

**M1 KATEGORİSİ ELEKTRİKLİ SPOR ARAÇ İÇİN YENİ
BİR ŞASİ TASARIMI VE ÜRETİMİ**

**DESIGN AND MANUFACTURING OF A NEW CHASSIS
FOR M1 CATEGORY ELECTRIC SPORT VEHICLE**

NAHİT BABAARSLAN

Doç. Dr. ENGİN TANIK

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak hazırlanmıştır.

2014

NAHİT BABAARSLAN' ın hazırladığı “**M1 KATEGORİSİ ELEKTRİKLİ SPOR ARAÇ İÇİN YENİ BİR ŞASİ TASARIMI VE ÜRETİMİ**” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'** nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Selçuk HİMMETOĞLU

Başkan (Üye)

.....

Doç. Dr. Engin TANIK

Danışman (Üye)

.....

Doç. Dr. Yiğit KARPAT

Üye

.....

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Fatma SEVİN DÜZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Aileme ithafen...

ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içerisindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir iftira yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

13/06/2014

NAHİT BABAARSLAN

ÖZET

M1 KATEGORİSİ ELEKTRİKLİ SPOR ARAÇ İÇİN YENİ BİR ŞASI TASARIMI VE ÜRETİMİ

Nahit BABAARSLAN

Yüksek Lisans, Makine Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Engin TANIK

Haziran 2014, 170 Sayfa

Elektrikli araçlar, hareket enerjisini doğrudan ya da dolaylı olarak elektrik enerjisinden alan taşıt türüdür. Temel felsefesi “Temiz Enerji” olan ve gelecek yıllarda daha da çok öneme sahip olacak olan bu araçlar farklı bir tasarım felsefesi ve bakış açısı gerektirir. Otomobil tasarımı anlamında geride kalmış ülkemizin, bu alanda dünyada söz sahibi olabilmesi adına geleceğe yönelik yapacağı yatırımlar ve bu yatırımları hangi doğrultuda yapacağı önem teşkil etmektedir. Bu tez çalışmasında; detaylı bir literatür taraması ile elde edilen bilgiler ışığında, M1 sınıfı spor bir elektrikli otomobil için özgün bir şasi tasarımı ve üretimi ele alınmıştır. Tasarım süreci ile eş zamanlı yürütülen çeşitli analiz ve testler sayesinde gerekli optimizasyonlar yapılarak tasarım süreci tamamlanmıştır. Yine özgün bir tasarım ile elde edilen çeşitli fikstürler yardımı ile seri üretime yönelik prototip şasileri üretilmiştir. Bu şasilerin gerekli üretim kontrolleri de yapılarak dünya standartlarına uygun, hatasız bir üretim yapılabildiği görülmüştür. Bu çalışma, gerek yerlilik, gerekse yoğun mühendislik ve Ar-Ge faaliyetleri ile ülkemizde benzeri olmayan bir çalışmadır. Çalışmaların tamamı Hacettepe Üniversitesi Beytepe kampüs sınırları içerisinde yer alan EVT Motor Otomotiv San. ve Tic. A.Ş. bünyesinde yapılmıştır. Elektrikli araç felsefesine uygun, düşük ağırlıkta, gereken sağlamlık ve rijitliğe sahip olan bu şasi üzerinde, yine özgün tasarım ve mühendisliğe sahip yürüyen aksam, süspansiyon sistemi, fren ve direksiyon sistemleri tasarlanmıştır. Tasarım ve üretimi yapılan bu ekipmanlar ile beraber elektrik aksamı ve motor-batarya sistemi montajı yapılmış olup iç-dış tasarım, üretim ve Ar-Ge faaliyetleri devam etmektedir.

Anahtar Kelimeler: elektrikli araçlar, tasarım, şasi, alüminyum alaşım, alüminyum ekstrüzyon, ANSYS, simülasyon, fikstür, modülerlik, üretim, montaj, prototip, Ar-Ge.

ABSTRACT

DESIGN AND MANUFACTURING OF A NEW CHASSIS FOR M1 CATEGORY ELECTRIC SPORT VEHICLE

Nahit BABAARSLAN

Master of Science, Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Engin TANIK

June 2014, 170 Page

Electric vehicles are vehicles that gain its kinetic energy directly or indirectly from electrical energy. With its main philosophy of “Clean Energy” and increasing importance in foreseeable future, these vehicles require a different design philosophy and perspective. For our country which fell behind in the automobile design industry, investments for future and their directions are essential to have a voice in the sector. In this thesis, a novel chassis for an M1 category sport electric vehicle have been designed and manufactured in the light of the information gathered from a detailed literature survey. Design process is completed by optimizations under favour of various analyses and tests performed synchronically with design. Prototype chassis for mass production have been manufactured with the help of various chassis fixtures which are also designed with novelty. Also production control of these chassis has been done, and it is observed that the production can be made in world standards and without faults. This thesis is an unexampled work for our country in terms of domesticity, intense engineering and R&D activities. All of the studies have been done in EVT Motor Otomotiv San. Tic. A.Ş. located in Hacettepe University Beytepe Campus. Novel drivetrain, suspension, braking and steering systems are designed and engineered in line with this chassis, which ensures required strength and rigidity and is lightweight and compliant to electric vehicle philosophy. Along with these designed and manufactured components, electrical cabling, motor and batteries have been assembled, in addition to them interior and exterior design, production and R&D activities are currently continuing.

Keywords: electric vehicles, design, chassis, aluminum alloy, aluminum extrusion, ANSYS, simulation, fixture, modularity, manufacturing, assembly, prototype, R&D.

TEŞEKKÜR

Tez alıőmamın, yüksek lisansımın her aşamasında yakın ilgi ve desteğini grdğim; alıőmalarımın yönlendirilmesi ve sonuçlandırılmasında büyük emeği geçen tez danıőmanım sayın Doç. Dr. Engin TANIK' a, proje ve ekip liderlerimden sayın Doç. Dr. Volkan PARLAKTAŐ' a, bütün sonlu elemanlar analizlerini gerçekleőtiren ve tez çalıőmamda büyük emeği olan iş arkadaőım Göktuğ Burak ÇALIK ve Makina Mühendisliği Bölüm Baőkanımız sayın Prof. Dr. Bora YILDIRIM' a, ihtiyaç duyduğum her anımda desteğini esirgemeyen aileme, iş ve eğitim hayatımın her aşamasında akıl hocam olan babam Prof. Dr. Osman BABAARSLAN' a, destek ve motivasyonları sebebiyle iş arkadaőlarım Raőt KAKAKUŐ, Turan SOYZEN' e içtenlikle teőekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

| | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| ÖZET | İ |
| ABSTRACT..... | İİ |
| TEŞEKKÜR..... | İİİ |
| İÇİNDEKİLER | İV |
| SİMGELER VE KISALTMALAR | Vİİİ |
| 1.GİRİŞ | 1 |
| 1.1 Amaç | 1 |
| 1.2 Elektrikli Araçların Tarihçesi | 3 |
| 1.3 Elektrikli Araç Felsefesi | 5 |
| 1.4 Binek Araçlarda Kullanılan Şasi Tipleri..... | 8 |
| 1.5 Binek Araç Şasilerinde Kullanılan Malzeme Türleri | 13 |
| 1.6 Alüminyum Alaşımlar | 15 |
| 1.6.1 Ürünler ve Kullanım Alanları | 17 |
| 1.6.1.1 Alüminyum Paneller, Levhalar | 17 |
| 1.6.1.2 Alüminyum Ekstrüzyonlar | 17 |
| Ekstrüzyon Prosesi | 20 |
| Ekstrüzyon Kalıp ve Presleri | 21 |
| Ekstrüzyon Geometri Standartları | 23 |
| 1.6.1.3 Alüminyum Döküm..... | 25 |
| 1.6.2 Alüminyum Alaşım Eloksal Prosesi | 25 |
| 1.6.3 Alüminyum Alaşım Temperleme Prosesi | 27 |
| 1.6.4 Alüminyum Büküm..... | 28 |
| 1.6.5 Alüminyum Alaşımının Sağladığı Avantajlar..... | 31 |
| 1.6.6 Alüminyum Türkiye Potansiyeli | 32 |
| 1.7 Şasi Üretim Felsefesi ve Montaj Metodları | 33 |
| 1.7.1 Şasi Montaj Metodları..... | 35 |
| 1.7.1.1 Alüminyum Kaynak | 35 |
| 1.7.1.2 Yapıştırma | 37 |
| 1.7.1.3 Civatalama ve Perçinleme | 39 |
| 2.EVT S1 ŞASİ TASARIMI | 42 |
| 2.1 Konsept Çalışması | 42 |

| | |
|--|----|
| 2.2 Boyutlar Ölçülendirme ve Geometri Tasarımı | 43 |
| 2.3 Alüminyum Malzeme ve Ürün Seçimi | 44 |
| 2.4 EVT Şasi Profil Geometrileri ve Tedarik | 46 |
| 2.4.1 Üretici Firmalar | 46 |
| 2.4.2 Katalog Profil Kullanımları..... | 47 |
| 2.4.3 Yeni Tasarım Ekstrüzyon Kullanımı | 48 |
| 2.4.4 Düzlemsel Şasi Parçaları | 51 |
| 2.5 EVT Modüler Şasi Tasarımı | 52 |
| 2.5.1 Ana Şasi Yapısı | 55 |
| 2.5.1.1 Küvet Modül Tasarımı | 56 |
| 2.5.1.2 Ön Travers Modül Tasarımı | 59 |
| 2.5.1.3 Arka Travers Modül Tasarımı | 62 |
| 2.5.2 Şasi Kabin Kafes Yapısı..... | 66 |
| 2.5.2.1 Geometri Tasarımı..... | 67 |
| 2.5.2.2 Malzeme Seçimi | 68 |
| 2.5.3 Sürücü ve Yolcu Ergonomisi | 71 |
| 2.5.3.1 Sürücü Konumu ve Sürüş Pozisyonu | 71 |
| 2.5.3.2 Batarya Konfigürasyonu..... | 73 |
| 2.5.3.3 Pedal ve Direksiyon Yerleşimi | 74 |
| 2.5.3.4 EVT S1 İç Model..... | 76 |
| 2.5.4 Şasi Taban Tasarımı | 77 |
| 2.6 Tasarım Sürecinde Etkili Olan Parametreler | 79 |
| 2.6.1 Gövde Tasarımı | 79 |
| 2.6.2 Ekipman Konumlandırması | 80 |
| 2.7 Montaj Metodolojisi | 81 |
| 2.7.1 Şasi Montaj Bölgeleri ve Montaj Yapısı | 81 |
| 2.7.1.2 Kaynak Prosesi | 81 |
| 2.7.1.2 Yapıştırıcı Prosesi..... | 82 |
| 2.7.1.3 Cıvatalama Prosesi | 83 |
| 3. SONLU ELEMANLAR ANALİZLERİ VE TEST SÜRECİ..... | 84 |
| 3.1 Burulma Analizi..... | 84 |
| 3.1.1 Çalışmanın Amacı..... | 87 |
| 3.1.2 Ansys Workbench Analiz Uygulamaları | 87 |
| 3.2 Şasi-Süspansiyon Analizi | 90 |

| | |
|--|-----|
| 3.2.1 Önden Yükleme Koşulları..... | 90 |
| 3.2.2 Önden Yükleme Koşulları..... | 92 |
| 3.3 Çarpışma Simülasyonları..... | 93 |
| 3.3.1 Önden Çarpışma Simülasyonu..... | 95 |
| 3.3.2 Arkadan Çarpışma Simülasyonu..... | 97 |
| 3.3.3 Takla Simülasyonu..... | 98 |
| 3.4 Koltuk Bağlantı Analizi..... | 101 |
| 3.5 Şasi Taban Analizi..... | 104 |
| 3.6 Gerçekleştirilen Fiziksel Testler..... | 105 |
| 4. FİKSTÜR TASARIMI VE ÜRETİMİ..... | 109 |
| 4.1 Fikstür Amacı ve Şasi Üretim Hassasiyeti..... | 109 |
| 4.2 Özgün Fikstür Tasarımı..... | 111 |
| 4.2.1 Fikstür Platform Tasarımı ve Malzeme Seçimi..... | 111 |
| 4.2.2 Travers Aparat Tasarımları..... | 114 |
| 4.2.3 Platform Taşıyıcı İskelet Tasarımı..... | 115 |
| 4.2.4 Şasi Kafes Fikstür Tasarımı..... | 116 |
| 4.3 Fikstür Üretimi..... | 117 |
| 4.3.1 Platform Üretimi ve Kontrolü..... | 117 |
| 4.3.2 Travers Aparatlarının Üretimi ve Kontrolü..... | 120 |
| 4.3.3 Taşıyıcı İskelet Üretimi..... | 122 |
| 4.3.4 Kafes Fikstür Üretimi..... | 123 |
| 4.4 Fikstür Montajı ve Üretime Hazırlık..... | 124 |
| 5. EVT S1 ŞASI ÜRETİMİ..... | 125 |
| 5.1 Üretim Hazırlık Süreci..... | 125 |
| 5.1.1 Şasi Parça Listesi ve Kodlama..... | 126 |
| 5.1.2 Kaynak Modellemesi ve Kaynak Hazırlığı..... | 129 |
| 5.1.3 Profil Kesimleri..... | 130 |
| 5.1.4 Profil Bükümleri..... | 132 |
| 5.1.5 İşlem Sırası ve Planlama..... | 134 |
| 5.2 Taşıyıcı Ana Şasi Üretimi..... | 136 |
| 5.2.1 Yapıştırma İşlemi..... | 136 |
| 5.2.2 Ön ve Arka Travers Üretimi..... | 138 |
| 5.2.3 Küvet Modül Üretimi..... | 141 |
| 5.3 Kabin Kafes Üretimi ve Son Aşamalar..... | 143 |

| | |
|---|-----|
| 5.3.1 B sütunu Üretimi ve Montajı..... | 143 |
| 5.3.2 Fikstürden Ayırma Aşaması..... | 145 |
| 5.3.3 Taşıyıcı İskelet Montajı..... | 145 |
| 5.3.4 A Sütunları Üretimi..... | 146 |
| 5.3.5 Kabin Kafes Üretimi | 147 |
| 5.3.6 Taban Montajı | 149 |
| 5.4 Şasi Üretim Kontrolü | 151 |
| 5.5 Final Montaj..... | 153 |
| 5.5.1 Süspansiyon Sistemlerinin Montajı..... | 153 |
| 5.5.2 Koltukların Montajı..... | 154 |
| 5.5.3 Direksiyon Sisteminin Montajı | 154 |
| 5.5.4 Fren Sistemi Montajı..... | 155 |
| 5.5.5 Motor, Kontrolcü ve Aktarma Montajı | 156 |
| 5.5.6 Batarya Elektronik Montajı..... | 157 |
| SONUÇLAR..... | 159 |
| KAYNAKLAR | 161 |
| ÖZGEÇMİŞ | 163 |

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

| | | |
|--------|---|-----------------------|
| T | : | Tork |
| F | : | Kuvvet |
| K_c | : | Burulma Direnci |
| Φ | : | Açısal yer değiştirme |
| V | : | Yer değiştirme |
| m | : | Kütle |
| M | : | Moment |
| a | : | İvme |

Kısaltmalar

| | | |
|-------|---|--|
| yy | : | yüzyıl |
| Ar-Ge | : | Araştırma - Geliştirme |
| RR | : | Rolls Royce |
| ASTM | : | American Society for Testing and Materials |
| mm | : | Milimetre |
| Nm | : | Newton Metre |
| kN | : | Kilo Newton |
| deg | : | Degree |
| CAD | : | Computer Aided Design |
| CMM | : | Computational Measuring Machine |
| FMVSS | : | Federal Motor Vehicle Safety Standards |
| SWR | : | Strength to Weight Ratio |
| CNC | : | Computer Numeric Control |

1.GİRİŞ

Artan fosil yakıt fiyatları ve katı emisyon standartlarına bağı olarak elektrikli araçlar günden güne önem kazanmaktadır. Birçok kuruluş hafif elektrikli araç prototipleri üzerinde çalışmalar yapmakta ve üretime geçmiş durumdadır. Fakat bu araçların maliyetleri genelde çok yüksek olmaktadır. Kullanılan şasi malzemesi ve aracın aksamaları başta olmak üzere birçok parametre bu maliyet farkını doğurmaktadır. Bu sebeple, üretici firmalar, genel kullanıma yönelik seri üretim araçlar ile düşük maliyet çizgisini yakalamak ya da özel kullanıma yönelik yüksek maliyetli ve yüksek satış fiyatlarında egzotik spor araçlar ile marka imajını oluşturmak arasında seçim yapmak durumundadır.

