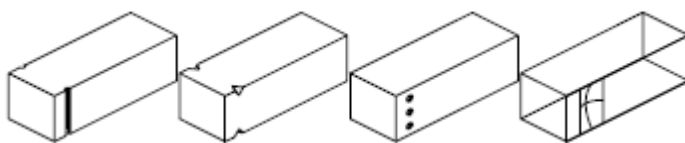
#### 2.1.1 Turvallisuus

Nykyautoissa eturungon ehkä tärkein ominaisuus on sen käyttäytyminen kolaritilanteessa. Autotehtaat ovat panostaneet valtavasti autojen turvallisuuteen ja varsinkin nokkakolarissa eturungolla on suuri rooli passiivisena turvarakenteena. Uusimmissa automalleissa runkoaisoissa käytetään erilujuisia teräksiä yhteen liitettyinä ja samassa runkopalkissa seinämäpaksuus voi vaihdella halutun kolarikäyttäytymisen aikaansaamiseksi. Esimerkiksi tekemällä aisan sisäsiivu lujemmasta materiaalista kuin ulkosivu, saadaan palkki taittumaan ulospäin (kuva 2).



Kuva 2. Mercedes-Benz B-sarjan korirakenne. Kuvassa pinkit osat ovat lujaa terästä ja violetit superlujaa terästä [2].

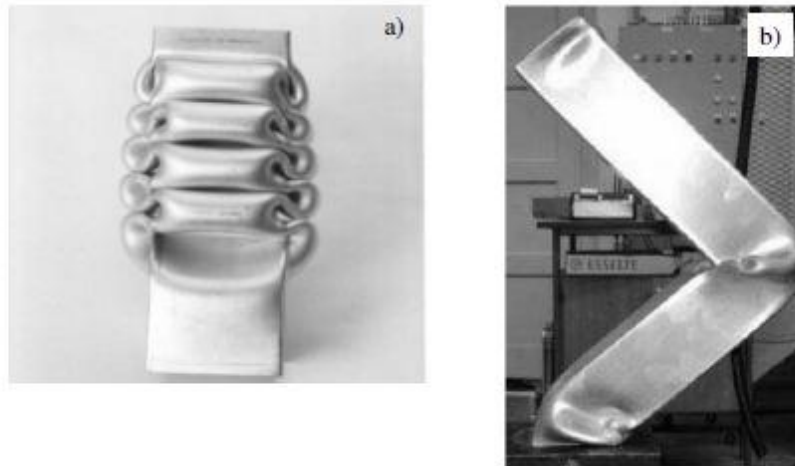
Kotelorakenteeseen voidaan myös tehdä erilaisia heikennyksiä joilla rypistyminen saadaan alkamaan halutusta kohdasta (kuva 3). Näin saadaan myös palkin kasaan painumiseen tarvittava voima pysymään melko vakiona, mikä pienentää matkustajille vaarallisia kiihtyvyyksiä.



Kuva 3. Erilaisia runkopalkin heikennysohjoja, joilla pyritään vaikuttamaan palkin käyttäytymiseen kolarissa [3, s. 514].

Yleensä törmäyspalkkia suunniteltaessa sen halutaan laskostuvan kasaan hallitusti, koska tällä tavoin se käyttää muodonmuutokseen eniten energiaa. Epätoivottuna ilmiönä palkki saattaa myös lommahtaa, jolloin sen vastaanottaman energian määrä pienenee huomattavasti (kuva 4).





Kuva 4. Ihannetapaus, jossa palkki laskostuu hallitusti kuten tilanteessa a). Palkin lommahtaminen näkyy oikealla [3, s. 501].

Vaikka edellinen kappale käsittelee vain palkkirakenteita, voidaan todeta putkirakenteilla olevan samanlaisia ominaisuuksia. Putki voi tosin laskostua joko symmetrisesti tai epäsymmetrisesti, jolloin rypyt muodostavat timantinmuotoisen kuvion. Rypistymisen tyyppiin voidaan vaikuttaa putken halkaisijan ja seinämävahvuuden suhdetta muuttamalla. Putkirakenteita käytetään myös tuotantoautoissa lähinnä hitaassa nopeudessa tapahtuvien törmäysten vaimentamiseen. Esimerkiksi Audi A8:n alumiinisten runkopalkkien päissä käytetään pulttikiinnitteistä putkea, joka on helppo vaihtaa uuteen sen vaurioituttua.

Tämän projektin yhteydessä ei ollut resursseja paneutua törmäysturvallisuuden suunnitteluun kuin pintapuolisesti. Vaikka kolaritilanteen simulointi jouduttiin jättämään pois, pyrittiin eturungon muodolla ja materiaalivalinnoilla takaamaan sen oikeanlainen käyttäytyminen törmäystilanteessa. Runkoaisan poikkileikkauksen halkaisija kasvaa keulasta perää kohti kuljettaessa, jonka tarkoituksena on vahvistaa palkin rakennetta mitä lähemmäs rintapeltiä tullaan. Ruukin valikoimista löytyy superlujia teräksiä, joiden käyttäminen rungon valmistuksessa parantaa turvallisuutta ja samaan aikaan myös keventää eturunkoa, koska vahvempi materiaali mahdollistaa ohuemman materiaalipaksuuden käytön. Putkirungon tapauksessa runkoaisaksi valittiin halkaisijaltaan 48,3 mm:n paksuista putkea, jonka seinämävahvuus on 2,6 mm.

### 2.1.2 Pyöräntuennat

Koska auton etupyörien tuentana päädyttiin käyttämään McPherson- tyyppistä ratkaisua, piti eturunkoon suunnitella kiinnityspiste iskunvaimentimen yläpäälle. Seurauksena tästä on myös se, että rungon tulee kestää pyörältä välittyvät voimat. Näistä voimista pystysuuntainen komponentti on selvästi suurin, joten suunnittelussa keskityttiin tämän voiman vaikutusten minimointiin. Voiman laskemiseen käytettiin pahinta mahdollista tilannetta, jossa auto on lastattu täyteen ja sillä ajetaan töyssyyn. Pyöräntuennan geometriasta johtuen pystysuuntainen voima suurenee pyörältä iskunvaimentimelle alatukivarren muodostaman momenttivarren takia. Pystysuuntaisen voiman lisäksi eturungon tulisi kestää pituussuuntainen voima, joka välittyy runkoon alatukivarren ja apurungon kautta kiihdytys- ja jarrutustilanteissa.

### 2.1.3 Olemassa olevat ratkaisut

Sarjatuotantoautoissa on käytännössä vain kotelopalkkityyppisiä ratkaisuja, jotka on valmistettu joko teräs- tai alumiiniohutlevystä. Liitostapana käytetään yleensä pistehitsauksen ja liimauksen yhdistelmää, mutta myös niittaus sekä mig- ja mag-hitsaus ovat käytössä olevia menetelmiä. Teräsrakenteissa suuntana on eri teräslaatuojen yhdistäminen halutun kolarikäytöksen aikaansaamiseksi. Esimerkiksi runkoaisassa voi olla kolmen eri lujuusluokan terästä, jolloin aisat saadaan törmäystilanteessa vääntymään erilleen. Myös kolarikorjauksen helppous vaikuttaa suuresti suunnitteluun. Jos runkoaisa rypistyy pienivauhtisessa kolarissa vain keulasta, on sen korjaaminen suhteellisen helppoa leikkaamalla rikkoutunut osa irti ja korvaamalla se uudella.

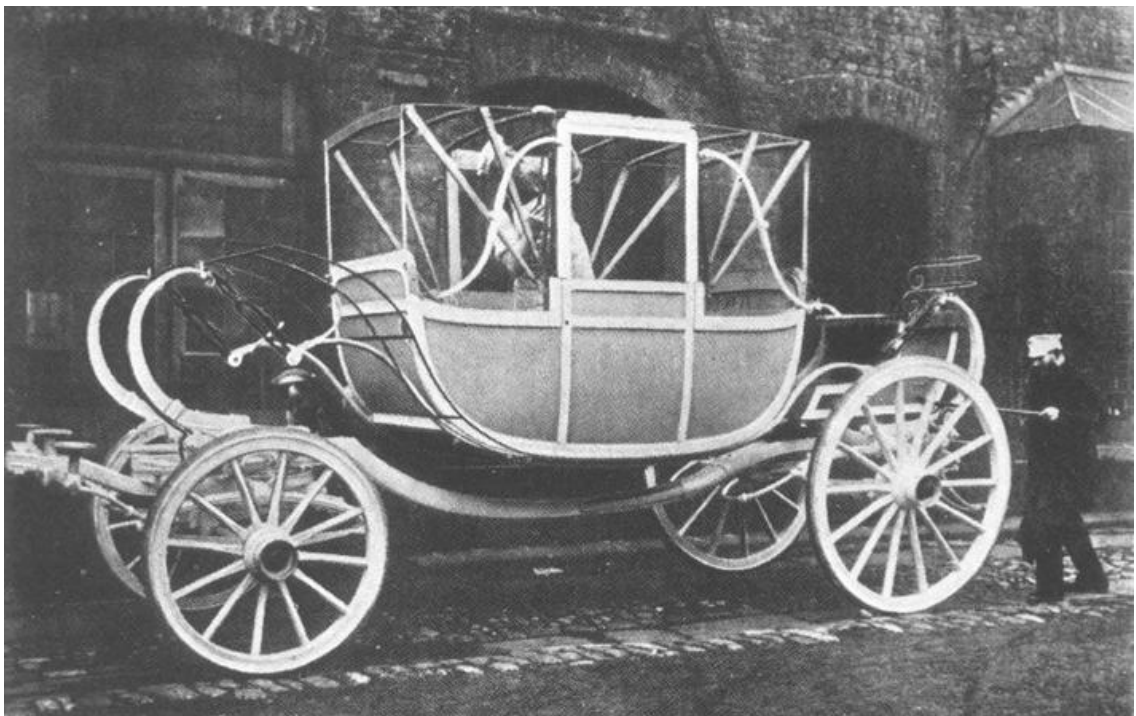
Pientuotantoautoissa on käytössä myös putkirakenteita ja hiilikuituratkaisuja, joilla voidaan saavuttaa hyvät turvallisuus- ja jäykkyysominaisuudet. Suurin vaikutus näiden rakenteiden käytöllä on kuitenkin painoon, jota saadaan pienennettyä huomattavasti perinteisiin ratkaisuihin verrattuna. Pieni paino taas vaikuttaa positiivisesti auton suorituskykyyn ja energiankulutukseen. Rajoittavaksi tekijäksi tulee kuitenkin hinta ja valmistusprosessin hitaus, joten niiden yleistymisen massatuotannossa on epätodennäköistä.

## 2.2 Historiaa

Runkorakenteet ovat kehittyneet valtavasti ensimmäisistä automalleista ja uusimpien, lähinnä piensarja-autoissa käytettävien komposiittirakenteiden tutkiminen ei ole tämän työn kannalta relevanttia, joten ne jätetään kertaamatta.

### 2.2.1 Kehitys 1900-luvun vaihteessa

Ensimmäiset autot tehtiin hevosvankkureista, joihin oli hevosten tilalle voimanlähteeksi vaihdettu polttomoottori. Tästä syystä ensimmäisten autojen rungot olivat joskus tehty jopa puusta. Kuvan 5 hevoskärryissä näkyy selvästi kaksi puusta valmistettua runkopalkkia, joista voidaan löytää selviä yhtenemiskohtia myöhempisiin autonrunkoihin.



Kuva 5. Hevoskärryt vuodelta 1902 [3, s. 9].

On hyvä myös erottaa, että auton runko ja kori olivat pitkään kaksi eri komponenttia. Runko valmistettiin kahdesta pitkittäispalkista, jotka oli yhdistetty toisiinsa niittaamalla tai pulttaamalla poikittaispalkkeja niiden väliin. Tämä ns. tikapuurakenne ja liitântätapa ovat vieläkin käytössä raskaan kaluston valmistuksessa, koska raskaiden rakenteiden hitsauksen tuoma lämpö voisi aiheuttaa rungon vääntelyä tai sisäisiä jännityksiä. Vaikka runkomateriaali vaihtuikin teräkseen, olivat auton korit vielä pitkään puurakenteisia.

Puukorit eivät olleet rakenteellisia komponentteja kuten nykyään, vaan ne olivat käytännössä vain ylimääräistä lastia.

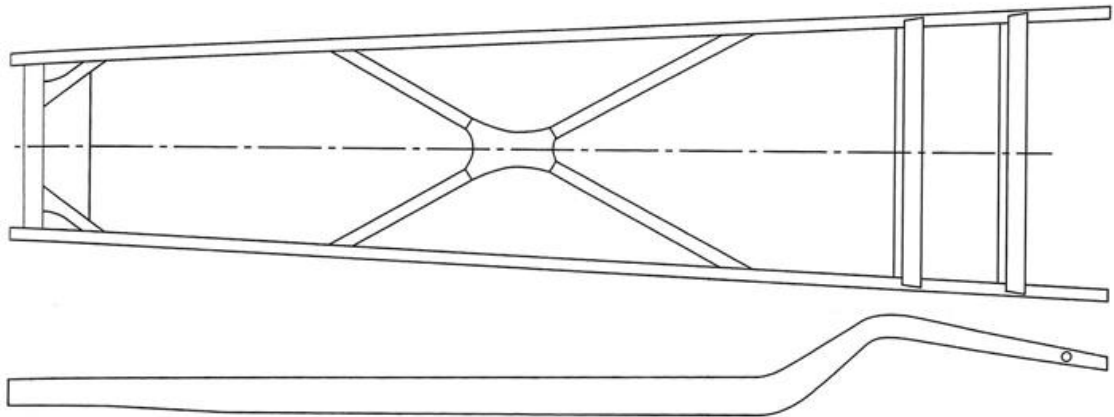
Kuvassa 6 nähdään hyvin tyypillinen runkorakenne viime vuosisadan alusta. Runkopalkit kapenevat perästä keulaa kohti kuljettaessa. Tämän tarkoituksena oli antaa eturenkaille enemmän tilaa liikkua, sekä parantaa auton korin sopivuutta takana. Lisäksi kuvassa näkyy runkopalkkien C:n muotoinen poikkileikkaus, joka helpotti valmistusprosessia ja osien yhteen liittämistä. Myöhemmin C-profiili korvattiin umpinaisella neliöpalalla sen paremman vääntöjäykkyyden takia. Myös itse runkorakenteen vääntöjäykkyys oli melko heikko poikkipalkkien niitti- ja pulttiliitosten huonon taivutusjäykkyyden takia. Suunnittelun painopiste olikin aikaisemmin rungon taivutusjäykkyyden parantamisessa, kun taas nykyään pyritään parantamaan vääntöjäykkyyttä tienpinnan epätasaisuuksien epäsymmetrisyydestä johtuen. Rungon pienestä vääntöjäykkyydestä tuli myöhemmin ongelma jäykkien puukorien kestolle. Koska kori ja runko muodostivat yhden rakenteen, niistä jäykempänä puinen kori joutui kestävämpään suhteessa suurempaa vääntöä kuin itse runko. Lopulta korin puiset liitokset eivät enää kestäneet rasitusta ja rikkoutuivat heikentäen korin jäykkyyttä. Tämä johti korinosien natinaan ja räminään sekä pahimmillaan esti ovien avaamisen ja sulkemisen löystyneen rakenteen aiheuttamien korin muodonmuutosten takia. [3, s. 11.]



Kuva 6. Tyypillinen runko 1900-luvun alusta, keula oikealla. Poikkipalkkien kiinnityspisteet sijaitsivat yleensä suurimpien rasitusten kohdalla, esimerkiksi jousituksen ja moottorin kiinnityspisteissä [3, s. 6].

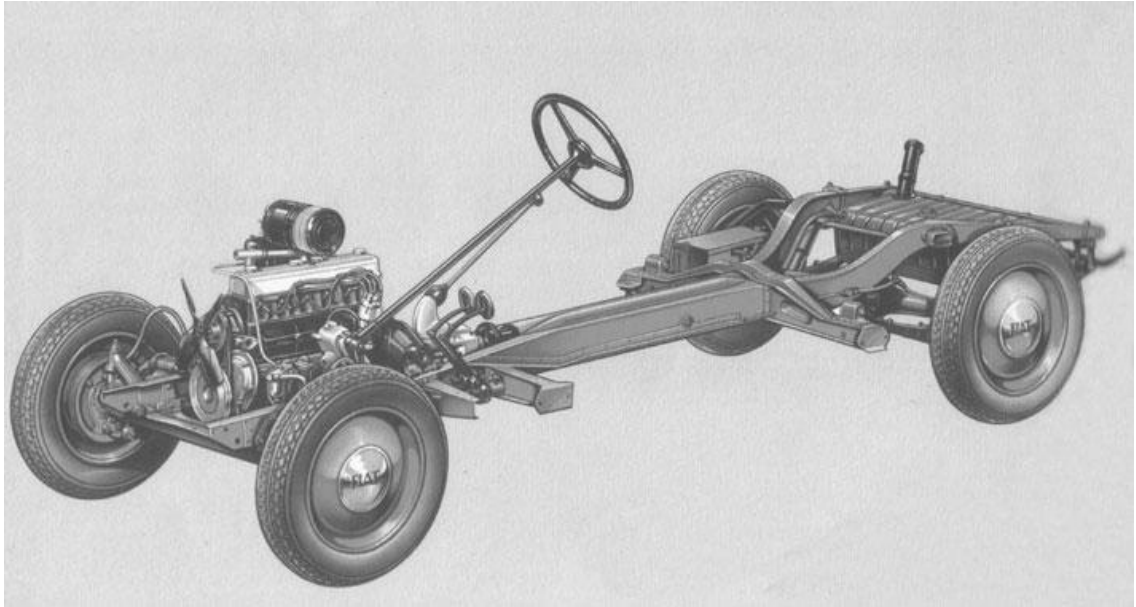
## 2.2.2 Korin ja rungon yhdistyminen

1930-luvulla perinteistä runkorakennetta kehitettiin ominaisuuksiltaan paremmaksi ja myös itsekantavia korirakenteita ilmestyi tuotantoon. Kuvasta 7 näkyy, kuinka runko-aisoja yhdistävät poikittaispalkit korvattiin X:n muotoisella tukirakenteella. Muutokseen ajoi lähinnä autojen alati kasvavat nopeudet, jolloin korilta vaadittiin parempaa vääntöjäykkyyttä.