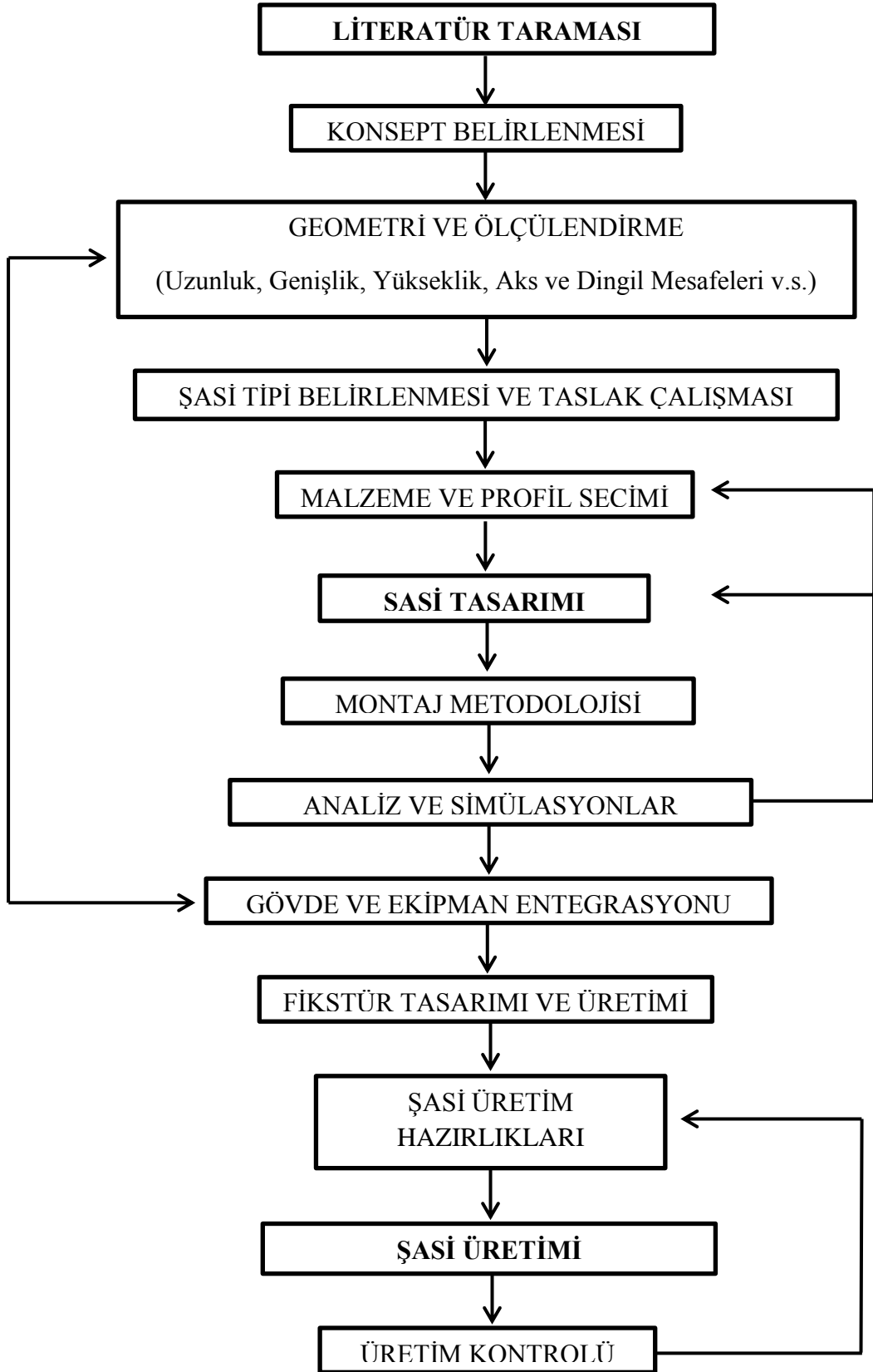
Üretim metotları ve üretim adedi önemli parametrelerdir ve üretilecek olan konseptte göre oluşur. Üretim adedi göz önünde bulundurulduğunda şasi yapısı ve montaj metotları değişmekle birlikte bu aracın tasarım ve üretim aşamalarını üstlenecek ekip ve ekipman yapısı da çok büyük değişkenlik gösterir. Eğer firma olarak otomotiv sektöründe yeni iseniz, marka değeri oluşturmak adına üretim kolaylığı sağlayan modüler şasi tasarımına sahip dikkat çekebilecek spor bir araç üzerinde çalışmanız doğru bir tercih olacaktır. Çünkü ön plana çıkamayacak standart bir araç konsepti ile yüzyılı aşkın tecrübeye sahip köklü markalara karşı piyasada rekabet etmeniz mümkün olmayacaktır.

Bu tezde elektrikli araç trendine ve gereksinimlerine uygun olarak, çekirdek bir Ar-Ge ekibiyle üzerinde çalışılan yerli elektrikli spor aracın, yenilikçi ve özgün şasi tasarımı ve üretimi ele alınmıştır.

1.1 Amaç

Bu tezde amaç, belirlenen spor araç konseptine uygun, hafif, sağlam bir şasi tasarımı yapmak, bu tasarımı üretmek ve üretilen bu şasinin seri üretime uygun, kolay üretilebilir olmasını sağlamaktır. Konseptin spor araç olmasına karşın maliyet faktörü üzerinde gerekli optimizasyonlar da yapılmıştır.

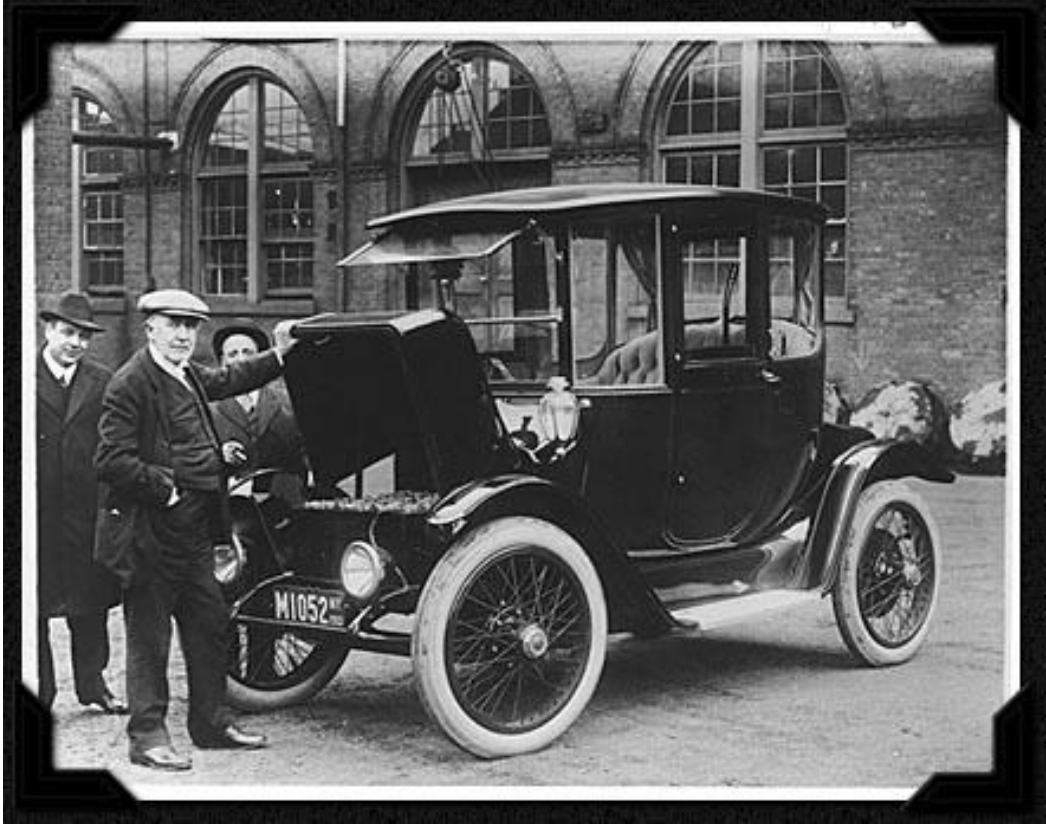
Tez süresince, tasarım, analiz ve üretim aşamaları yer alacak ve bu aşamalar detaylı anlatılacaktır. Ayrıca bu aşamaların her birinde süreci etkileyen parametreler üzerinde de durulacaktır. Bu aşamalar Şekil1.1 'de görülen akış şeması ile özetlenmiştir.



Şekil 1.1 Tez akış şeması

1.2 Elektrikli Araçların Tarihçesi

Elektrikli araçlar 19.yy'ın ortalarında ve 20.yy'ın başlarında oldukça popüler olmuştur. Elektrikli otomobiller konforu ve kullanım kolaylığı ile fosil yakıtlı otomobillere göre daha üstündü. İçten yanmalı motor teknolojisindeki ilerlemeler bu üstünlüğü tartışılabilir hale getirdi. Fosil yakıtlı otomobillerin geniş çeşitliliği, daha hızlı bir şekilde enerji yüklenebilmesi, gelişen petrol altyapısı, Ford Motor şirketi gibi şirketlerin seri petrolü araç üretimi ve bu seri üretim sonucu petrolü otomobillerin elektrikli otomobiller ile aynı fiyata gelmesine hatta daha ucuz olmasına sebep oldu. Bu gelişmeler 1930'larda elektrikli otomobillerin ABD piyasasından silinmesine sebep oldu. Bununla birlikte, son yıllarda, petrolü otomobillerin çevresel etkileri hakkındaki endişeler, yüksek benzin fiyatları, batarya teknolojisindeki gelişmeler ve petrol fiyatının yükselme ihtimali elektrikli otomobillere yeniden bir ilgi doğmasına yol açtı. 1990'lardaki başarısız bir ortaya çıkma girişiminden sonra bu yeni elektrikli otomobiller daha çevre dostu oldu ve ilk satın alma masraflarına rağmen çalıştırılması ve kullanımının daha ucuz olduğu görüldü [1].



Şekil 1.2 Thomas Edison ve Detroit Elektrik Arabası 1913 [1].

1896 yılına kadar süre gelen şarj etme altyapısındaki eksikliği aşmak için getirilen çözümlerden biri değiştirilebilir batarya hizmeti Hartfor Electric Light Company tarafından elektrikli kamyonlar için ilk defa uygulamaya konuldu. Araç sahibi aracını bataryasız olarak General Electric Şirketinden satın alıyordu ve elektriği de Hartfor Electric'ten değiştirilebilir bataryalar vasıtasıyla satın alıyordu. Araç sahibi değişken bir mil başına şarj ücreti ve kamyon depolama ve bakımını kapsayan aylık bir hizmet ücreti ödüyordu. Hizmet, 1910 ile 1924 yılları arasında 6 milyon milden fazla bir ulaşımı kullanıcılara sunmuştu. 1917'nin başlarında benzer bir hizmet olarak Chicago'da Milburn Light Electric otomobilleri sahipleri için bataryasız araç satın alma seçenekleri mevcuttu [2].

Elektrikli otomobiller içten yanmalı motorlarla karşılaştırıldığında daha yavaş olmasına rağmen, 1900'lerin başlarında bazı avantajlarından dolayı tercih edilmekteydi. Fosil yakıtlı otomobillerde bulunan sarsıntı, koku ve gürültü gibi olumsuz yönler elektrikli otomobillerde yoktu. Elektrikli otomobillerin fosil yakıtlı otomobillerde sürme esnasında en büyük problem olan vites değiştirme gibi bir problemi yoktu. Elektrikli otomobiller zenginlerin şehir içi ulaşımında uzun menzilin gerekmeyeceği şekilde bir kullanımda tercih edilmişti. Fosil yakıtlı otomobillerin bir diğer dezavantajı ise motoru çalıştırmak için elle kurulan bir kola gereksinim duymasıydı, kolun kurulması için fiziksel olarak bir çaba harcamak gerekiyordu. Elektrikli otomobiller bu sebeplerden bayanlar için de kullanım kolaylığı sağlamaktaydı. 1970'lerdeki ve 80'lerdeki enerji krizleri, hidrokarbon(petrol) enerji piyasasındaki dalgalanmalardan bağımsız olması sebebiyle elektrikli otomobillere olan ilgi tekrar yenilendi. 1990'ların başlarında, CARB (California Air Resources Board) yakıt verimli, daha az emisyonlu araçlara; asıl amaç olarak sıfır emisyonlu örneğin elektrikli araçlar gibi, araçlara geçişi öngören bir çalışma başlattı [2].

Türkiye'de ilk elektrikli otomobil II. Abdülhamit tarafından İngiltere'de Messrs Immisch & Co şirketine 1888 yılında sipariş edildi. Şirketin mühendisleri Magnus Volk ve Moritz Immisch'in özel olarak hazırladıkları bu otomobil ön kısmında tek bir büyük teker yerine birbirine yakın iki küçük tekere sahipti, Immisch tarafından patenti alınan 20 Amper 48 Volt 1 beygirlik motoru vardı. Abdülhamit Han bu otomobilden çok memnun kalmıştı ve bu iki mühendisi ödüllendirmişti, bu sayede mühendisler uluslararası bir üne kavuşmuşlardı. Sultan için hazırlanan bu otomobil o zamanın teknik dergilerinde de görülebilmektedir [3].

1.3 Elektrikli Araç Felsefesi

Elektrikli araçlar için en önemli amaç; içten yanmalı motorlu araçlardaki muadilleri ile kıyaslandığında geliştirme, üretim ve kullanım masrafları arasındaki eşitsizliği gidermektir. Elektrikli otomobillerin satın alma fiyatları sıradan içten yanmalı motorlu otomobillerin fiyatlarından oldukça pahalıdır, hatta çeşitli ülkelerdeki elektrikli otomobil için devlet teşviklerine rağmen durum değişmemektedir. Yüksek fiyatın temel sebebi enerji depolama üniteleri yani bataryalarıdır. Yüksek satın alma fiyatı petrolü otomobillerden elektrikli otomobillere geçişi engellemektedir.