Kuva 7. Tikapuurakenne korvattiin 1930-luvun aikana ristikkorakenteella, joka paransi vääntöjäykkyyttä [3, s. 13].

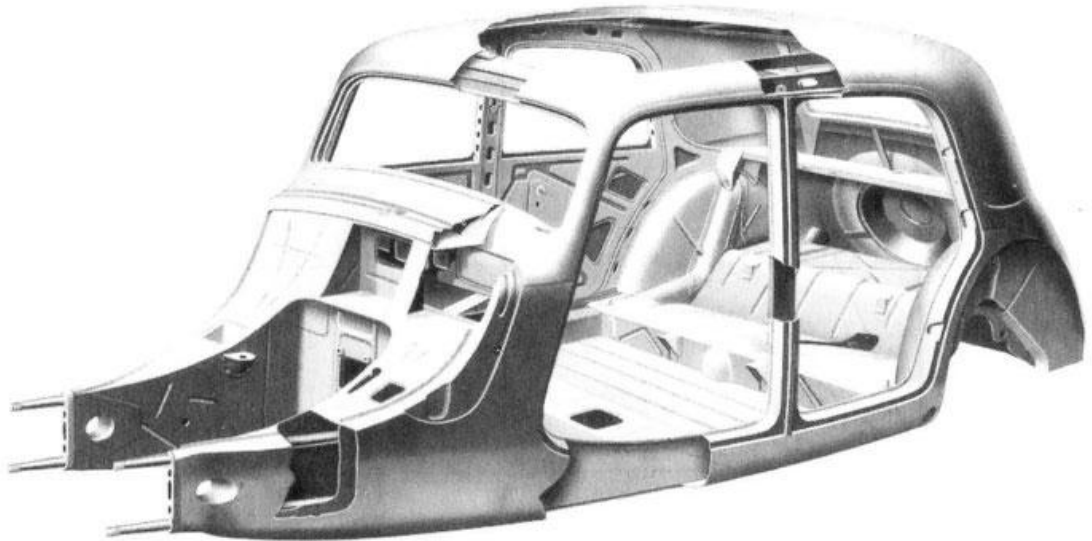
Merkittävä kehitysaskel oli myös korin käyttö osittaisena runkoa jäykistävänä rakenteena. Tästä hyvä esimerkki on kuvan 8 Fiat 1500:n runko. Autossa on myös monia muita innovaatioita, kuten niittaamisen sijasta kiinni hitsattu kotelopalkkirakenne. Rungossa on myös käytetty edellisen esimerkin kaltaista X-kirjaimen muotoista rakennetta, mutta ulommaiset pitkittäispalkit on korvattu korirakenteella, joka kiinnitetään runkoon pulttaamalla. Vääntöjäykkyyden parantumisen lisäksi tällainen rakenne alentaa matkustamon korkeutta, jolla on positiivinen vaikutus auton painopisteen korkeuteen.



Kuva 8. Fiat 1500 vuodelta 1935 [3, s. 14].

Samaan aikaan yleistyi myös teräksen käyttö koripaneeleina, vaikka korin tukirakenteena käytettiin edelleen puuta. Muutaman vuoden kuluessa myös puinen kehikko korvattiin terästangolla.

Kun sekä kori että runko valmistettiin teräksestä, oli seuraava askel niiden yhdistäminen hitsaamalla sulauttaen ne käytännössä yhdeksi itsekantavaksi rakenteeksi. Tämä on perusajatus vielä nykyäänkin autonvalmistuksessa. Yksi ensimmäisistä tällaisista autoista massatuotannossa oli kuvassa 9 näkyvä Citroën 11 CV, jota valmistettiin vuodesta 1934 aina vuoteen 1956.



Kuva 9. Citroen 11 CV:n itsekantava kori vuodelta 1934 [4, s. 43].

Autojen kolariturvallisuutta ruvettiin kehittämään vasta autoistumisen kunnolla alettua. Liikenteen määrän kasvu johti myös lisääntyneisiin onnettomuuksiin. Aluksi luultiin mahdollisimman lujan teräksen käyttämisen olevan paras vaihtoehto, mutta pian huomattiin, että liian vahvan materiaalin aiheuttama äkkipysähdys oli vaarallisempaa kuin turvarakenteiden hallittu sisään painuminen.

### 3 Suunnittelu

#### 3.1 Materiaalit

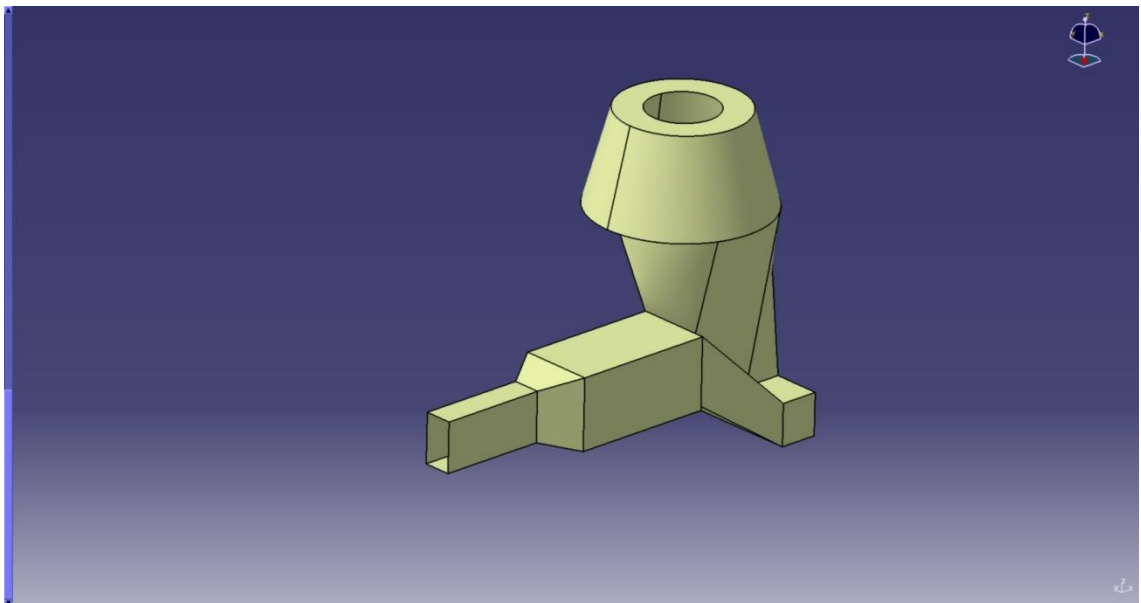
Suunnittelun lähtökohtana oli, että kori tulotisiin tekemään komposiitista. Vaihtoehtoina eturungon valmistusmateriaaliksi olivat teräs tai alumiini. Tavoitteena oli myös tehdä jotain, mitä koulun projekteissa ei aikaisemmin ollut tehty. Koska Kemi-Tornion AMK on yksi projektin yhteistyökumppaneista, päädyttiin teräkseen sen materiaaliosaamisen takia. Myös Ruukin hyvä valikoima eturunkoon sopivissa teräksissä vaikutti valintaan.

Kun teräs oli valikoitunut valmistusmateriaaliksi, päätettiin käyttää Ruukin superlujuja materiaaleja uutuusarvon lisäämiseksi. Autoteollisuudessa on jo vuosia menty lujempien terästen suuntaan.

### 3.2 3D-mallinnus

Koko mallinnustyö tehtiin Dassault Systemesin Catia-ohjelman V5R20-versiolla. Catian työkaluista käytettiin ensin pintamallinnustyökalua, joka piirtää mallin ilman materiaali-paksuutta. Tämä on hyvä ottaa huomioon mallinnusvaiheessa asettamalla liitäntäpintojen väliin materiaalivahvuuden verran väliä. Myös materiaalin puoli pitää päättää hyvissä ajoin, koska pintamallista tehdään kiinteää osaa pinnasta joko ulos- tai sisäänpäin. Muuten myöhemmässä vaiheessa syntyy ongelmia osien sopivuuden kanssa, kun pinnat leikkaavatkin toisensa tarkoituksettomasti.

Suunnittelun alussa kokoonpanossa olivat paikallaan pyöräntuennat, moottori, puskuripalkki ja korin hahmotelma. Rungon ensimmäiset hahmotelmat (kuva 10) piirrettiin näiden kiinnityspisteiden ympärille, josta muotoja ruvettiin hienosäätämään. Suunnittelussa piti myös ottaa huomioon tilavaraukset vetoakseleille, raidetangon päille, renkailla ja korin muodoille. Oman haasteensa mallinnukseen tuo myös keulan komponenttien, kuten moottori- ja vaihteistotukien epäsymmetrisyys. Tästä johtuen oikean ja vasemman puolen eturungot eroavat hieman toisistaan.

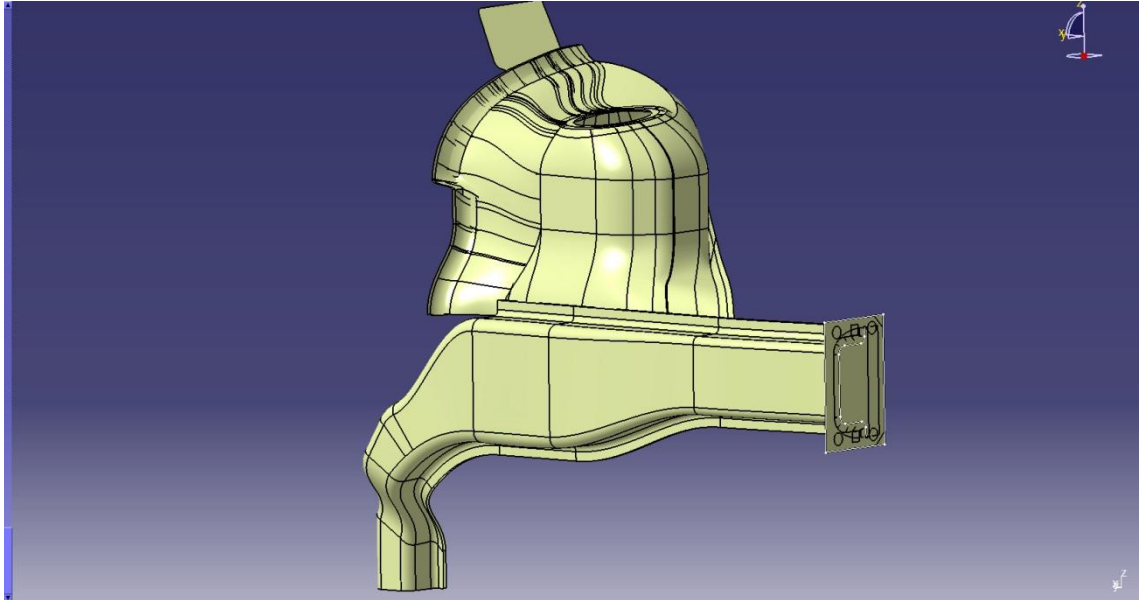


Kuva 10. Ensimmäinen hahmotelma oikean puoleisesta eturungosta etuviistosta kuvattuna. Mallista puuttuu vielä kokonaan esimerkiksi liitäntäpinnat koriin.

Peruskonseptin hahmottelun jälkeen alkoi tuotantokelpoisen mallin suunnittelu. Tässä vaiheessa myös eturunkoon kiinnittyvien komponenttien sijainti oli jo melko hyvin tie-



dossa, joten lopullinen malli pysyi pieniä muutoksia lukuun ottamatta melko samannäköisenä. Kuvassa 11 on nähtävissä jo melko paljon viimeistä vasemmanpuoleisen rungon mallia muistuttava versio.



Kuva 11. Runko kehitystyön puolivälissä. Iskunvaimentimen tornin muotoa jouduttiin vielä tämän mallin jälkeen muokkaamaan iskunvaimentimen yläpään tulevaan säätöpalaan sopivaksi.

3D-mallinnuksen apuna käytettiin Catian yhteyteen saatavaa Smarteam-laajennusta. Smarteam on versionhallintaohjelmisto, joka helpottaa suurten projektien hallintaa. Sen avulla jokaisen osan jokainen eri versio tallentuu tietokantaan varmuuskopioksi, jossa on näkyvillä osan muokkaaja ja haluttaessa myös selite siitä, mitä osalle on tehty. Näin voidaan palata esimerkiksi kaksi päivää vanhaan malliin, jos suunnitteluun tulee odottamattomia muutoksia.

Smarteam estää myös aikaisempia projekteja vaivanneen ongelman, joka syntyy kun kaksi henkilöä muokkaa samaa osaa yhtäaikaaisesti. Ennen Smarteamin käyttöönottoa koulun projektien 3D-mallit säilytettiin yhteisellä verkkolevyllä. Jos kaksi henkilöä toisistaan tietämättä muokkaavat tiettyä kokoonpanon osaa samaan aikaan, vain viimeiseksi tallennettu versio säilyy ja toisen henkilön tekemä työ käytännössä häviää. Kun Smarteamissa avaa osan muokkausta varten, se samalla estää muita muokkaamasta osaa. Tämä ominaisuus helpottaa mallinnustyötä suuresti varsinkin silloin, jos kaikki mallin muokkaajat eivät työskentele samassa tilassa.

### 3.3 Lujuuslaskenta

Lujuuslaskentaan käytettiin myös Dassault Systemesin tekemää Abaqus-ohjelmaa. Laskennassa keskityttiin iskunvaimentimen välittämiin voimiin pahimmassa kuoppaanajotilanteessa auton ollessa täyteen lastattu. Kun oletetaan auton painon olevan 1600 kg ja 60 % painonjakaumasta tulevan etuakselille, voidaan laskea yhteen pyörään vaikuttava staattinen kuorma yhtälöllä 1.

$$F_{WS} = \frac{mg \cdot 0,6}{2} = \frac{1600 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,6}{2} = 4709 \text{ N} \quad (1)$$

$F_{WS}$  on staattinen pyöränkuorma

$m$  on auton massa

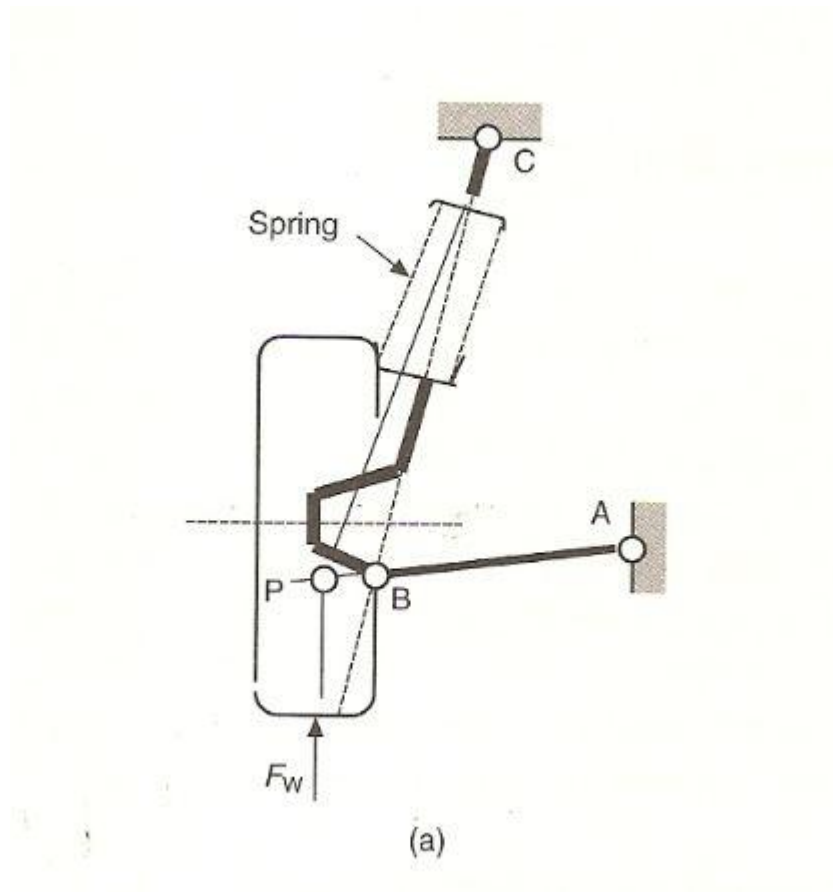
$g$  on painovoima.

Tien epätasaisuuksista johtuen staattisen kuorman aiheuttamaa voimaa ei voida pelkästään käyttää suunnittelussa, vaan huomioon pitää ottaa myös dynaamiset voimat. Yleensä tieliikenneautojen suunnittelussa käytetään kolmen  $g$ :n kiihtyvyyttä pystysuuntaisille voimille [5, s. 129]. Tästä saadaan yhteen pyörään vaikuttavaksi voimaksi

$$F_{WD} = F_{WS} \cdot 3 = 4709 \text{ N} \cdot 3 = 14126 \text{ N}. \quad (2)$$

$F_{WD}$  on dynaaminen pyöränkuorma.

Kuvassa 12 on esitetty McPherson-tuenta edestäpäin kuvattuna. Koska pyörävoiman  $F_w$  vaikutuspiste  $P$  on eri kohdassa kuin joustintuen akseli  $BC$ , pyörävoima suurenee syntyneen momenttivarren takia.



Kuva 12. Kaaviokuva McPherson-tuentaan vaikuttavasta pystysuuntaisesta voimasta [5, s. 301].

Iskunvaimentimen yläpäähän vaikuttava voima saadaan laskemalla dynaamisen pyöränkuorman  $F_{WD}$  pisteeseen B aiheuttama voima. Tämän laskemiseen tarvitaan akseleiden BC ja PA välinen kulma, sekä alatukivarren ja iskunvaimentimen pituudet. Laskennassa käytetyt lukuarvot käyvät ilmi taulukosta 1.

Taulukko 1. Pyöräntuennan nivelpisteiden väliset mitat ja kulmat.