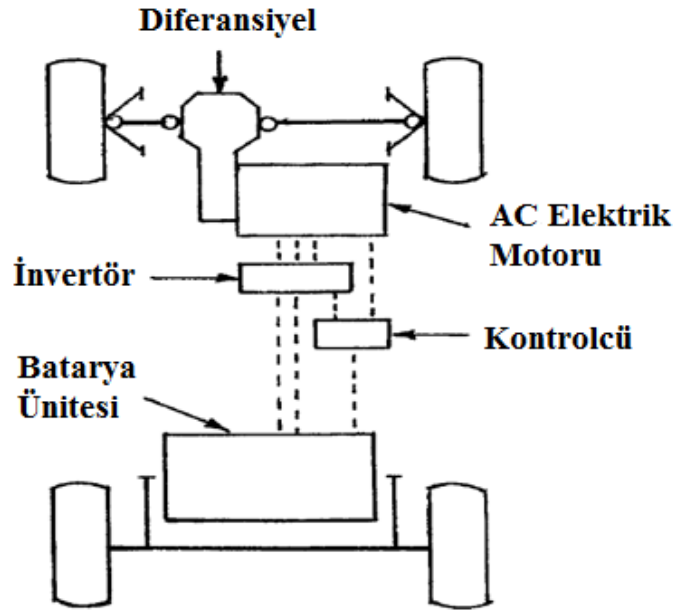
Elektrikli bir otomobilin çalışma masraflarının çoğu batarya bakımı ve olası yerleşimiyle ilgilidir çünkü elektrikli bir aracın motorunda az sayıda hareketli parça varken, benzinli bir aracın içten yanmalı motorunda yüzlerce parça bulunur. Elektrikli otomobiller değiştirilmesi gereken pahalı bataryalara sahiptirler fakat bunun dışında özellikle yaygın lityum bazlı tasarımlarda çok düşük bakım masrafları bulunmaktadır.

İçten yanmalı motorlu araçların çoğu sınırsız menzile sahip olduğu değerlendirilmesi yapılır ve çok kısa bir sürede neredeyse çok yaygın bir şekilde bulunan benzin istasyonlarından depolarını doldururlar. Elektrikli araçlar tek şarj ile daha az bir menzile sahiptir ve şarj süresi uzun bir zaman alabilmektedir. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda, depolanmış enerjinin verimli kullanımı ve enerjinin verimli kullanımında, aracın ağırlığı, aerodinamik yapısı, kullanılan motor ve batarya teknolojisi gibi ana etkenler çok önemli rol oynar [4].



Şekil 1.3 Şarj edilen bir Tesla Roadster

Ağırlık, elektrikli araçlarda en belirleyici faktörlerden biridir. İçten yanmalı motorlardan farklı olarak elektrikli araçlarda hız ve menzil ağırlığa bağlı daha çok değişmektedir. Motor, batarya ve diğer ekipmanlar üzerinde ağırlık optimizasyonu sınırlıdır bu sebeple şasi tasarım esnasında ağırlık en önemli tasarım parametresi olacaktır bunun yanında araç güvenliği de hesaba katıldığında hafiflik ve sağlamlığın beraber sağlanması ana hedef olacaktır. Günümüzde, mevcut içten yanmalı motordan direkt olarak dönüşüm yapılmış elektrikli araçlarda şasi ağırlığı göz ardı edilirken saf elektrikli araçlarda şasi konusunda ciddi çalışmalar yapılmaktadır [5].

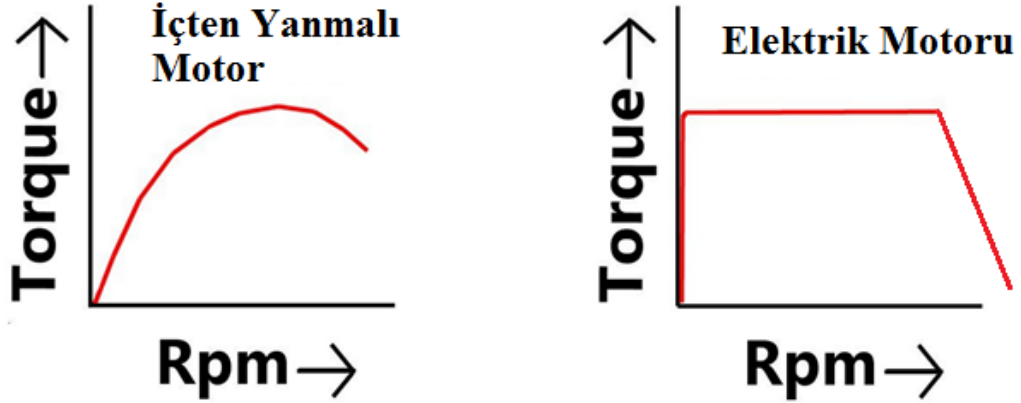


Şekil 1.4 Basitleştirilmiş saf elektrikli araç yapısı

Saf elektrikli araçlar, hareket enerjisini doğrudan depolanmış elektrik enerjisinden alır ve bu araçlar, şekil 1.4'te görüleceği üzere batarya modülü, elektrik motoru ve sistem kontrolcüsü olmak üzere 3 temel ünitelerden oluşur. Bu ünitelerin araçtaki yerleşimi, aracın önden çekişli ya da arkadan itişli olmasına göre değişiklik gösterir.

Batarya modülü aracın en ağır ekipmanı olduğu için yerleşimi yapılırken, aracın ağırlık dağılımı, ağırlık merkezinin konumu ve olası kaza durumlarında aracın davranışı göz önünde bulundurulur. Motor yerleşiminde ise bazı özel durumlarda teker içi motor kullanılabilir. Bu çeşit bir yerleşim saf elektrikli araçlarda pek tercih edilmeyip genelde hibrid araçlarda kullanılan bir yerleşimdir.

Elektirikli araçlarda, ideal olarak belirlenmiş tek bir dişli oranı kullanılır. İçten yanmalı motora sahip araçlarda değişken tork ve güç grafiğine bağlı olarak ideal güç ve tork değerini elde etmek için değişken dişli oranı kullanılır. Bu sebeple hızlanma anında devir kayıpları gerçekleşir fakat tam aksine elektirikli araçlarda motor devrinden bağımsız olarak sabit bir tork eğrisi elde edileceği için ideal bir devir aralığı yakalamaya ihtiyaç duyulmaz.

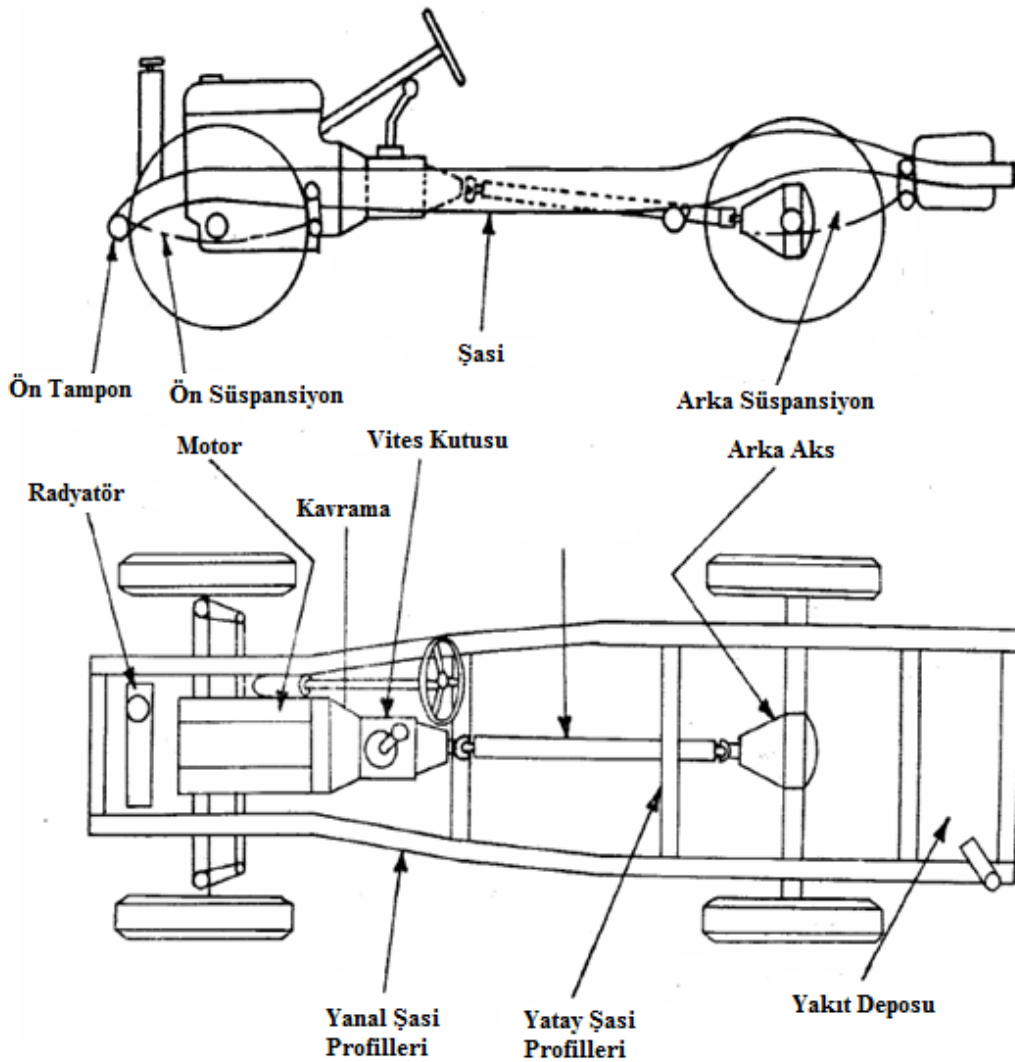


Şekil 1.5 İçten yanmalı ve elektirik motorunun Tork-Devir eğrisi

Şekil 1.5’ de görüleceği üzere elektirikli araçlarda belirli bir devir aralığında tork, motor devrinden bağımsızdır. İçten yanmalı motorlar için ise tork motor devrine bağlıdır. İçten yanmalı motorlar nispeten yerleşik yakıt enerjisini itme gücüne dönüştürürken verimsizdirler, enerjinin çoğu ısı olarak harcanmaktadır. Diğer taraftan, elektirikli motorlar depolanmış enerjiyi aracı sürme gücüne dönüştürürken çok daha verimlidir. Elektirik tahrikli araçlar hareketsizken veya motora güç uygulanmadığında enerji harcamazlar. Frenleme esnasında bir miktar enerji kaybedilir ve yeniden üretimli frenleme (regenerative braking) sayesinde yeniden kullanılabilir. Yeniden üretimli frenleme, frenleme esnasında kaybedilen enerjinin beşte biri kadarını tutar. Tipik olarak, sıradan benzinli motorlar aracı hareket ettirmek için veya güç aksesuarları için yakıt enerjisinin sadece %20 kadarını etkin bir şekilde kullanır. Dizel motorlar %30 civarı bir verimliliğe sahipken, elektirik motorlu araçlar %80 ve üzeri civarı bir verimliliğe sahip olabilmektedir [6].

1.4 Binek Araçlarda Kullanılan Şasi Tipleri

Öncelikle bir aracın en temel yapısını ifade etmek için kullanılan bir terimdir ve literatürde “chassis frame” olarak adlandırılır. Şasi bir aracın ana iskeletidir, başka bir deyişle bir aracın gövdesiz çıplak hali şasi olarak adlandırılır. Bir aracın parçaları örneğin; güç kaynağı, aksları, tekerlekleri, süspansiyon sistemi, kontrol sistemleri, direksiyon sistemi ve ayrıca elektriksel ekipmanları tümü ile şasiye bağlıdır. Başka bir deyişle şasi aracın bütün sistemlerinin bağlandığı taşıma ünitesidir. Bu sebeple otomobil şasisinin tasarımı genel mekanik tasarımın en kritik kısmıdır.



Şekil 1.6 Basit Şasi Gösterimi ve Temel Bileşenleri [7].

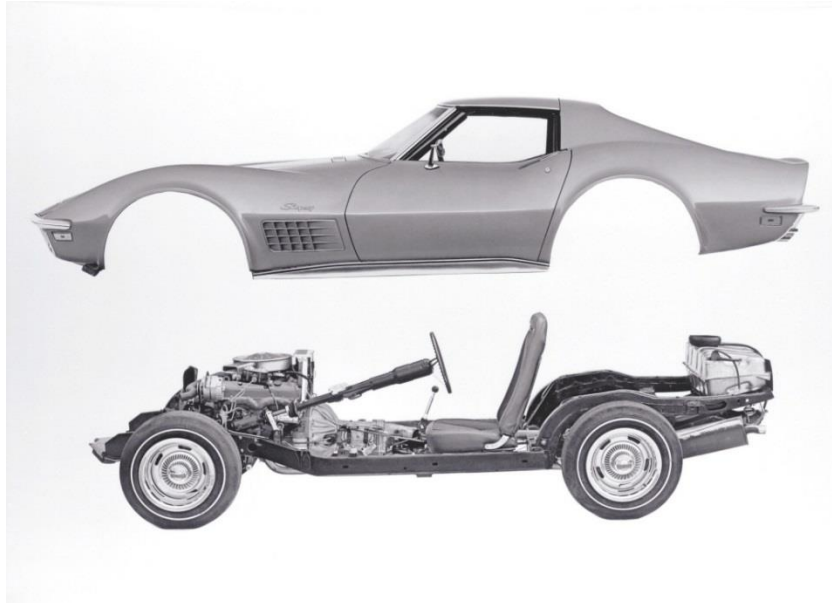
Şasi Gereksinimleri;

- Hafif olmalı.
- Minimum sayıda parçadan oluşmalı.
- Yolcu ve bagaja yeterli hacim sağlamalı.
- Hareket esnasında titreşimlere dayanım sağlamalı.
- Rijit ve kazalara karşı güvenli olmalı.
- Düşük maliyetli ve üretimi kolay olmalı.
- Statik ve dinamik yükleri homojen dağıtmalı.
- Uzun yorulma ömrüne sahip olmalı [7].

Literatürde kullanılan şasi tipleri şunlardır;

Ladder Frame Şasi

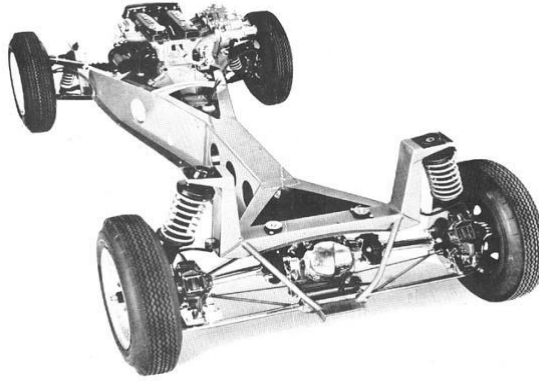
Ayrı bir gövdenin, yürüyen aksamı taşıyan 2 boyutlu sabit bir yapı üzerine oturtulması ile elde edilen şasi tipidir ve hala günümüzde kullanılmaktadır. Geçmişte bu sabit yapılar tahtadan yapılırken 1930’lardan itibaren çelik kullanılmaya başlanmıştır. Teknik ve teknolojik olarak yetersiz olmaları sebebiyle kamyon, otobüs ve ağır vasıtalar dışında günümüz modern araçlarda pek tercih edilmemektedir.