Akseli	PA	391,75 mm
	BC	419 mm
	BA	263,75 mm
Y-akselin ja BC:n välinen kulma.	$\alpha$	10,25°
Akseleiden BC ja PA välinen kulma.	$\beta$	79,75°

Kun tarkastellaan pyöräntuennaa xy-koordinaatistossa, voidaan eri pisteisiin vaikuttavat voimat jakaa x:n ja y:n suuntaisiin komponentteihin. Sen jälkeen suunnittelun kannalta kiinnostavat voimat voidaan laskea yksinkertaisella momenttiyhtälöllä

$$F_C = F_B = \frac{B_y}{\cos \alpha} = \frac{F_{WD} \cdot PA}{\cos \alpha} = \frac{14126N \cdot 0,39175m}{\cos 10,25^\circ} = 21,321kN. \quad (3)$$

$F_C$  on iskuvaimentimen yläpäähän vaikuttava voima

$F_B$  on iskunvaimentimen alapäähän vaikuttava voima

$B_y$  on pisteeseen B vaikuttavan voiman y:n suuntainen komponentti

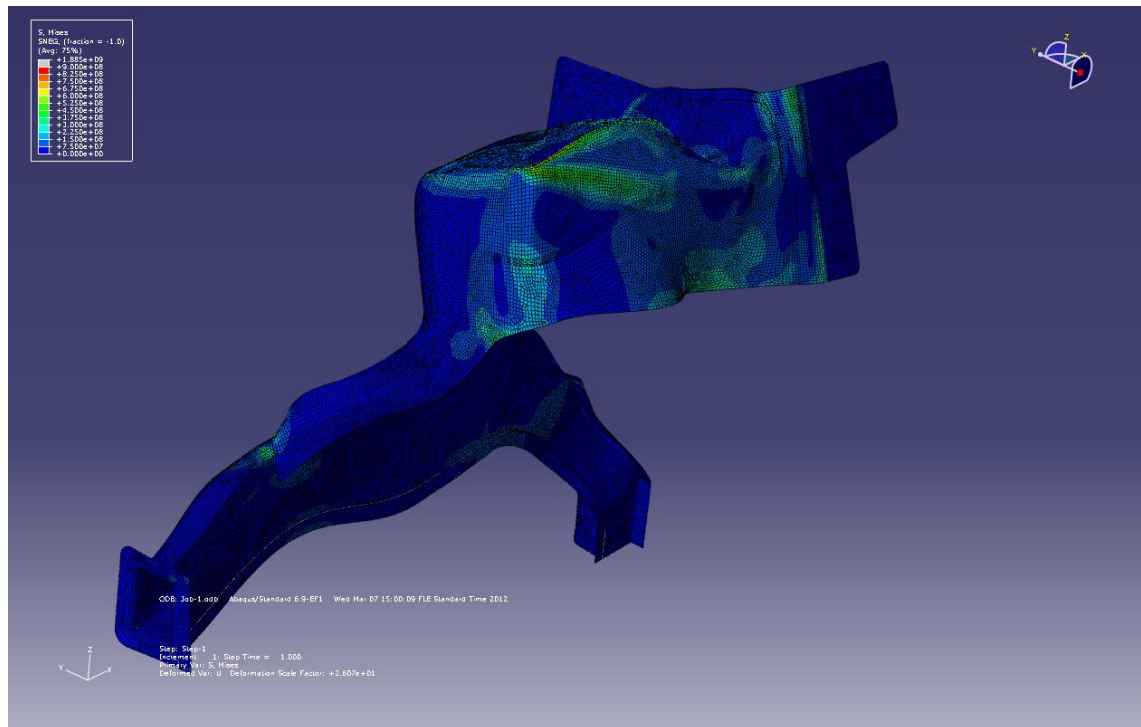
$\alpha$  on akseleiden BC ja y välinen kulma.

Voiman ja sen vastavoiman säännön mukaan  $F_C$  ja  $F_B$  voidaan olettaa yhtäsuuriksi. Koska pyöräntuennan eturunkoon kohdistamat sivuttaiset ja pitkittäiset ovat suhteellisen pieniä pystysuuntaiseen rasitukseen verrattuna, päätettiin simuloinnissa keskittyä rungon kestävyteen pystyvoimien osalta.

Laskenta aloitetaan tuomalla 3D-malli Catiasta Abaqukseen. Periaatteessa tiedostojen tuonti ohjelmasta toiseen ei vaadi kuin tiedostomuodon vaihtamisen, mutta joissain tilanteissa osan muokkaaminen voi olla pakollista. Abaquksessa osille määritetään halu-

tut materiaaliominaisuudet ja materiaalin paksuus. Koska kappaleet tullaan valmistamaan teräksestä, käytettiin laskennassa teräksen osalta likiarvoina tiheytenä  $7850 \text{ kg:aa/m}^3$ , Poissonin vakiona 0,3:a ja kimmokertoimena 210 GPa:a. Abaqus käyttää laskennassa verkkoa, jonka luomiseksi jokaisen kappaleen pinnalle pitää määritellä solmupisteet. Pisteiden tiheydellä voidaan säädellä laskennan tarkkuutta simulointiin kestävän ajan kustannuksella. Pisteiden perusteella osien pinnalle luodaan verkko, jota ohjelma käyttää hyväksi laskennassa. Liian tiheän verkon käyttäminen kannattaa kuitenkin välttää, koska laskenta-aika kasvaa kohtuuttoman suureksi tarkkuuden kuitenkaan enää olennaisesti parantumatta. Vaikka osat tuodaan Abaqukseen yhdeksi kokoonpanoksi, se olettaa jokaisen osan olevan irtonainen. Siksi jokainen liitoskohta pitää määrittää erikseen tekemällä osien välille liitossääntö. Abaqus tarjoaa liitoksille monia erilaisia sääntöjä, mutta tämän työn kohdalla riittävän tarkaksi tavaksi todettiin TIE-sääntö. Lisäksi määritetään kokoonpanon kiinnityskohdat eli tässä tapauksessa liitämpinnat koriin kiinteiksi. Aiemmin laskettu voima  $F_C$  iskunvaimentimelta asetettiin jakautumaan yläpään kiinnityskohtaan kiinnitysalueen kokoiselle alalle.

Kuvassa 13 nähdään lopputulos yhden levyrungon lujuuslaskentamallinnuksen jälkeen. Rakenteeseen kohdistuvaa voimaa kuvataan väriskaalalla, jossa sininen on pieni ja punainen suuri voima. Kuvasta käy myös hyvin ilmi kuinka Abaqus liioittelee osien liikettä visualisoinnin helpottamiseksi. Rasiusten lisäksi ohjelmalla voidaan tarkastella monia muitakin seikkoja, joista esimerkiksi eturungon suunnittelussa siirtymän tutkiminen on hyödyllistä. Lopullisessa mallissa siirtymä saatiin pienennettyä millin kymmenesosien suuruiseksi.



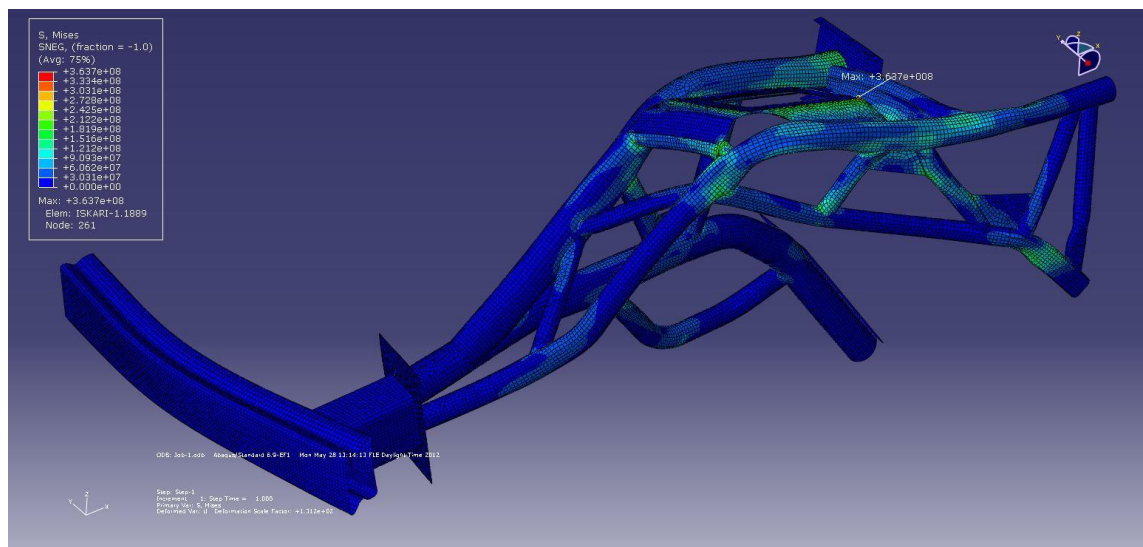
Kuva 13. Ohutlevystä tehdyn rungon lujuuslaskentaa.

Putkirungon simuloinnissa keskityttiin ensin parhaan perusrakenteen löytämiseen. Useamman variaation testaamisen jälkeen niistä valittiin paras, toisin sanoen se malli, jossa runkoon kohdistuvat voimat ja siirtymä olivat pienimpiä. Kun rungon perusrakenne oli valittu, alkoi eri putkikokojen, lujuusluokkien ja seinämävahvuuksien testaus. Lujuuslaskennalla voitiin esimerkiksi todeta, että pienimmät tukiputket kestävät pienemmällä seinämävahvuudella kuin alkuperäisessä mallissa oli käytetty. Näin rungosta saatiin kevyempi lujuuden pysyessä käytännössä samana. Ensimmäisissä malleissa oli myös ongelmana A-pilariin kiinnittyviin putkiin kohdistuva suuri rasitus. Tämä ongelma saatiin ratkaistua lisäämällä niiden väliin lisäputki, joka todettiin toimivaksi Abaquksella. Taulukossa 2 on esitetty lopulliset putkikoot ja niiden materiaalilaadut.

Taulukko 2. Putkirungossa käytettävät putkikoot ja niiden materiaalilaadut.

Halkaisija (mm)	Seinämävahvuus (mm)	Materiaalilaatu
48,3	2,6	double grade S420MH
31	1,5	Form 600
25,4	2	Form 600/1000
22	1,5	Form 600

Kuvassa 14 on esitetty Abaqus-simuloinnin tulokset lopullisella runkomallilla. Simuloinnissa käytettiin puskuripalkin puolikasta, jonka toinen pää kiinnitettiin paikalleen samalla tavoin kuin koriin kiinnittyvät osat. Suurimmaksi voimaksi Abaqus antaa noin 360 MPa, joka esiintyy iskunvaimentimen kiinnityslevyssä kahden eri materiaalin liitoskohdassa. Koska maksimivoima on pistemäinen, se voidaan osittain jättää huomioimatta simuloinnin epätarkkuutena. Ruukin Form 600 -ohutseinäputkille luvataan vähintään 500 Mpa:n myötölujuus, joten putkiin kohdistuviin 240 MPa:n suuruusluokkaa oleviin voimiin jää vielä noin kaksinkertainen varmuuskerroin.



Kuva 14. Putkirungon malli lujuuslaskennassa.

### 3.4 Kiinnitykset

Koska eturunkoon liitetään monia eri komponentteja, piti niiden liittämiseen kiinnittää huomiota suunnitteluvaiheessa. Moottorin ja vaihteiston tuet sekä puskuripalkki olivat valmiina, joten ne päätettiin kiinnittää alkuperäisentyypisillä pulteilla. Pulttiliitokset helpottavat myös auton huoltoa, kun esimerkiksi kaikki moottorin edessä olevat komponentit voidaan purkaa pois.

Iskunvaimentimen yläpäähän piti suunnitella sopiva reikä ja tukipinta siihen tehtävää pyöränkulmien säätöpala varten. Säätöpala on omaa suunnittelua, joten sen sijoittaminen vaati yhteistyötä suunnitteluvaiheessa. Liitäntäpinnan tulee olla tarpeeksi iso, jotta säätöpala mahtuu liikkumaan, mutta rungon lävistävästä reiästä haluttiin mahdollisimman pieni jäykkyyden säilyttämiseksi. Itse säätöpala kiinnittyy eturunkoon kolmella pultilla.

Koriin liittäminen tehdään liiman ja niittien yhdistelmällä. Liimana käytetään Sikan valmistamaa SikaFast-3131-kaksikomponenttiliimaa. Se on suunniteltu käytettäväksi korvaamaan hitsi- ja niittiliitoksia ja se soveltuu käytettäväksi muovien ja metallien liittämiseen. Se kovettuu huoneenlämmössä, joten kokoonpanoa ei tarvitse uunittaa, kuten joidenkin liimojen kohdalla. Lisäksi kuivumisaikaa voidaan pidentää viilentämällä liima liitteen 1 taulukon mukaan. Tämä voi olla tarpeellista vaikeissa liitoksissa, joiden sovitamiseen tarvitaan enemmän aikaa.

Myös korin suunnitteluvaiheessa vaadittiin yhteistyötä, koska eturungolle haluttiin useita kiinnityspisteitä tulipellin ylä- ja alaosaan sekä A-pilarin juureen. A-pilariin kiinnitys luo yhdessä muiden pintojen kanssa eräänlaisen kolmiomaisen rakenteen vahvistaen kiinnitystä ja jäykistäen myös itse runkoa. Kun liitäntäpintojen sijainti oli sovittu, ne mallinnettiin korinosiin jonka perusteella eturunkoon saatiin suunniteltua tarkat kiinnityspisteet.



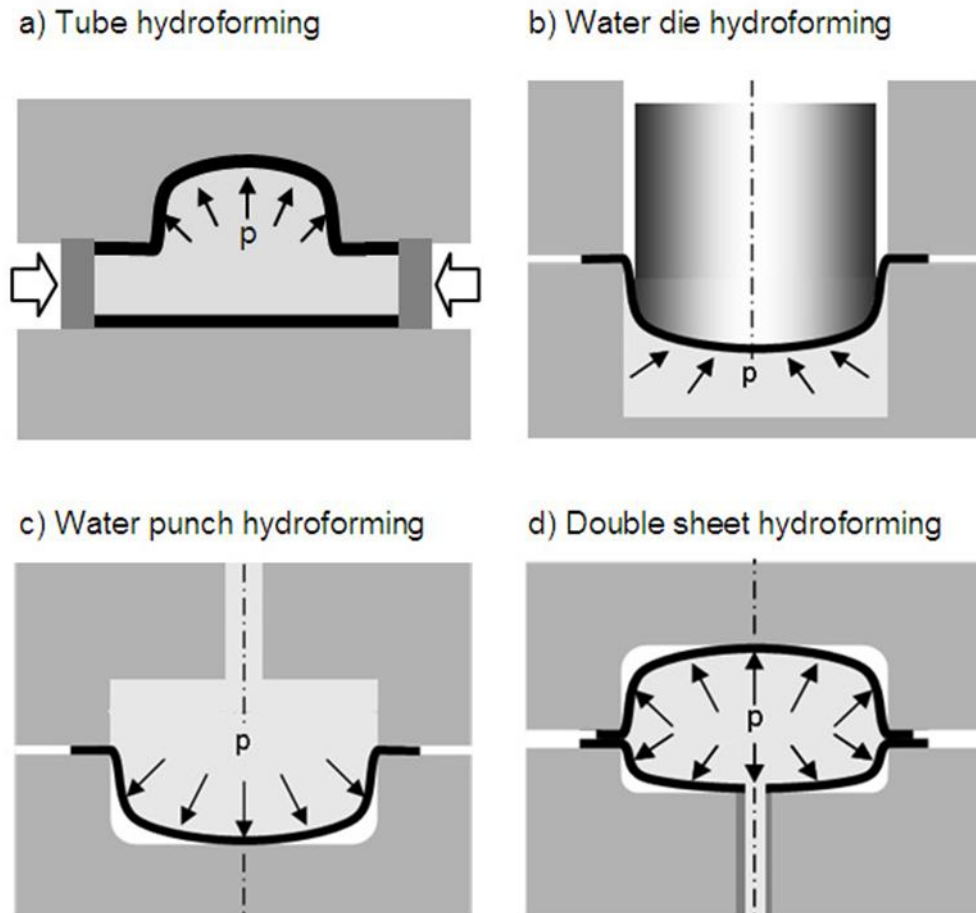
## 4 Valmistus

### 4.1 Levyrunko

Ohutlevystä tehtävän rungon 3D-mallit oli tarkoitus lähettää Kemi-Tornion ammattikorkeakouluun osien valmistusta varten. Viimeisessä kokoonpanossaan runko koostui kolmesta pääkomponentista: runkoaisan hattuprofiilista, sitä vasten tulevasta levystä sekä iskunvaimennintornista. Tässä muodossa osat olisi mahdollista valmistaa painemuovaamalla, kuten projektin alussa tarkoitus oli. Koska valmistusprosessin tämä osa ei varsinaisesti kuulu tämän työn sisältöön, se esitellään vain periaatetasolla.

#### 4.1.1 Painemuovaus

Painemuovauksella tarkoitetaan metallin muokkaamista nestepaineella. Yleisimmin muokattava materiaalina käytetään alumiinia tai terästä. Tekniikkaa voidaan soveltaa putkiin ja levyihin, sekä kahden vastakkain asetetun levyn muokkaamiseen syöttämällä paine niiden väliin (kuva 15). Levyä voidaan muokata käyttämällä nestettä joko muotina tai painimena. Putken painemuovauksessa tyypillinen tilanne on T-haaran tekeminen putkeen, jolloin nestepaine painaa putken seinämän muottia vasten.



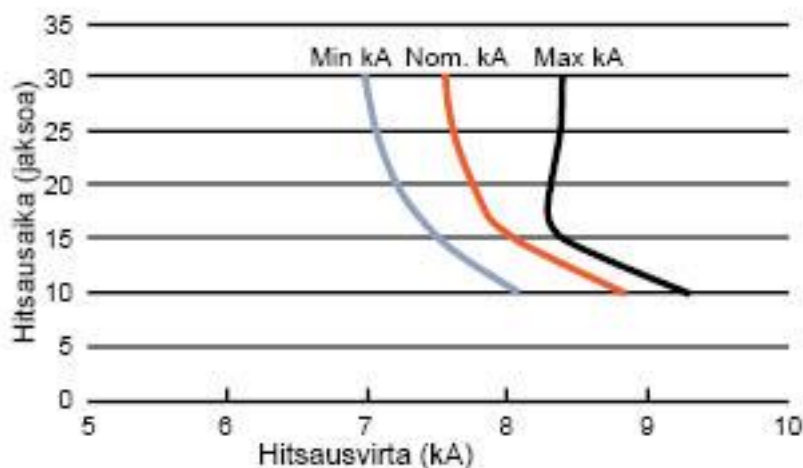
Kuva 15. Eri painemuovaustekniikoita [5, s. 307].