Şekil 1.7 Chevrolet Corvette ladder frame şasi tipi

Backbone Şasi

Ladder frame şasi tipine çok benzer bir tiptir, farklı olarak 2 boyutlu sabit yapı yerine genellikle dikdörtgen kesitli güçlü tüplerden oluşan bir yapı kullanılır. Bu yapılar aracın hareket eksenini boyunca doğrusal olmak yerine orta kısımda çaprazlanarak kemik benzeri bir yapı oluşturur. Bu yapı ön ve arka süspansiyon alanlarını birbirine bağlar. Gövde ise bu yapının üzerine oturtulur. Bu şasi tipi de ladder frame şasiye benzer olarak günümüz modern araçlarda tercih edilmemektedir.



Şekil 1.8 Backbone şasi tipi

Monocoque Şasi (Unibody)

Diğer şasi yapılarından farklı olarak bu şasi tipi dış yüzeylerin de yapısal yükü taşıdığı bir tasarımdır. Başka bir deyişle yaşam alanı yani gövde ve şasi bir bütün olarak elde edilir. Günümüzde genellikle sağlamlığı açısından spor araçlarda kullanılan bu şasi, malzeme alanındaki gelişmeler ile gelecekte daha sık kullanılacaktır.



Şekil 1.9 Lamborghini Aventador monocoque şasi tipi

Space Frame Şasi

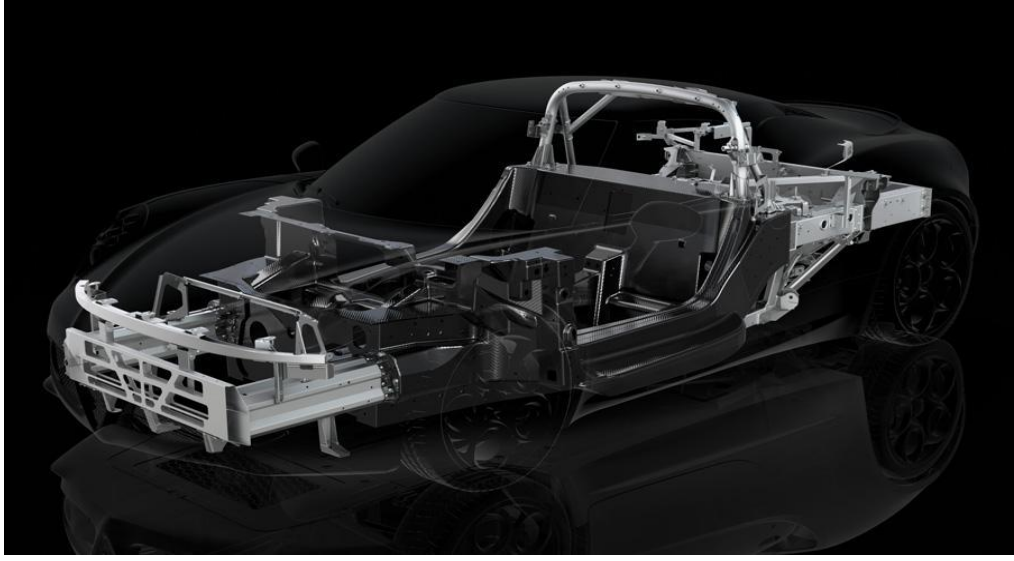
Bu şase tipinde genelde her yönde aynı mukavemet göstermesi nedeniyle dairesel kesitli profiller kullanılır. Bu profiller kaynak yardımı ile kompleks bir şekilde birbirine bağlanarak kafes benzeri bir yapı oluşturulur. Günümüzde gelişen üretim teknolojileri sayesinde, bu şasi tipinde montaj kolaylığı sağlayan dikdörtgen kesitli profiller yada pres ile elde edilen geometriler kullanılmaktadır. Bu şasi tipi her yönde yüksek mukavemet sağlamakla birlikte üretimi maliyetli ve zahmetlidir. Boru profil kafes yapısı dışındaki space frame şasi tipleri ekipman gereksinimleri sebebi ile çok adetli seri üretime uygundur.



Şekil 1.10 Audi R8 Space Frame şasi tipi

Küvet Tipi Şasi (Tub Chassis)

Backbone ve ladder frame şasi tipine benzer bir tip olmasının yanında günümüz modern tasarım ve üretim felsefesine uygun olarak üretilen bir şasi tipidir. Bu tasarımda sürücü ve yolculara küvet diye tabir edilebilecek bir yaşam alanı sağlanarak bu ana kısma ek olarak aracın yürüten aksamını taşıyan ön ve arka bağlantılar montaj edilerek aracın ana iskeleti elde edilmiş olur. Genellikle bu şasi tipinde alüminyum alaşımlar ya da karbonfiber gibi malzemeler kullanılır. Yapı olarak üretim kolaylığı sağlayan bu şasi tipi, düşük adetli üretimler için uygundur [7].



Şekil1.11 Alfa Romeo 4C tub tipi şasi

Bu şasi tipi, aracın kabin yapısı yada süspansiyon sistemlerinin bağlandığı bölümlerin tasarımına bağlı olarak diğer şasi tiplerinden biri olarak ta adlandırılabilir. Şekil 1.11’de Alfa Romeo 4C modelinde görüleceği üzere sürücü ve yolcu için belirlenen ve karbonfiberden imal edilmiş bir küvet tasarımı, alüminyum arka travers modülü, ön tampon elemanları ve çelik takla barı ile desteklenerek, modüler küvet tipi bir şasi elde edilmiştir. Şekil 1.12’de de görüleceği üzere Lotus firması da üretim kolaylığı sağlayan küvet tipi modüler şasi ile Evora modelinin şasisini üretmektedir.



Şekil 1.12 Lotus Evora modüler küvet tipi şasi

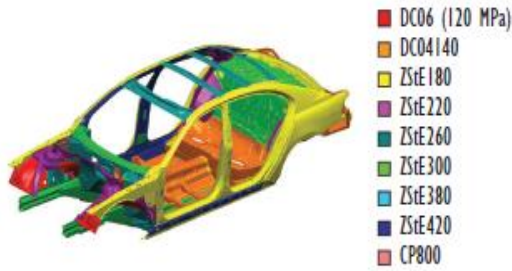
1.5 Binek Araç Şasilerinde Kullanılan Malzeme Türleri

Malzeme seçimi şasi tasarımının en önemli kısmıdır. Seçilen malzeme, ağırlık faktörü ile doğrudan aracın performansına etki eder. Fakat ağırlık faktörünü göz önünde bulundururken şasi güvenliği de göz ardı edilemez. Yıllardır otomotiv sektöründe yapılan araştırmalar neticesinde, şaside kullanılan malzemeler, tahta ve demir ile başlayıp karbonfiber ve türevlerine kadar çok çeşitlilik kazanmıştır. Günümüzde alternatif olmakla başlayıp yaygınlaşan ve gelecekte tamamen yer edinecek kompozit malzeme kullanımı hafiflik ve dayanım açısından göze çarpmaktadır.

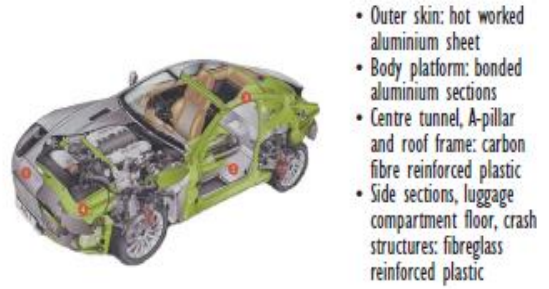
Günümüzde şasi tasarım ve üretiminde kullanılan başlıca malzemeler;

- Çelik
- Alüminyum
- Kompozitler ve egzotik malzemeler
- Magnezyum
- Titanyum [8].

Steel Unibody (BMW 7er series)



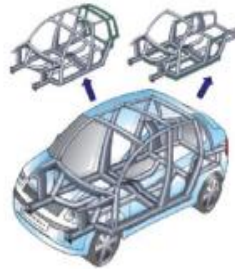
Multimaterial Unibody (Aston Martin Vanquish)



Aluminium Space Frame (Audi A8)



Steel Space Frame (TKS)

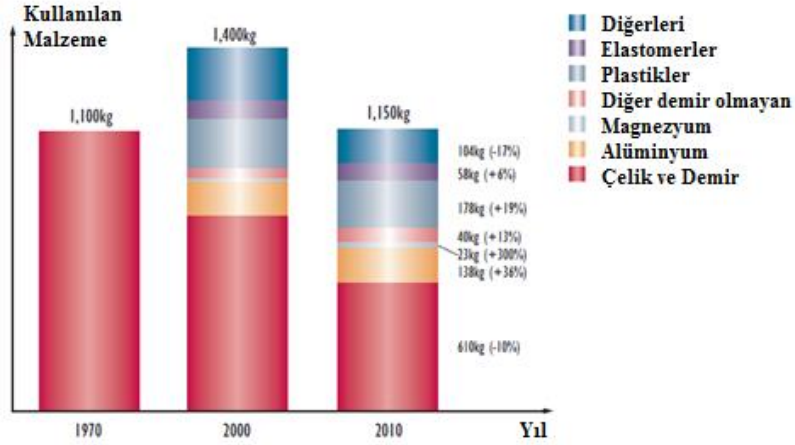


Magnesium Space Frame (VW)



Şekil 1.13 Farklı tiplerde malzeme kullanımları [8].

Otomotiv sektöründe hafif malzemelerin öneminin artması araç ağırlıklarında önemli bir azalmaya sebep olmaktadır. Şekil 1.14'te görüleceği üzere hafif malzemeler artan bir şekilde ağır malzemeler ile yer değiştirmektedir. En büyük değişim ise plastik, alüminyum ve magnezyum malzemelerinde gerçekleşmiştir



Şekil 1.14 1970'lerden günümüze değişen malzeme kullanımı [8].

Otomobil ekipman ve yapılarında kullanılan malzeme türleri, geniş bir aralığa sahip olmakla beraber spesifik gereksinimlere, ekonomik ve güvenlik faktörlerine, geri dönüşüme ve performansa bağlı olarak belirlenmektedir. Çelik, alüminyum ve magnezyum başta olmak üzere metaller şasi yapısında ve gövde panellerinde tercih edilen ana malzeme olmakla beraber plastikler de aracın bazı gövde kısımlarında tercih edilmektedir.

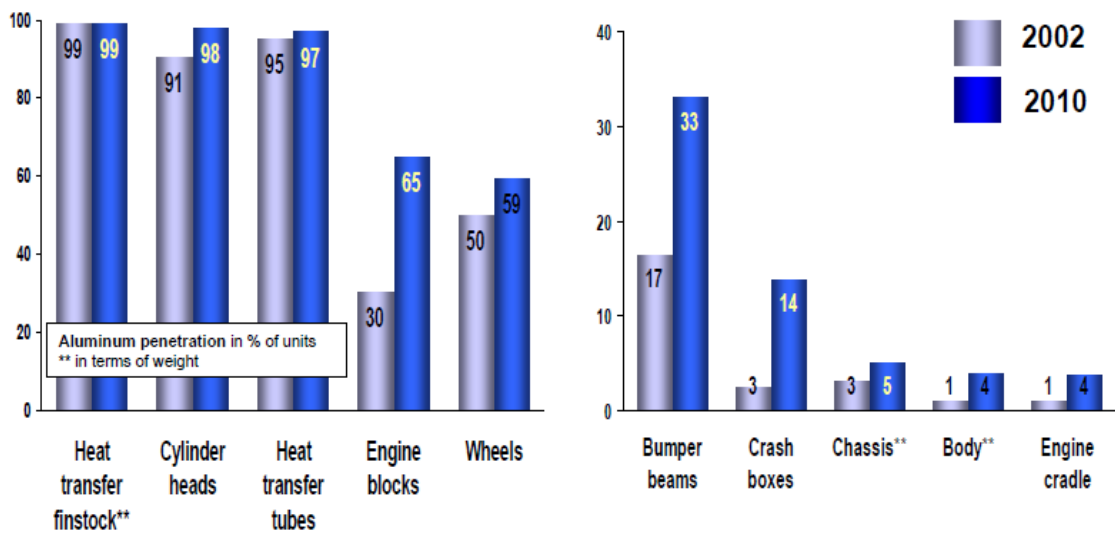
Otomotiv sektöründe alüminyum kullanımı birçok önemli ayrıcalığı beraberinde getirmektedir. Aynı ağırlıkta biri alüminyum diğeri çelik iki araç karşılaştırıldığında alüminyum araç % 20 oranında daha büyük parçalardan oluşmaktadır. Bu sayede tasarımcılar araç büyüklüğünü ağırlığı hesaba katmadan arttırabilmektedirler. Yüksek sertlik – ağırlık oranlı alüminyum alaşımlarının kullanılmasıyla aracın ön ve arkasındaki kritik alanların boyutlarında ve sertliklerinde ağırlık azaltmadan ve yolcu güvenliğinden feda etmeden istenilen değerler elde edilmektedir. Otomotiv sektöründe alüminyumun tasarımı çarpışma sırasında katlanacak şekilde yapılmıştır. Bu sayede çarpışma kuvveti yolcuya iletilmeden aracın enerjisi maksimum özümsemesiyle yolcular korunmuş olmaktadır. Alüminyum araçlar çeliğe göre karşılaştırıldığında iki katı daha fazla çarpışma enerjisini özümsemektedir.

Şasi tasarımında karbonfiber kompozit en iyi çözüm olmakla birlikte maliyetli bir seçimdir bu sebeple maliyet hafiflik ve dayanım parametreleri beraber düşünüldüğünde Alüminyum alaşımları şasi tasarımında en akılcı çözüm olarak göze çarpmaktadır [8].

1.6 Alüminyum Alaşımlar

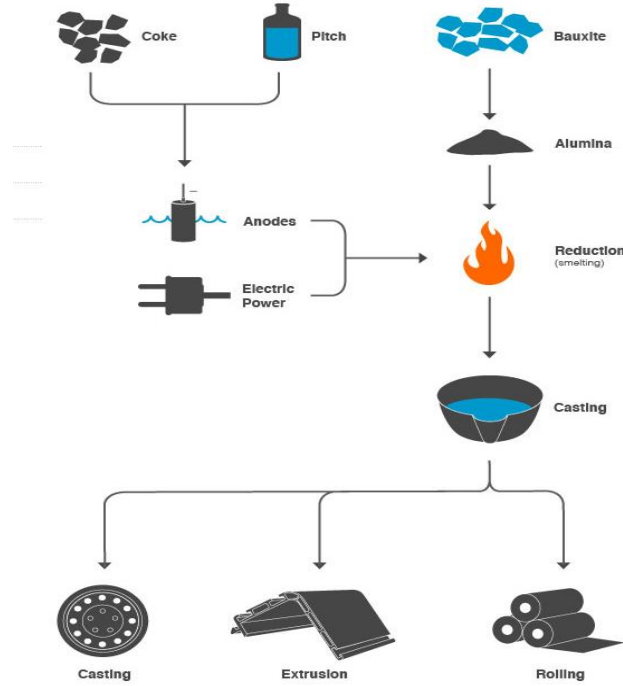
Otomotiv sektöründe alüminyum kullanımı yıllar geçtikçe artış göstermektedir. Bu artış 1976 yılında ortalama bir araçta 40kg civarında iken günümüzde ortalama bir araçta 120kg civarındadır. Bu artışın ve alüminyum kullanımının yaygınlaşmasının başlıca sebebi bu malzemenin mukavemet, hafiflik, kaza anında enerji absorbe edebilme özelliği, korozyon direnci, termal ve elektrik iletkenlik özelliklerinin benzersiz kombinasyonudur. Aynı zamanda alüminyumun geniş alaşım ve temper seçenekleri, bu malzemeyi üretici firmalar ve mühendisler için cazip kılmaktadır.

Alüminyum, geniş bir alaşım ve temper çeşitliliğine sahip olmasından ötürü otomotiv endüstrisinde başta 5xxx, 6xxx ve 7xxx farklı temper değerlerine sahip alaşım serileri olmak üzere çok çeşitli alaşım türleri kullanılmaktadır. Kullanılacak alaşımın türü kullanılacak bölgeye ve üretim tekniklerine bağlı olarak değişmektedir. Bunun sebebi ise alaşımların kimyasal kompozisyonları arasındaki farklılıklardan dolayı geometriye bağlı olarak değişen üretim yöntemleri ve kullanılacak bölgede aranan mekanik özelliklerdir [9].



Şekil 1.15 2002-2010 Yılları arası alüminyum kullanımındaki değişim [10].

Alüminyum başta saf halde yani hammadde halinde iken farklı tür ve oranlarda elementlerin kimyasal işlemler neticesinde hammaddeye katılımı ile alüminyumdan farklı alaşımlar elde edilir. Bu alaşımlar ise farklı aşamalardan geçerek çeşitli formlara dönüşmektedir.



Şekil 1.16 Alüminyum alaşımının üretim şeması [11].

Çelik dışı metallerin yanında alüminyumun üretimi ve tüketiminde hızlı bir artış gözlenmektedir. Alüminyumun tekrar eritilerek kullanabilme özelliği ve böylece kullanılmış ürünlerden bu şekilde yeni ürünler elde edilebilmesi çevre koruması açısından önemli bir olaydır. Ayrıca yeniden kullanım için gerekli olan işlemlerde harcanan enerji miktarının, primer alüminyum üretimi için gereken enerjinin % 5'i olması geri dönüşümün önemini daha da arttırmaktadır.

Genellikle havacılık, otomotiv uygulamalarında ve mimari yapılarda yapı malzemesi olarak tercih edilen 6xxx serisi alaşımlar, temel olarak magnezyum (Mg) ve Silisyum (Si) ihtiva ederler. Bu elementlerin ve kompozisyondaki diğer elementlerin (Fe, Cu, Mn, Zn, gibi) belirli sınırlar içinde farklı değerlerde olmaları, alaşımların kullanım yerine göre farklı özelliklerde profil üretimini sağlarlar. Bu serideki alaşımlar ısıl ve mekanik işlemlere uygundur.

1.6.1 Ürünler ve Kullanım Alanları

1.6.1.1 Alüminyum Paneller, Levhalar

Otomotiv endüstrisinde panel ve levha üretiminde esasen orta mukavemet değerinde ve yüksek şekillendirilebilme özelliğine sahip 5xxx serisi kullanılır. Yüksek mukavemet ve kritik yüzey işlemlerinde kullanılmak üzere ise 6xxx alaşım serileri tercih edilmektedir.

Alüminyum panel ve levhalar, aracın gövde panelleri başta olmak üzere üretilen şasi tipine de bağlı olarak şasinin birçok bölgesinde de kullanılır.

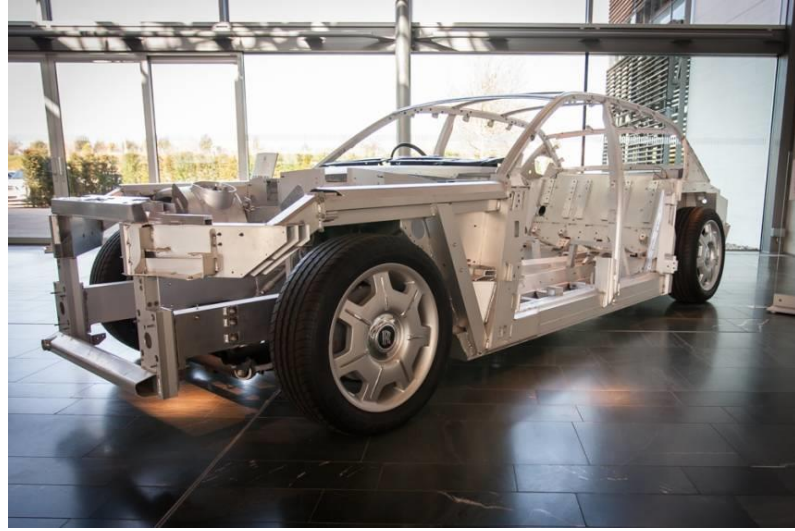


Şekil 1.17 Ferrari 458 Italia ve Tesla Model S alüminyum gövde panelleri

1.6.1.2 Alüminyum Ekstrüzyonlar

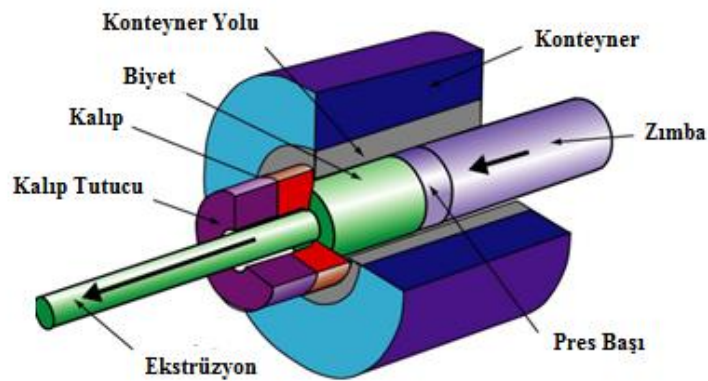
Otomotiv endüstrisinde alüminyum geometri ve profilleri üretmek için uygulanan ekstrüzyon prosesi alüminyuma, çeliğe kıyasla benzersiz bir avantaj sağlamaktadır. Ekstrüzyon prosesi sayesinde basit iki boyutlu geometriler elde edilebileceği gibi karmaşık kesitli geometriler de elde edilebilir. Ekstrüzyon prosesinde genellikle yüksek mukavemete sahip ısıl işleme uygun 6xxx serisi farklı temper seçenekleri ile tercih edilirken aynı zamanda bazı ısıl işlemlere uygun 7xxx serisi de kaza performansını artırmak adına tercih edilebilir.

Çelikte, genelde ekstrüzyon tekniği ile verimli kesit dizaynı elde etmek ve ekonomik imalat yapmanın çok sınırlı olması buna karşılık alüminyumun kolay işlenebilir özelliği, modern alüminyum ekstrüzyon tekniklerinin gelişmesine yol açmıştır. Bu gelişmenin alüminyuma olan ilginin artmasında önemli bir yeri vardır. Aynı zamanda çeşitli kaplama yöntemlerinin de gelişmesi ile alüminyum ekstrüzyon ürünlerinin kullanımı bir kat daha artmış ve bu ürünler hayatımıza daha fazla yer almaya başlamıştır. Alüminyum ekstrüzyonlar bir aracın başta çarpışma bölgesi olmak üzere yine şasi tipine bağlı olarak şasinin birçok bölgesinde kullanılır.



Şekil 1.18 RR Phantom alüminyum ekstrüzyon profillere sahip şasi

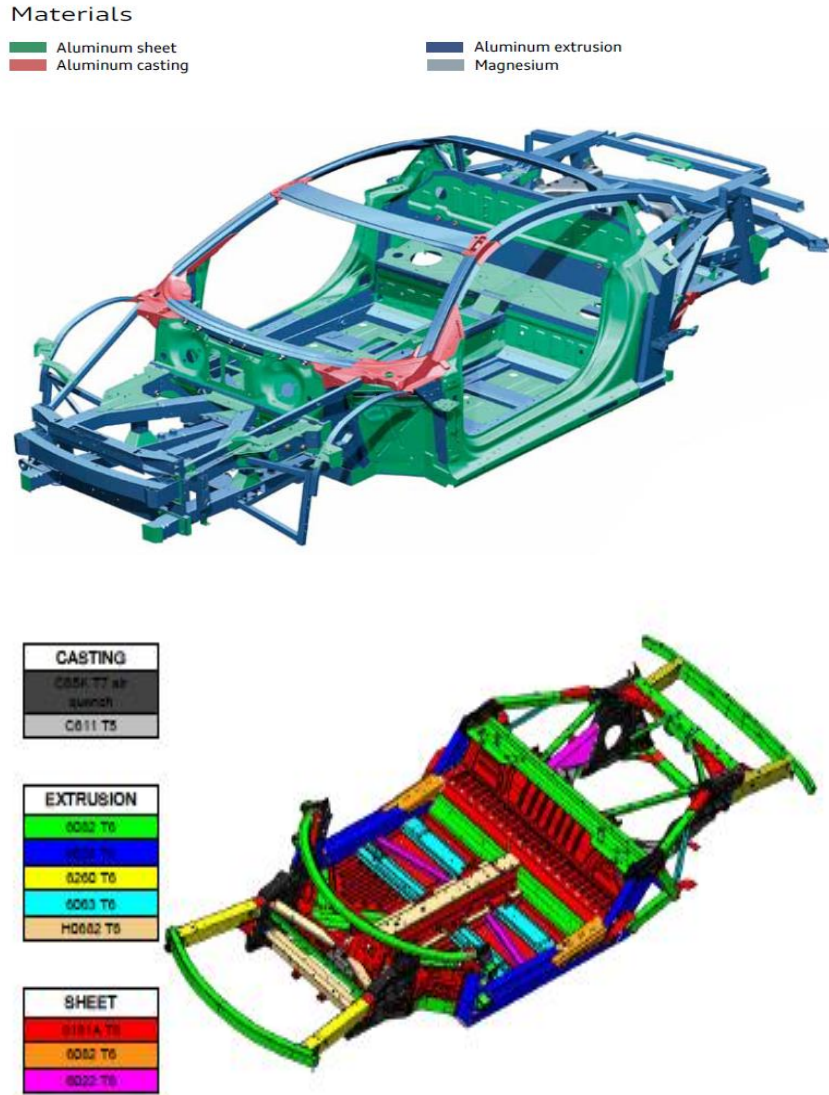
Ekstrüzyon prosesi çok basit bir anlatımla diğ macununun bir tüpten sıkılması gibidir. Tüpün ağzında bir boşluk vardır ve tüpe el yordamıyla uyguladığımız baskı ile tüpün ağız boşluğu şeklinde akış olur.



Şekil 1.19 Ekstrüzyon prosesinin şematik gösterimi [12].

Ekstrüzyon yöntemi, çubuk, profil, boru, tel ve diğer kalın cidarlı profillerin biçimlendirilmesinde kullanılan önemli bir plastik şekil verme yöntemidir. İstenilen şekli elde etmek için tasarlanmış kalıbın ısıtılması ve presin kovanının önüne yerleştirilmesinin ardından, kontrollü ısıtılmış alüminyum biyeti, zımbanın uyguladığı basınçla kalıbın içinden geçerek istenilen profilin çıkması sağlanır. Profil konveyörde soğutulur ve istenen boyda kesim işlemine tabi tutulur. Kesilen profiller termik fırınında yaşlandırma işlemine tabi tutularak sertleştirilir.

Ekstrüzyon profiller günümüzde otomotiv sektöründe, şasi malzemesi olarak alüminyum kullanan birçok üretici tarafından tercih edilmektedir. Çünkü ekstrüzyon yöntemi, doğru alaşım seçimi ve uygun ekipman ile istenilen geometride profil üretimine olanak tanır.



Şekil 1.20 Audi R8 ve Ferrari 458 Italia şasilerinde kullanılan profil dağılımları [13].

Düşük adetli üretim yapan bir firmanın büyük kapasiteli presler kullanıp alüminyum sac ve plakalara şekil vererek şasi üretmesi akılcı değildir. Sadece plaka ve sac gibi düzlemsel malzemelerden istenilen şekil verilmeden üretilecek bir şasinin ise başarılı ve sağlam olması pek mümkün değildir. Bu sebeple kapalı bir geometriye sahip profiller kullanılarak doğru tasarım neticesinde üretilecek bir şasi beklentileri karşılayacaktır. Gerektiğinde farklı üretim metotları ile üretilmiş profiller kullanılarak doğru bir sentez yapılabilir.

Ekstrüzyon Prosesi

Ekstrüzyon işlemi en temelde sıcak ve soğuk ekstrüzyon olmak üzere ikiye ayrılır. Sıcak işlem, oda sıcaklığında yeteri kadar sünek olmayan alaşımlar için kullanılır. Bu işlemde kuvvet ihtiyacı az olurken kalıp aşınması ve kalıpta oksitlenme meydana gelebilir. Soğuk işlem ise soğuk şekil verme gibi bir yöntemdir ve genellikle küçük kesite sahip geometriler üretmek için kullanılır. Malzemede herhangi büyük bir ısı değişimi olmaması nedeniyle üretim toleransları iyidir ve kalıpta oksitlenme riski oluşmaz.

Genel olarak dört tip ekstrüzyon yöntemi vardır:

- **Direkt Ekstrüzyon**

Bu yöntemde hammadde direkt olarak kalıp içerisine basılır ve ürün elde edilir. Kalıp sabit ve pres hareketlidir. Artık hammadde oluşumu beklenir ve bu yöntemde kuvvet ihtiyacı fazla olur.

- **İndirekt Ekstrüzyon**

Bu yöntemin direkt ekstrüzyondan farkı presin sabit kalıp kalıbın prese doğru hareket etmesidir. Artık hammadde oluşumu daha az olmakla birlikte kuvvet ihtiyacı da daha azdır.

- **Hidrostatik Ekstrüzyon**

Direkt ekstrüzyon yöntemine benzer bir yöntemdir fakat farklı olarak pres ile içerisine girdiği hazne arasında sürtünmeyi yok etmek için akışkan bir sıvı bulunur. Bu yöntem ile yüksek ekstrüzyon oranları elde etmek mümkündür. Dezavantaj olarak daha maliyetli bir sistemdir.

- **Darbeli Ekstrüzyon**

Bu yöntem direkt ekstrüzyon ile soğuk ekstrüzyonun birleşik şekli gibidir. Soğuk bir iş parçasının kapalı bir kalıp içerisine yerleştirilip uygun presin o parçanın üzerine baskı uygulayarak istenilen geometrinin elde edilme biçimidir. Kalıp geometrisi kapalı olduğundan üretimde sürekli bir akış yoktur.

Görüleceği üzere hammadde ve ürün geometrisine, alaşım türüne ve üretim maliyetine göre çeşitli ekstrüzyon yöntemleri vardır [12].

Ekstrüzyon Kalıp ve Presleri

- **Ekstrüzyon Kalıpları**

Alüminyum ekstrüzyon üretiminde kullanılan kalıp, üretimin en can alıcı ögesidir ve ürün kalitesini doğrudan etkiler. Ekstrüzyon hassas bir işlem olduğundan kalıp hassasiyeti de çok önemlidir. Kullanılan kalıp boyutları üretim hacmine göre değişmekte olup, kalıp malzemesi olarak genellikle alüminyumdan daha yüksek ergime noktasına ve sertliğe sahip çelik tercih edilir.