Autoteollisuudelle painemuovaus on erityisen hyödyllistä, koska sillä osista saadaan lujia ja kevyitä. Esimerkiksi Audi käyttää R8-mallin kattokarmissa alumiinista painemuovattua putkea, jonka seinämävahvuus ja poikkileikkauksen profiili vaihtelevat tarvittavan lujuuden mukaan. Lisäksi austeniittista terästä käytettäessä materiaali muokauslujittuu valmistuksen aikana, jolloin saadaan tarvittaessa vahvoja rakenteita. Putken painemuovauksella voidaan tehdä monimutkaisia osia, joiden valmistaminen muulla tekniikalla olisi vaikeaa. Jäähdytysputkissa usein tarvittavat T-haarat voidaan muovata yhdestä osasta, joka parantaa kestävyyttä ja tuo samalla kustannussäästöjä, kun osien määrä vähenee. GM on käyttänyt painemuovausta jopa kokonaisten runkopalkkien valmistukseen vain yhdestä neliöputkesta. Painemuovauksen vahvuudeksi voidaan myös lukea hyvä pinnanlaatu, joka vähentää tarvittavan jälkikäsittelyn määrää.

#### 4.1.2 Liitostekniikat

Liitostekniikaksi valittiin pistehitsauksen ja koriliiman yhdistelmä, koska sillä saadaan vahva ja tiivis liitos. Lisäksi sen tekemiseen tarvittava laitteisto löytyy valmiiksi koululta, joten kokoonpano olisi mahdollista tehdä omissa tiloissa.

Pistehitsaus on erittäin yleinen tekniikka teräsohutellevyjen liittämiseen. Lisäainetta ei tarvita, vaan hitsisula saadaan aikaan hitsauselektrodien kautta hitsattavien kappaleiden läpi kulkevan virran avulla. Toinen elektrodien tehtävä virran johtamisen lisäksi on puristaa hitsattava pinta yhteen. Hitsausparametrien säädössä tulee ottaa huomioon hitsattavan materiaalin lisäksi sen paksuus, hitsausvirta, hitsausaika, elektrodien kärjen halkaisija ja elektrodivoima. Kuvassa 16 Ruukin suosittelemat hitsausparametrit Litec 800DP:n vastushitsaukseen.



Kuva 16. Ruukin Litec 800DP:n hitsausaika ja -virta, kun levyn paksuus on 1,2 mm, elektrodien kärjen halkaisija 6 mm ja elektrodivoima 3,6 kN [7].

#### 4.2 Putkirunko

Putkirungon valmistus alkaa putkien leikkaamisella oikeaan pituuteen ja suorien putkien päiden laserleikkauksella oikeaan muotoon. Laserleikkaus tehdään 3D-leikkaukskoneessa, joka on varustettu liikkuvalla leikkuupäällä. Tällä tavalla päistä saadaan täysin yhteensopivat muuhun rakenteeseen. Putkista lähetetään työpiirrokset leikkauksen suorittavaan yritykseen, joiden perusteella kone ohjelmoidaan tekemään leikkaukset.

Taivutettavien putkien päät leikataan myöhemmin koululla. Taivutettavat putket ovat päistään 30mm valmista mitta pidempiä, jotta päiden muotoiluun ja hitsaukseen jää sopiva työstövara. Putkien halkaisija ja taivutussäteet on pyritty mitoittamaan niin, että taivutukset voidaan tehdä koulun omalla koneella. Kuitenkin osa taivutuksista tehdään todennäköisesti putkentyöstöön erikoistuneissa Keravan Metallikaari ja Samet Oy -yrityksissä, koska koululta löytyy vain rajoitettu määrä taivutustyökalukokoja. Myös tiettyjen putkikokojen saatavuus oli rajoitettua ja joissakin osissa jouduttiin käyttämään lähintä sopivaa kokoa. Yritykselle lähetettävissä työpiirustuksissa pitää olla selkeästi merkittynä tasokäännöt, kulmat ja taivutussäteet. Suunnittelussa on hyvä huomioida, että kaikki taivutukset tapahtuvat samassa tasossa.

Runko hitsataan kokoon jigissä, jolla varmistetaan rungon oikeat mitat ja vähennetään hitsauslämmön aiheuttamaa vääntelyä. Hitsaaminen aloitetaan rintapeltiin liitettävistä kiinnityslevyistä, joista rungon kasaaminen etenee kohti auton keulaa. Ennen hitsausvaihetta suljetuiksi jääviin putkiin porataan pienet hengitysreiät. Reikien tarkoituksena on päästä hitsauksesta putken sisään syntyvät kaasut ulos. Ilman reikiä kaasut pyrkivät ulos hitsattavasta saumasta vaikeuttaen hitsausta ja huonontaan hitsisauman laatua. Reiät myös päästävät putkien sisään muodostuvan kosteuden pois. Hitsausmenetelmänä voidaan käyttää joko tig- tai mig-hitsausta. Tig-hitsauksen etuna on kuitenkin siisti ja tarkka jälki, joka on tärkeää kun valmistetaan auton turvallisuuteen liittyviä rakenteita. Myös lämmöntuonti on tarkemmin hallittavissa, jolla voidaan vähentää rakenteen lämpövääntelyä.

Kun runko on hitsattu, se pitää vielä pintakäsittellä korroosion estämiseksi. Ennen pintakäsittelyä runko pitää vielä karhentaa esimerkiksi teräsvillalla ja hitsaussaumot hiotaan siistiksi. Lisäksi pinta puhdistetaan pölystä ja rasvasta pyyhkimällä se liuottimella. Runko voidaan maalata joko jauhe- tai ruiskumaalilla pinnan viimeistelemiseksi. Jauhemaalauksessa kappaleeseen suihkutetaan sähköstaattisesti varattua maalijauhetta, joka tarttuu maadoitetun osan pintaan. Maalin kovettamiseksi osat pitää maalin levityksen jälkeen vielä lämmittää uunissa noin 150–200 °C:een lämpötilassa. Jauhemaalauksen etuna on sen hyvä kestävyys mekaanista kulumista ja kemikaaleja vastaan. Lisäksi maalaus on ympäristöystävällistä, koska siinä ei käytetä liuottimia kuten ruiskumaalauksessa [9, s. 87].

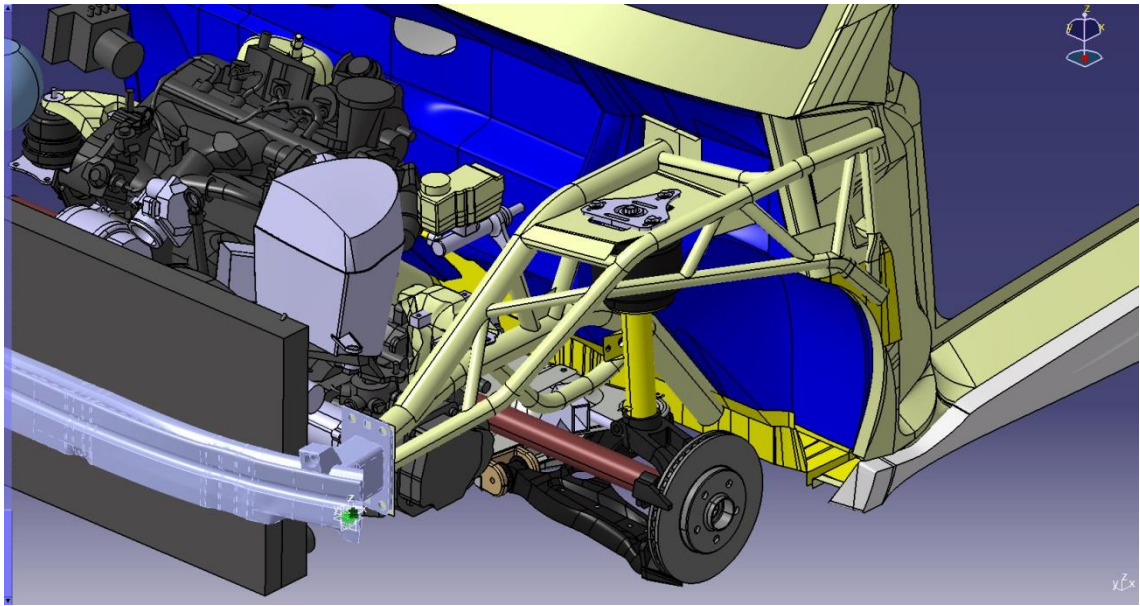
Maalaamoksi voidaan suositella Keravan Teräsmiehet Oy:tä koulumme aikaisempien projektien aikana hyväksi todetun laadun ja hinnan vuoksi.

## **5 Yhteenveto**

Eturunkoa lähdettiin suunnittelemaan nykyaikaisten tuotantoautojen esimerkkien pohjalta ohutlevyteräksestä. Valmistusmenetelmäksi valittiin yhteistyökumppanin tarjoama ja alalla vielä melko uutta painemuovaustekniikkaa. Pistehitsauksen ja koriliiman yhdistelmä sen sijaan on hyvin suosittu menetelmä autoteollisuudessa.

Tämä ohutlevystä tehtävä malli suunniteltiin lähes tuotantovalmiiksi, kunnes ilmeni, että sen valmistaminen painemuovauksella olisi yhteistyökumppanillemme mahdotonta käytettävissä olevien resurssien puitteissa. Tästä johtuen suunnitelmat kääntyivät putkirunkoon, joka voidaan valmistaa taivuttamalla ja hitsaamalla koulumme tiloissa.