Hassas ve minimum toleranslı bir geometriye sahip olması gereken ekstrüzyon kalıpları geleneksel torna ya da freze ile işleme yöntemlerinin aksine, şekil 1.21’de görüleceği üzere daha hassas bir işlem olan tel erozyon yöntemi ile üretilmektedir. Tel erozyonun en belirgin özelliği mekanik kuvvet uygulamadan çeşitli enerji dönüşümlerinin etkisiyle sertliği ne olursa olsun elektrik iletkenliğe sahip her türlü malzemenin mikron hassasiyetinde, düşük yüzey pürüzlülüğünde işlenmesi amacıyla malzeme yüzeyini erozyona uğratarak aşındırma prensibine dayalı bir tür şekillendirme yöntemidir.

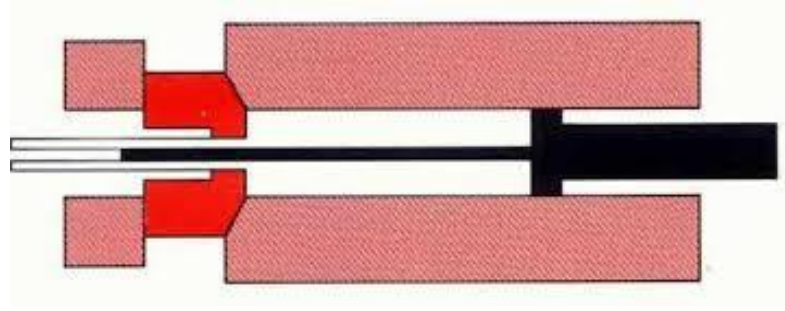


Şekil 1.21 Tel Erozyon yöntemi ile ekstrüzyon kalıbının üretimi [12].

Tel erozyon yöntemi maliyetli olmasına karşılık, üretim potansiyeli düşünüldüğünde ekstrüzyon kalıp üretiminde bu maliyet göz önünde bulundurulmaz

- **Ekstrüzyon Presleri**

Alüminyum hammaddeyi, hazırlanan kalıptan baskı yolu ile geçirip istenen ürünü elde etmek için kullanılan ekipmana pres adı verilir. Üretici firmanın üretim kapasitesini büyük oranda bu presler belirlemektedir. Ekstrüzyon yapılacak geometrinin dış sınırlarından belirlenen toleranslar dahilinde çizilen çember pres çapını belirlemektedir.



Şekil 1.22 Basit ekstrüzyon pres gösterimi

Pres çapı profil geometrisine göre değişmekle birlikte ekstrüzyon yapılacak profil kapasitesine göre de değişmektedir. Başka bir deyişle pres çapı değiştiğinde uygulanabilecek pres basıncı da değişmektedir. Bu basınç birimi genellikle üretici kataloglarında pres kapasitesi olarak ton cinsinden ifade edilmektedir. Pres kapasitesi arttıkça billet yani pres piston çapı da artmaktadır.



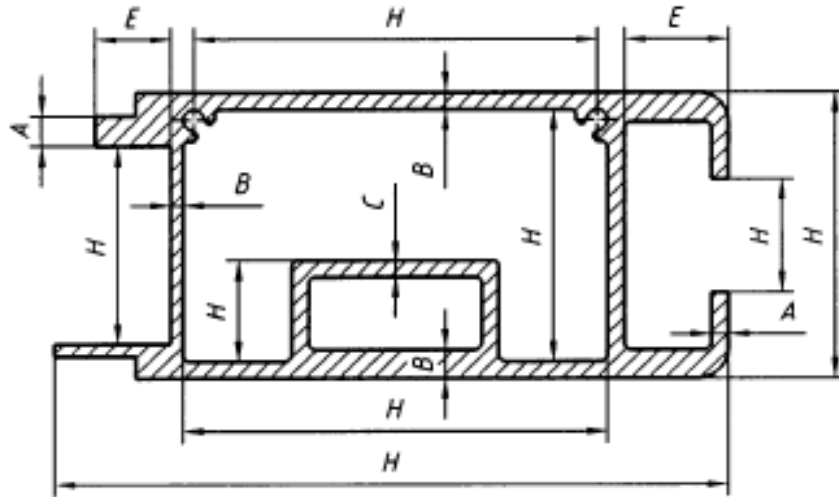
Şekil 1.23 Ekstrüzyon pres mekanizması

Ekstrüzyon Geometri Standartları

Ekstrüzyon mekanik bir işlem olmasından ötürü elde edilecek ürün geometrisinde kesin bir doğruluk beklemek mümkün değildir ve bu sebeple tolerans değerlerine dikkat edilmelidir. İşlem esnasında uygulanabilecek ısıl işlem ya da kalıp toleransları gibi etkenler elde edilen ürünün beklenenden toleranslar dahilinde farklı olmasına sebep olacaktır.

Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından belirlenen standartlara göre bir alüminyum ekstrüzyon üründe;

- Boyut Toleransları
 - Et kalınlığı toleransları
 - Diklikten sapma
 - Uzunluk ve genişlik toleransları
- Şekil Toleransları
 - Doğrusallık
 - Dışbükeylik – İçbükeylik
 - Burulma
 - Açısal sapma gibi birçok tolerans belirlenmiştir [14].

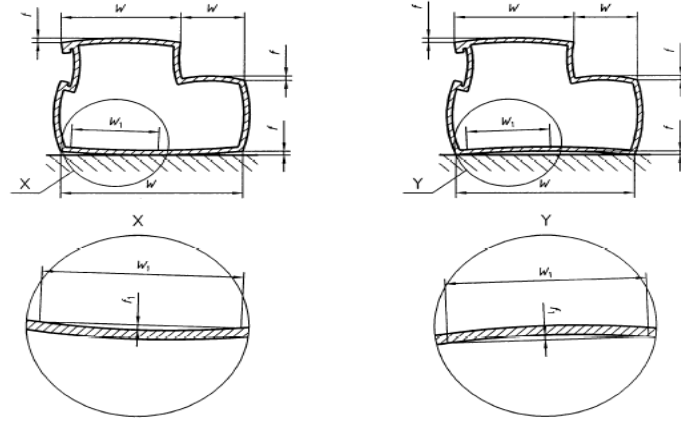


- A: İçi boş profillerde boşluk dışındaki et kalınlıkları;
- B: İçi boş profillerde, iki boşluk arasındaki et kalınlıkları;
- C: İçi boş profillerde iki boşluk arasında kalanlar dışındaki et kalınlıkları;
- E: Açık uçlu profillerde kısa kolun uzunluğu;
- H: Profilin kesiti üzerindeki noktalar arasındaki (et kalınlığı hariç) bütün boyutlar veya açık vida deliklerinin merkezleri arasındaki mesafe.

Şekil 1.24 Bir ekstrüzyonda tolerans verilecek boyutların tanımlanması

Çizelge 1.1 6061 alaşım ekstrüzyonunda enine kesit boyut toleransı [14].

| Boyut H | | Çevre çemberi CD ^a için H toleransları | | | | |
|---------|----------------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Üzeri |e kadar ve dâhil | CD ≤ 100 | 100 < CD ≤ 200 | 200 < CD ≤ 300 | 300 < CD ≤ 500 | 500 < CD ≤ 800 |
| - | 10 | ± 0,40 | ± 0,50 | ± 0,55 | ± 0,60 | ± 0,70 |
| 10 | 25 | ± 0,50 | ± 0,70 | ± 0,80 | ± 0,90 | ± 1,1 |
| 25 | 50 | ± 0,80 | ± 0,90 | ± 1,0 | ± 1,2 | ± 1,3 |
| 50 | 100 | ± 1,0 | ± 1,2 | ± 1,3 | ± 1,6 | ± 1,8 |
| 100 | 150 | - | ± 1,5 | ± 1,7 | ± 1,8 | ± 2,0 |
| 150 | 200 | - | ± 1,9 | ± 2,2 | ± 2,4 | ± 2,7 |
| 200 | 300 | - | - | ± 2,5 | ± 2,8 | ± 3,1 |
| 300 | 450 | - | - | - | ± 3,5 | ± 3,8 |
| 450 | 600 | - | - | - | ± 4,5 | ± 5,0 |
| 600 | 800 | - | - | - | - | ± 6,0 |



Açıklama
W = Genişlik
f = Sapma
W₁ = 100 mm
t₁ = Herhangi bir 100 mm'deki sapma

Şekil 1.25 Bir ekstrüzyonda tolerans verilecek şekil değişimlerinin tanımlanması

Çizelge 1.2 6061 alaşım ekstrüzyonunda dış- iç büküklük toleransları [14].

| Genişlik W | | Sapma f | | |
|------------|----------------------|----------------------------|-----------------------|----------------|
| Üzeri |e kadar ve dâhil | İç boş profil ^a | | İç dolu profil |
| | | Et kalınlığı T ≤ 5 | Et kalınlığı T > 5 | |
| - | 30 | 0,30 | 0,20 | 0,20 |
| 30 | 60 | 0,40 | 0,30 | 0,30 |
| 60 | 100 | 0,60 | 0,40 | 0,40 |
| 100 | 150 | 0,90 | 0,60 | 0,60 |
| 150 | 200 | 1,2 | 0,80 | 0,80 |
| 200 | 300 | 1,8 | 1,2 | 1,2 |
| 300 | 400 | 2,4 | 1,6 | 1,6 |
| 400 | 500 | 3,0 | 2,0 | 2,0 |
| 500 | 600 | 3,6 | 2,4 | 2,4 |
| 600 | 800 | 4,0 | 3,0 | 3,0 |

^a Ölçüm aralığında profil et kalınlığında farklılıklar görüldüğünde, en ince et kalınlığı kullanılmalıdır.

1.6.1.3 Alüminyum Döküm

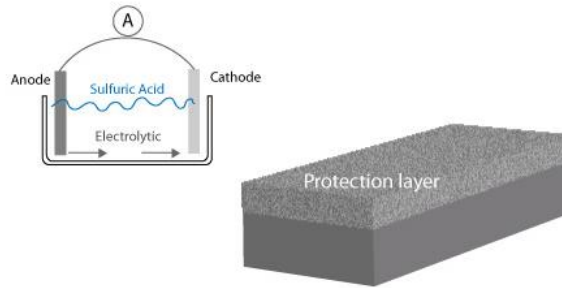
Otomotiv endüstrisinde alüminyum döküm genellikle üç boyutlu kompleks geometriler elde etmek için kullanılır. Birçok döküm alaşımı Al-Si alaşım kompozisyonuna dayanır. Döküm işlemi levha ve ekstrüzyon üretimine göre daha hassas ve zahmetli bir işlem olması sebebi ile kompleks geometriler dışında pek tercih edilmez.



Şekil 1.26 Araçlarda kullanılan çeşitli alüminyum dökümler [15].

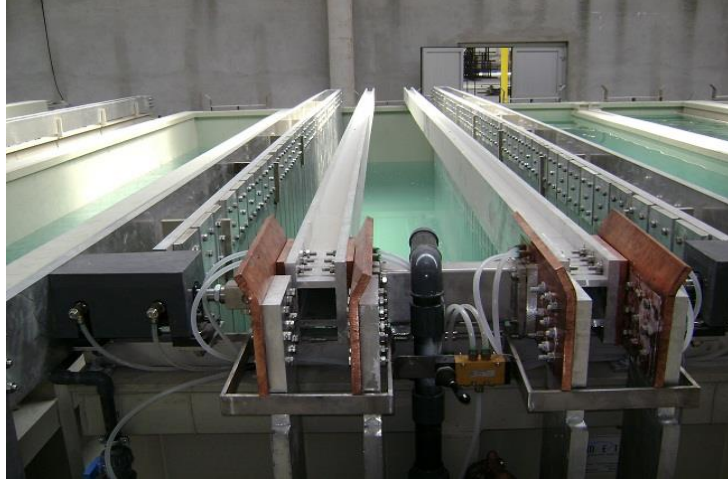
1.6.2 Alüminyum Alaşım Eloksal Prosesi

Eloksal, alüminyum için çok özel bir yüzey kaplamadır; elektrokimyasal bir proses ile yapılır. Kullanılan elektrolit, genelde asidik bir çözeltilidir. Kaplanacak alüminyum, elektroliz işleminin anotudur. Belirli ve kontrol edilen bir akım (genellikle doğru akım) yoğunluğu, kaplanacak alüminyum (iş parçası) ile uygun bir katot arasında, yine belirli bir süre için geçirilir. Bu süre, oluşacak eloksal tabakasının özellik ve kalınlığına göre belirlenir. Proses sırasında ısı ortaya çıkar ve elektrolitin sıcaklığını sabit tutmak için bu ısının işlem ortamından alınması (elektrolitin soğutulması) gerekir. Kaliteli bir eloksal elde etmek için iş parçasının metalurjik yapısının kaliteli olması ve gerekli mühendislik kriterlerine göre dizayn edilmiş olması gerektiği unutulmamalıdır.



Şekil 1.27 Eloksal kaplama prosesi ve kaplanmış yüzey [15].

Eloksal kaplama alüminyum ürünlere uygulanan en önemli yüzey işlemlerinden birisidir. Eloksal işlemi, 1930'lu yıllardan beri gerek dekoratif, gerekse endüstriyel uygulamalar için kullanılmaktadır. Günümüzde farklı renk ve tonlarda bu yüzey işlemi yapılabilmekte olup sıkça tercih edilmektedir.



Şekil 1.28 Eloksal kaplama havuzu

Eloksal yapabilmek için öncelikle alüminyum malzemeye ihtiyaç vardır. Bu malzeme profil, levha, ya da aksesuar şeklinde olabilir. Alüminyum dışında başka metallere eloksal kaplama yapılamaz. Sülfürik asitli elektroliz yöntemiyle sadece alüminyum ve alaşımları eloksal kaplanabilir. Günde ortalama 15 ton civarında bir eloksal üretimi için yaklaşık 50 ton suya ihtiyaç vardır. Bunların yanı sıra sülfürik asit, kostik, nitrik asit, kalay sülfat gibi kimyasallara da ihtiyaç duyulur. Buhar ve elektrik enerjisi de eloksal kaplama işlemi için gerekli unsurlardandır.

Son yıllarda eloksal tekniğinde geline son nokta nano eloksal teknolojisidir. Alüminyum kristal yapısının yüzeye gönderilen farklı dalga boyu ve frekanstaki elektron dalgalarıyla değiştirilmesi ile farklı renkler elde edilmesini sağlayan bu teknoloji ile aynı zamanda yüzey kalitesini artırarak daha uzun süre dayanıklı profiller elde edilebilmektedir.

Eloksal kaplama işleminin ardından malzemeye herhangi bir mekanik işlem uygulamak özellikle kaynak işlemi doğru değildir çünkü malzemenin yüzeyinde oluşan eloksal tabakası kaynağa izin vermemekle birlikte mekanik işlemler sırasında da bozulabilmektedir. Bu sebeple final tasarımda hem güzel bir görüntü elde etmek hem de alüminyum malzemenin yüzey direncini artırmak adına tercih edilmelidir.

1.6.3 Alüminyum Alaşım Temperleme Prosesi

Isıl işlem, alaşım ürünü üzerinde uygulanan ısıtma ve soğutma sonucunda ürünün fiziksel ve mekanik özelliklerinin değişmesine neden olur. Bu ısıtma ve soğutma işlemleri temel olarak tavlama, çözeltiye alma, yaşlandırma ve soğuk işlem gibi kademeleri içermekte olup, alaşımların kimyasal yapılarına ve kazandırılmak istenilen nihai özelliklere göre çeşitlilik göstermektedir.

Alüminyum alaşımlarında uygulanan işlemler genellikle yaşlandırma işlemine göre değerlendirilmekte ve sadece mekanik özellikler için değil, elektriksel iletkenlik ve korozyon özellikleri için de belirleyici rol oynamaktadır. Temperleme ya da başka bir deyişle yaşlandırma prosesi T sembolü ile ifade edilir ve genellikle kalıptan çıkan sıcak ürünün soğutma işlemi ile alakalı olduğundan üreticinin teknik altyapısına göre değişkenlik gösterir.

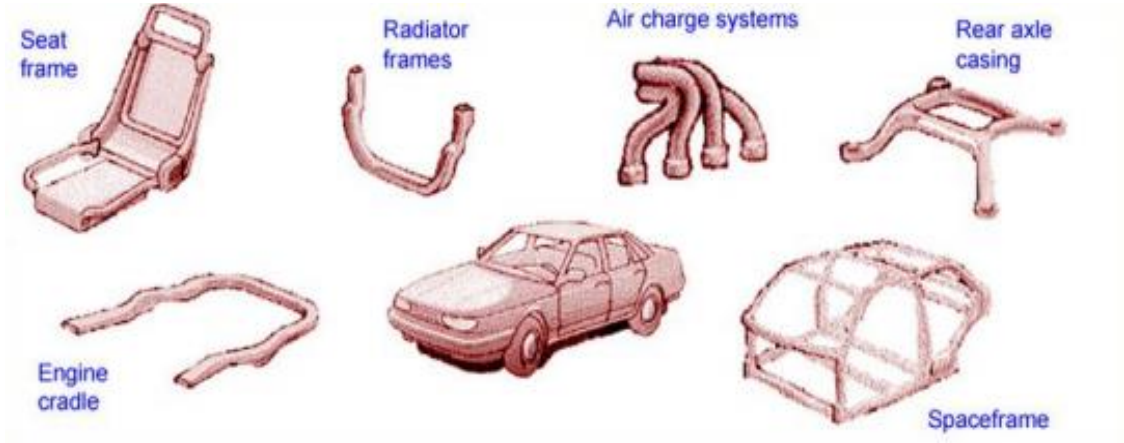
Çizelge 1.3 Bazı temper gösterimleri ve açıklamaları

| Temper Gösterimi | Açıklama |
|-------------------------|--|
| T1 | Sıcak şekillendirme sonrası soğumuş ve doğal olarak yaşlanmış |
| T2 | Sıcak şekillendirme sonrası soğumuş, soğuk deformasyon uygulanmış, doğal yaşlanmış |
| T3 | Çözeltiye alınmış, soğuk işlenmiş ve doğal yaşlandırma uygulanmış |
| T4 | Çözeltiye alınmış ve doğal yaşlanmış |
| T5 | Sıcak şekillendirme sonrası soğumuş ve yapay yaşlandırılmış |
| T6 | Çözeltiye alınmış ve yapay yaşlanmış |

6xxx serisi alaşımlar, en yüksek mukavemet değerlerine ulaşmak için genellikle T6 ısıl işleme tabii tutulurlar.

1.6.4 Alüminyum Büküm

Bir malzemenin ya da bir profilin doğrultusunu, şeklini değiştirmek için uygulanan mekanik işleme büküm adı verilir. Her alanda kullanılan bu yöntem otomotiv endüstrisinde de sıkça kullanılır. Büküm işlemini gerçekleştirmek için kimi yerde kalıp gerekirken bu işlemi farklı ekipman ve cihazlarla da yapmak mümkündür.



Şekil 1.29 Bir araçta kullanılan bükümler

Kırılgan olmayan, ya da kırılma dayanımı belirli bir limite olan her malzeme büküm işleminden geçebilir. Alüminyum da malzeme doğası gereği büküm işlemine çok uygundur ve uygun ekipman ve toleranslar dahilinde alüminyum malzeme ile istenen her geometri elde edilebilir.

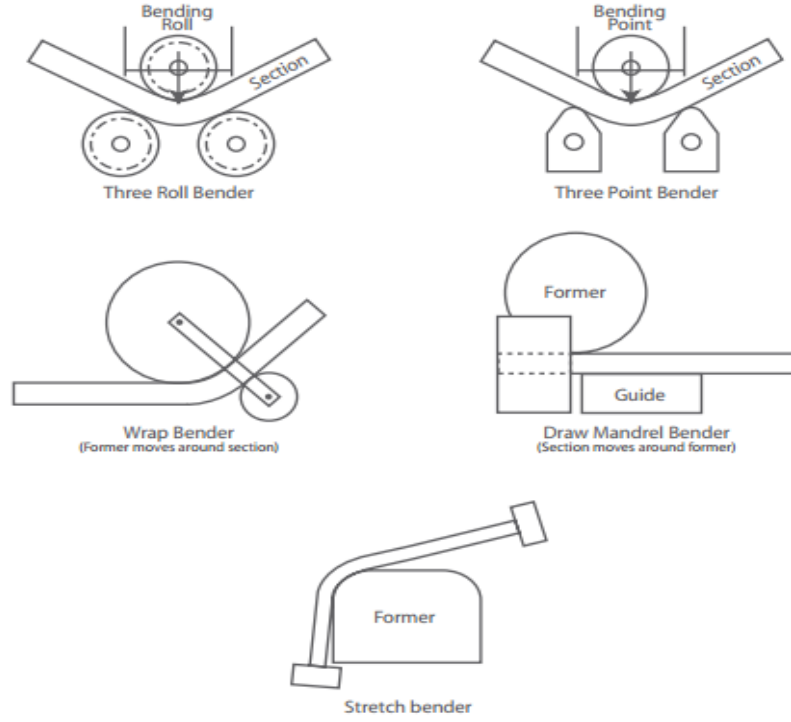


Şekil 1.30 Büküm işlemi görmüş çeşitli alüminyum malzemeler

Alaşım cinsine ve profil geometrisine bağlı olarak değişecek şekilde alüminyum malzemeler için çeşitli büküm standartları vardır. Bu standartlar ve toleranslar dahilinde yapılacak bükümlerde malzeme içerisinde ki bozulma minimum düzeyde kalacak ya da hiç oluşmayacaktır.

Çizelge 1.4 Farklı alaşım türlerine göre farklı çaplar için boru büküm limitleri [16].

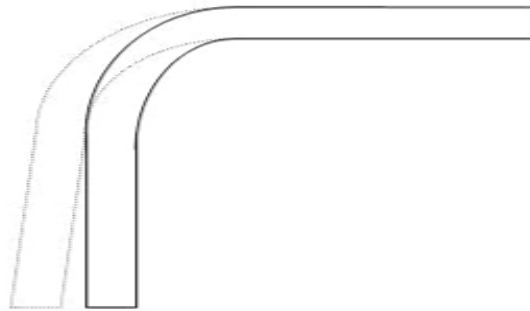
| Recommended Minimum Inside Bending Radii (r) for Selected Sizes of Round Tube - Mandrel Bending | | | | | | | |
|---|---------------------|---|--|--------------------------------------|--|--------------------------------|----------------------|
| Tube Size | | Radii for Various Alloys and Tempers (mm) | | | | | |
| Outside Diameter (mm) | Wall Thickness (mm) | 1200-O 1350-O | 6106-O, 6060-O 6063-O, 6061-O 6351-O | 6106-T4, 6061-T4 6351-T4, 6063-T4 | 6060-T5 6063-T5 & T6 6101-T5 & T6 6106-T6 | 6005A-T6 6061-T6 6351-T6 | 6060-T81 6063-T81 |
| 10 | 1.0 | 12 | 15 | 16 | 18 | 20 | 18 |
| | 1.6 | 10 | 13 | 14 | 16 | 18 | 16 |
| 12 | 1.0 | 16 | 16 | 18 | 22 | 25 | 28 |
| | 1.6 | 12 | 15 | 17 | 20 | 23 | 26 |
| 16 | 1.0 | 19 | 22 | 30 | 32 | 35 | 38 |
| | 1.6 | 17 | 20 | 23 | 26 | 32 | 32 |
| 20 | 1.0 | 25 | 28 | 38 | 40 | 50 | 60 |
| | 1.6 | 22 | 25 | 32 | 32 | 40 | 40 |
| 25 | 1.2 | 38 | 45 | 50 | 56 | 62 | 70 |
| | 1.6 | 35 | 45 | 46 | 50 | 56 | 65 |
| | 3.0 | 30 | 42 | 40 | 45 | 52 | 50 |
| 28 | 1.2 | 45 | 54 | 60 | 68 | 84 | 98 |
| | 1.6 | 42 | 50 | 54 | 58 | 64 | 75 |
| | 3.0 | 34 | 40 | 42 | 45 | 50 | 50 |
| 32 | 1.2 | 54 | 62 | 80 | 80 | 100 | 110 |
| | 2.0 | 42 | 48 | 54 | 60 | 80 | 80 |
| | 3.0 | 38 | 42 | 46 | 52 | 60 | 70 |
| 40 | 1.6 | 64 | 72 | 90 | 95 | 120 | 140 |
| | 2.0 | 56 | 64 | 80 | 80 | 100 | 110 |
| | 3.0 | 48 | 54 | 60 | 70 | 80 | 85 |
| 50 | 1.6 | 90 | 112 | 125 | 140 | 175 | 220 |
| | 2.0 | 84 | 98 | 110 | 126 | 150 | 190 |
| | 3.0 | 70 | 80 | 95 | 110 | 125 | 150 |
| | 4.0 | 68 | 70 | 80 | 90 | 120 | 140 |
| 60 | 2.0 | 110 | 120 | 150 | 170 | 220 | 260 |
| | 3.0 | 100 | 105 | 120 | 130 | 180 | 220 |
| | 4.0 | 85 | 90 | 100 | 120 | 150 | 190 |
| | 6.0 | 70 | 80 | 90 | 100 | 130 | 150 |
| 80 | 2.0 | 165 | 190 | 220 | 240 | 340 | 400 |
| | 3.0 | 140 | 170 | 185 | 200 | 250 | 320 |
| | 4.0 | 135 | 150 | 160 | 180 | 220 | 280 |
| | 6.0 | 120 | 130 | 140 | 160 | 200 | 250 |



Şekil 1.31 Farklı büküm yöntemleri

Şekil 1.31’de görüleceği üzere bir alüminyum profil temel olarak 5 farklı yöntem ile bükülebilir. Kullanılacak olan yöntem malzemenin kesit kalınlığına ve geometrisine göre değişmekte olup işlemin uygulanacağı ürün adedine göre de farklılık göstermektedir.

Alüminyum malzemelerde büküm sonrasında en çok karşılaşılan sorun malzemenin kendini geri bırakması başka bir deyişle geri tepmesidir. Bükme işlemi tamamlanmak üzereyken bükülen malzemenin gövdesinde kalan stresler parçada bir gevşemeye yol açar ki bu da büküm derecesini düşürür. Bu problemi çözmek için başlangıçtaki büküm derecesi simülasyonlar yoluyla belirlenen bir dereceye kadar artırılabilir.

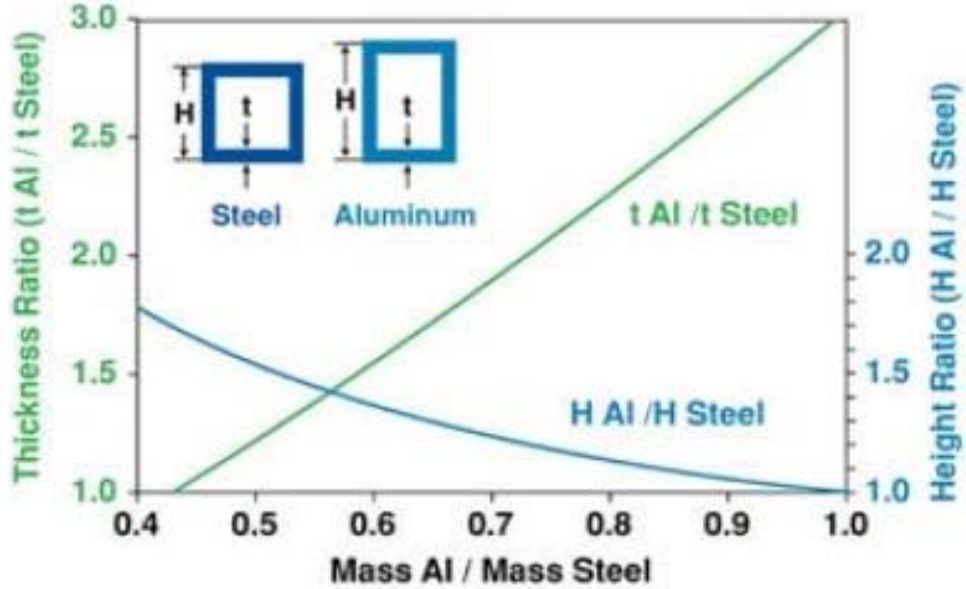


Şekil 1.32 Bir alüminyum malzemede geri bırakma

1.6.5 Alüminyum Alaşımının Sağladığı Avantajlar

Alüminyum alaşımlar başta üretim esnekliği, çeşitliliği ve hafiflik açısından metaller arasında uygulamaya yönelik sıklıkla tercih edilmektedir. Aynı zamanda alüminyum otomotivde kullanılan diğer malzemelere kıyasla mekanik işlemlere en uygun malzemedir.

Araçlarda kullanılan alüminyum alaşımlar, yüksek mukavemet çeliği ve titanyum gibi üst düzey malzemelerle kıyaslanabilecek derecede yüksek mukavemet/ağırlık ve sertlik/ağırlık oranlarına sahiptir. Bu ve bunun gibi göze çarpan özellikleri ile beraber elektrikli araçlarda da hafiflik en önemli parametre olduğuna göre, egzotik materyaller maliyet açısından bir kenarda tutulduğunda alüminyum kullanımı en mantıklı seçenek olarak gözükmektedir.



Şekil 1.33 Kalınlık ve kesit uzunluk oranlarına göre geometri optimizasyonu [15].

Eğer bir aracın mevcut çelik şasi tasarımı bire bir alüminyuma uyarlanırsa herhangi bir ağırlık tasarrufu ya da aynı düzeyde sağlamlık elde etmek mümkün olmayacaktır. Doğru yapılan optimizasyonlar ve tasarım ile çelikten imal edilen bir şasiye kıyasla alüminyum şasi eşdeğer sağlamlık ve güvenlik değerlerinde yaklaşık %40-60 arası bir ağırlık tasarrufu sağlayacaktır.

| DEFINITION | | | | | | | | |
|------------------------------|----------------|--|--|---------------------|--|-----------------|--|--|
| | Standard steel | | | High strength steel | | Aluminium alloy | | |
| Yield strength (MPa) | 350 | | | 760 | | 250 | | |
| E-Modulus (MPa) | 210000 | | | 210000 | | 70000 | | |
| Density (kg/m ³) | 7800 | | | 7800 | | 2700 | | |

| EQUAL STRENGTH | | | | | EQUAL STIFFNESS | | | | | | | | |
|----------------|----------------|---|---------------------|---|-----------------|----------------|---|----------------|------|---------------------|------|-----------------|--|
| | Standard steel | | High strength steel | | Aluminium alloy | | | Standard steel | | High strength steel | | Aluminium alloy | |
| Strength | 1 | = | 1 | = | 1 | Strength | 1 | < | 2.17 | > | 1.54 | | |
| Stiffness | 1 | > | 0.30 | < | 0.56 | Stiffness | 1 | = | 1 | = | 1 | | |
| Weight | 1 | > | 0.71 | > | 0.42 | Weight | 1 | = | 1 | > | 0.55 | | |
| Section height | 1 | > | 0.65 | < | 1.18 | Section height | 1 | = | 1 | < | 1.40 | | |

Unfair comparison!