Putkirunkoja on nähty oppilaitoksemme aikaisemmissakin projekteissa hieman eri tekniikoilla toteutettuna. Kaksipaikkaisessa urheiluautokonsepti RaceAboutissa sekä etuettä takarunko on valmistettu hitsaamalla neliöputkea kehikoksi. Lontoon taksikäyttöön suunnitellussa Citycabissa puolestaan eturunko on toteutettu kotelopalkkirakenteella, joka on valmistettu pistehitsaamalla kantattuja ohutlevyprofiileja yhteen. Tässä projektissa poikettiin hieman edellisistä suunnittelemalla eturunko erikokoisista ympyräprofiilisista ohutseinäputkista (kuva 17).



Kuva 17. Eturungon lopullinen malli putkirakenteisena.

Lopputuloksena syntyi siis kaksi eri eturungon mallia valmiina tuotantoon. Molemmat rakenteet saatiin kestämään vaaditut kuormat simuloinnissa. Valmistus jouduttiin jättämään aikataulusyistä jälkikäteen tehtäväksi. Jatkokehityksenä rungon kolarikäyttämistä voisi tutkia tarkemmin ja rakennetta optimoida jäykempään ja kevyempään suuntaan.

## Lähteet

- 1 2011 Mazda 2 Body Structure. 2010. Verkkodokumentti. <<http://boronextrication.com/2010/10/2011-mazda-2-body-structure/>>. Luettu 15.1.2012.
- 2 EuroCarBody 2011. 2011. Verkkodokumentti. <<http://blog.daum.net/ykd001/148>>. Luettu 11.11.2011.
- 3 Morello, L. et al. 2009. MECHANICAL ENGINEERING SERIES. The Automotive Body, Vol. 1: Components Design.
- 4 Brown, J.C. et al. 2002. Motor vehicle structures Concepts and fundamentals. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- 5 Happian-Smith, Julian. 2002. An introduction to Modern Vehicle Design. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- 6 Tolazzi, M. 2010. International journal of material forming. Volume 3, Supplement 1.
- 7 Erittäin luja muovattava Litec-teräs: Käsittelyohjeet. 2012. <<http://www.ruukki.fi/Tuotteet-ja-ratkaisut/Terastuotteet/Metallipinnoitetut-terasohutlevyt/Erittain-luja-muovattava-Litec-teras#tab4>>. Luettu 25.4.2012.
- 8 Fysikaaliset ominaisuudet sekä murtolujuus vs. kovuus. 2012. Verkkodokumentti. Rautaruukki Oyj. <<http://www.ruukki.fi/Tuotteet-ja-ratkaisut/Terastuotteet/Layer-pages/Fysikaaliset-ominaisuudet-seka-murtolujuus-vs-kovuus>>. Luettu 20.3.2012.
- 9 Tunturi, Pirjo & Pekka. 1999. Metallien pinnoitteet ja pintakäsittelyt. Tampere: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

# SikaFast-3131 Product Data Sheet

Product Data Sheet  
Version 2 (02 / 2012)

## SikaFast®-3131

Flexible, structural assembly adhesive with short open and medium fixture time

### Technical Product Data

Properties	Component A SikaFast®-3131	Component B SikaFast®-3081 N
Chemical base	2-component methylmethacrylate	
Colour (CQP <sup>1</sup> 001-1)	Straw-coloured	Straw-coloured
Colour mixed	Straw-coloured	
Curing mechanism	Polymerisation	
Density (CQP 006-4)	0.96 kg/l approx.	1.31 kg/l approx.
Density mixed (calculated)	0.99 kg/l approx.	
Mixing ratio	by volume 10 : 1 by weight 10 : 1.3	
Viscosity	Brookfield (Spindle T-E) / 10 RPM	300 Pas approx. / 150 Pas approx.
Application temperature	product 10 - 35°C (50 - 95°F)	
Open time (CQP 526-2)	9 min approx. (see also table 1)	
Fixing time (80% of final strength)	60 min approx. (see also table 1)	
Shore A hardness (CQP 023-1 / ISO 868)	85 approx.	
Shore D hardness	35 approx.	
Tensile strength <sup>2)</sup> (CQP 036-1 / ISO 527)	7 N/mm <sup>2</sup> approx.	
Elongation at break <sup>2)</sup> (CQP 036-1 / ISO 527)	120% approx.	
Tensile lap-shear strength <sup>2)</sup> (CQP 046-8)	8 N/mm <sup>2</sup> approx.	
Glass transition temperature (CQP 509-1 / ISO 6710)	-50°C (-58°F) approx.	
Shelf life and storage <sup>3)</sup> (CQP 016-2)	9 months	9 months

<sup>1)</sup> CQP = Corporate Quality Procedures

<sup>2)</sup> 23°C (73°F) / 50% r.h.

<sup>3)</sup> Stored at temperature below 25°C (77°F) and not exposed to direct sun light

### Description

SikaFast®-3131 is a fast curing, flexible, 2-component adhesive system based on methylmethacrylate (MMA) polymer technology. Uncured SikaFast®-3131 is a thixotropic, non sagging paste which allows an easy and precise application.

SikaFast®-3131 is manufactured in accordance with ISO 9001 / 14001 quality assurance system.

### Product Benefits

- High strength
- Fast setting and curing
- High elongation at break compared with other MMA's
- High ductility
- Good damping properties
- Excellent adhesion to a wide variety of substrates with little or no surface preparation

### Areas of Application

SikaFast®-3131 is a fast curing, flexible adhesive designed to substitute welding, riveting and other mechanical fastening.

SikaFast®-3131 is suitable for high strength fastening of joints on different types of substrates including top coats, metals, and plastics, etc., with no or limited surface preparation.

This product is suitable for professional experienced users only. Test with actual substrates and conditions have to be performed to ensure adhesion and material compatibility.

Industry





### Cure Mechanism

SikaFast®-3131 cures by radical polymerisation. For an ideal curing process it is required to homogeneously mix both components within the defined ratio.

SikaFast®-3131 offers a short open time followed by fast curing. This leads to an optimal relation between application time and fast strength development to allow handling of bonded parts (see table 1). Despite the quick strength build-up premature exposure to stresses must be avoided since this may result in a reduction of mechanical properties and loss of adhesion. Adjustment of the bonded parts is possible only within the open time (see table 1).

Temperature (°C)	Open time (minutes)	Fixing time (minutes)
5	22	280
10	15	185
15	12	110
20	9	60
25	7	40
30	6	35

Table 1: Approximate open- and fixing times for SikaFast®-3131

### Chemical Resistance

SikaFast®-3131 is resistant to many chemicals. For specific information, contact the Technical Service Department of Sika Industry.

### Method of application

#### Substrate preparation

Surfaces must be clean, dry and free from grease, oil and dust. Remove all loose particles or residues by cleaning it thoroughly, for example with an IPA wipe. Due to the diversity of substrates, preliminary tests are necessary.

Advice on specific applications is available from the Technical Service Department of Sika Industry.

### Application

If SikaFast®-3131 is applied in large amounts, excessive heat is generated by the exothermic reaction. To avoid such high temperatures the bond line thickness should not exceed 5 mm. A bond line thickness of less than 0.5 mm is not recommended.

For additional information and support in evaluation of the appropriate application equipment contact the System Engineering Department of Sika Industry.

### Removal

Uncured excess material can best be removed before curing with a dry wipe. From tools and equipment SikaFast®-3131 may be removed with Sika® Remover-208 or a suitable solvent. Once the adhesive is cured it can only be removed mechanically.

Hands and exposed skin should be cleaned immediately using Sika® Handclean Towel or a suitable industrial hand cleaner and water. Do not use solvents!

### Further Information

Copies of the following publications are available on request:

- Material Safety Data Sheets
- General Guidelines for bonding with SikaFast® adhesives

### Packaging Information

Dual cartridge	490 ml
Pail (comp. A)	20 l
Pail (comp. B)	18 l
Drum (comp. A)	169 l
Drum (comp. B)	169 l

### Value Bases

All technical data stated in this Product Data Sheet are based on laboratory tests. Actual measured data may vary due to circumstances beyond our control.

### Health and Safety Information

For information and advice regarding transportation, handling, storage and disposal of chemical products, users shall refer to the actual Material Safety Data Sheets containing physical, ecological, toxicological and other safety-related data.

### Legal Notes

The information, and, in particular, the recommendations relating to the application and end-use of Sika products, are given in good faith based on Sika's current knowledge and experience of the products when properly stored, handled and applied under normal conditions in accordance with Sika's recommendations. In practice, the differences in materials, substrates and actual site conditions are such that no warranty in respect of merchantability or of fitness for a particular purpose, nor any liability arising out of any legal relationship whatsoever, can be inferred either from this information, or from any written recommendations, or from any other advice offered. The user of the product must test the product's suitability for the intended application and purpose. Sika reserves the right to change the properties of its products. The proprietary rights of third parties must be observed. All orders are accepted subject to our current terms of sale and delivery. Users must always refer to the most recent issue of the local Product Data Sheet for the product concerned, copies of which will be supplied on request.



Further information available at:  
[www.sika.ch](http://www.sika.ch)  
[www.sika.com](http://www.sika.com)

Sika Schweiz AG  
Business Unit Industry  
Tüfenwies 16  
CH-8048 Zurich  
Switzerland  
Tel. +41 58 436 40 40  
Fax +41 58 436 55 30