Şekil 1.34 Ağırlık optimizasyonlu bir tasarımda Çelik-Alüminyum karşılaştırması [17].

1.6.6 Alüminyum Türkiye Potansiyeli

Alüminyum sektörü; birincil alüminyum, ikincil alüminyum, ekstrüzyon, yassı ürünler, döküm ürünleri ve iletken ürünleri üretiminden oluşmaktadır. Kapasite olarak bakıldığında Türkiye’de alüminyum sektöründe faaliyet gösteren firmaların toplam üretim kapasitelerinin 1.4 milyon ton civarında olduğu tahmin edilmektedir. 2010 yılında sektör 63 bin ton birincil alüminyum üretmiştir.

Alüminyum sektörü ham alüminyum ihtiyacının büyük kısmının ithalatla karşılanıyor olmasına karşılık sektör ciddi oranda mamul madde ihracatı gerçekleştirmektedir. Mamul madde üretiminin yarıdan fazlası ihraç edilmektedir. Bu ürün gruplarının ihracatında alüminyum ekstrüzyon ürünleri ilk sırada yer alırken, alüminyum hadde ürünleri ikinci sırada, alüminyum inşaat aksamı ise üçüncü sırada yer almıştır. Almanya, İtalya, Irak ve Fransa Türkiye’nin en çok alüminyum ve ürünlerinin ihracatını yaptığı ülkelerdir. Şekil 1.35’te, ülkemizde yıllara göre değişen alüminyum üretimi farklı ürün bazında görülmektedir.

| Üretim Production | | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|--|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Birincil Alüminyum Primary Alüminyum | | 60.0 | 60.0 | 63.4 | 61.2 | 35.0 | 63.0 |
| İkincil Alüminyum Secondary Alüminyum | | 65.0 | 70.0 | 80.0 | 94.0 | 120.0 | 150.0 |
| Ekstrüzyon Extrusion | | 190.0 | 215.0 | 235.0 | 265.0 | 230.0 | 275.0 |
| Yassı (Levha, rulo) Flat | | 128.1 | 125.4 | 146.0 | 140.6 | 135.2 | 198.0 |
| Folyo Folio | | 31.4 | 34.7 | 39.5 | 43.4 | 50.7 | 60.0 |
| İletken Conductive Articles | | 30.0 | 33.0 | 35.0 | 33.2 | 50.0 | 70.0 |
| Diğer Other | | 52.8 | 56.5 | 59.8 | 63.3 | 55.0 | - |

Şekil 1.35 Türkiye alüminyum üretimi (Bin ton) [18].

Ülkemizde otomotiv endüstrisi, yan sanayi yada yabancı menşeli firmaların üretim üssü olmak dışında gelişmemiş olduğundan, alüminyum sektörü otomotiv endüstrisi dışındaki alanlarda ağırlıklı olarak faaliyet göstermektedir. Fakat otomotivde kullanılan alüminyum alaşım türleri Türkiye çapında farklı şehirlerde tedarik edilebilmekte olup beraberinde bazı kısıtlamalar (üretim methodları, üretim ekipmanları, üretim kapasitesi v.b.) getirmektedir [18].

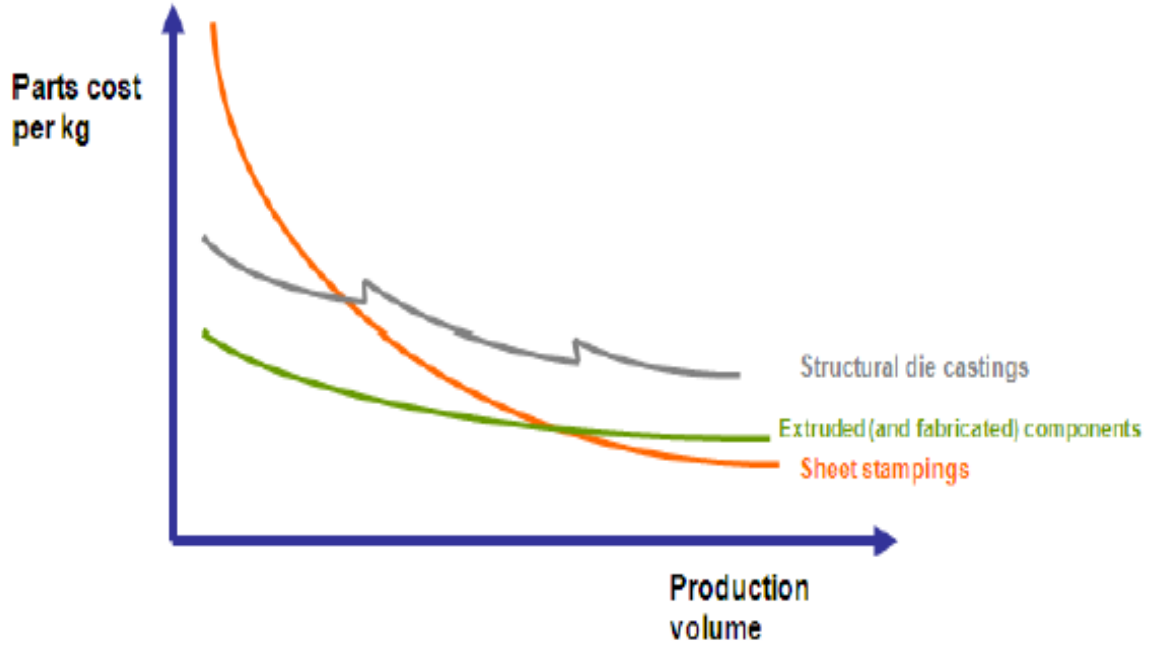
1.7 Şasi Üretim Felsefesi ve Montaj Metodları

Üretilen bütün alüminyum ürün çeşitlerinin bir şaside farklı oranlarda kullanımı, belirlenen fonksiyonel modülerlik ve farklı montaj gereksinimlerinin de göz önünde bulundurulması ile çok çeşitli tasarım konseptleri sunar. Kullanılacak alüminyum ürün çeşidi, tasarıma ve üretim adedine göre değişkenlik gösterir. Yüksek adetli (seri) üretimler için önemli olan minimum malzeme (ekipman) ve düşük montaj maliyetidir. Bununla beraber yüksek adetli üretimlerde ilk yatırım maliyetinin yüksek oluşu da göz önünde bulundurulur. Aksine düşük adetli üretimlerde ilk yatırım maliyetinin az olması beklenirken ekipman ve montaj maliyeti seri üretime kıyasla daha önemsizdir. Sonuç olarak düşük adetli üretimlerde, dökümden, ekstrüzyondan ve ek olarak levhaların birleşiminden oluşan hibrit yapılar tercih edilir.

Özellikle diğer alüminyum ürün çeşitlerine kıyasla daha düşük üretim maliyetinden dolayı alüminyum ekstrüzyon teknolojisi, düşük adetli üretimde kullanılan şasi

parçalarına daha uygundur. Bu durum mekanik işlemden geçmiş, düzlemsel ve iki boyutta büküm işlemi görmüş ekstrüzyon profiller için geçerlidir. Aksine daha kompleks operasyonlar (üç boyutlu bükümler, cnc işlemleri v.b.) ekstra maliyet getirmektedir. Bu durumda çözüm olarak yüksek kalite döküm teknolojisi tercih edilmektedir.

Aracın planlanan üretim hacmine bağlı olarak döküm, ekstrüzyon ve levha gibi değişken ürün formları değişken oran, geometri ve hacimde kullanılır. Aynı zamanda bu gibi çeşitli alüminyum ürünler gerek duyulduğu taktirde farklı malzemeler ile beraber kompozit yapıda da kullanılabilir.



Şekil 1.36 Maaliyet-Üretim hacmine göre değişen ürün kullanımı

Düşük, orta ölçekli ve yüksek adetli üretimlerde özgün, düşük maliyetli şasi ve ekipman tasarımı yapılırken göz önünde bulundurulması gereken başka faktörlerde vardır. Bu faktörlerden en önemlisi kullanılan farklı yapıdaki alüminyum ürünlerin ya da ihtiyaç duyulduğu taktirde kullanılan farklı tür malzemelerin birbirine entegrasyonunu doğru yapmak başka bir deyişle hibrid yapının montaj metodolojisinin doğru belirlenmesi gerekmektedir. Aksi taktirde sistemin doğru çalışması sağlanamayacağı gibi maliyet faktörü de kontrol altına alınamaz [13].

1.7.1 Şasi Montaj Metodları

Üretim hacmine göre kullanım oranları değişkenlik gösterse de farklı parçalardan oluşan bir şasinin montajında, kaynak, yapıştırma, civatalama yada perçinleme gibi yöntemler kullanılmaktadır.

1.7.1.1 Alüminyum Kaynak

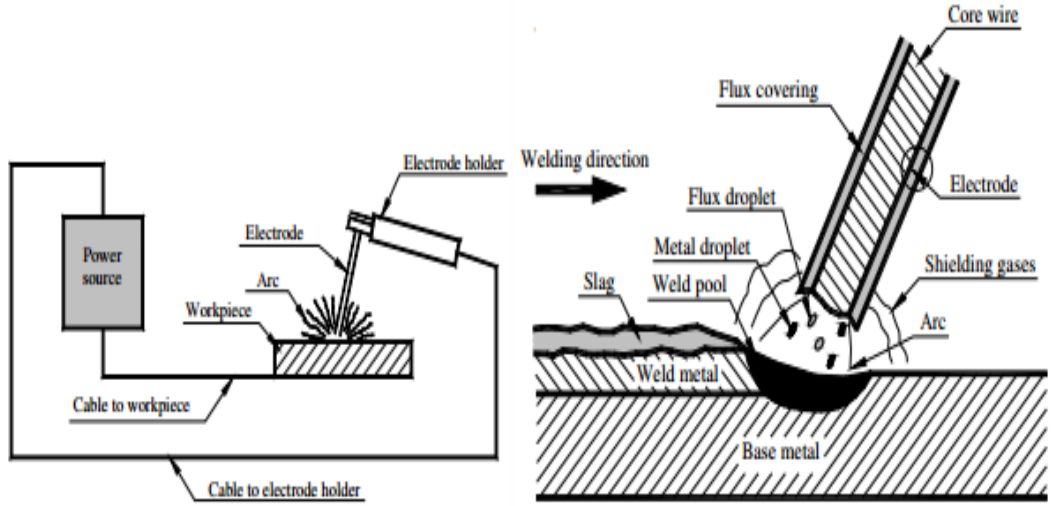
Çeşitli endüstri dallarında kullanılan alüminyum ve alaşımların günümüzde birleştirilmesi büyük oranda kaynakla yapılmaktadır. Alüminyum ve alüminyum alaşımları ergitme kaynak yöntemleri ile kaynak yapılabilir. Alüminyum malzemeler, yapısal çeliklere göre daha yüksek termik iletkenliğe sahip olduğundan kaynak nüfuziyeti daha düşük ve kaynak banyosunun gazlardan arınması daha geç olur. Sonuç olarak, kaynak dikişinde yetersiz ergime ve gözenekler oluşabilir. İş parçasını ön tav yaparak ve kalın kesitli malzemeleri kaynak esnasında da tavlayarak, bu tür kaynak hataları önlenebilir.

Kaynağa başlamadan önce, yüzeydeki alüminyum-oksit tabakası kaynak bölgesinden tamamen temizlenmelidir. Kaynak ağzı yüzeyleri ve kaynağa yakın bölgeler (kaynak ağzının en az 50 mm yakını) temiz, yağsız ve kuru olmalıdır. Bunların yanında, alüminyum malzemelerin kaynağında kullanılan el aletleri yalnız bu malzemeler için kullanılmalıdır. Alüminyum malzemeler çok yansıtıcı bir yüzeye sahip olduğu için, kaynak esnasında oluşan ultraviyole radyasyondan korunmak için koruyucu giysiler giymek zorunludur. En önemlisi ise kaynak işlemini gerçekleştirecek tecrübeli ve kabiliyetli bir operatör ile beraber uygun kaynak türünü seçmektir [19].

Alüminyum ve alaşımlarının kaynağında temel olarak üç yöntem tercih edilir;

- **MAG Kaynağı (Shielded Metal Arc Welding)**

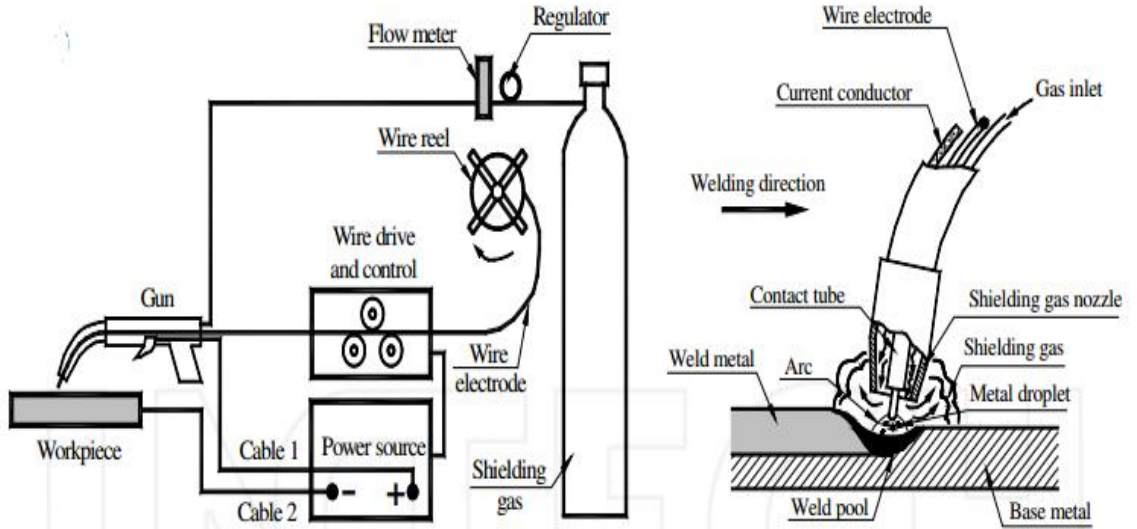
Bu kaynak türünde alüminyum, ısı ile eriyerek birleşme sağlar. Kaynağı sağlayan bu ısı, elektrot ile malzeme arasında oluşan elektrik akımı sayesinde elde edilir. Herhangi bir dolgu malzemesi kullanılmaz. Birleştirilmesi düşünülen malzemeler eriyerek birbirine kaynaklanır.



Şekil 1.37 MAG kaynak gösterimi [20].

- **MIG Kaynağı (Gas Metal Arc Welding)**

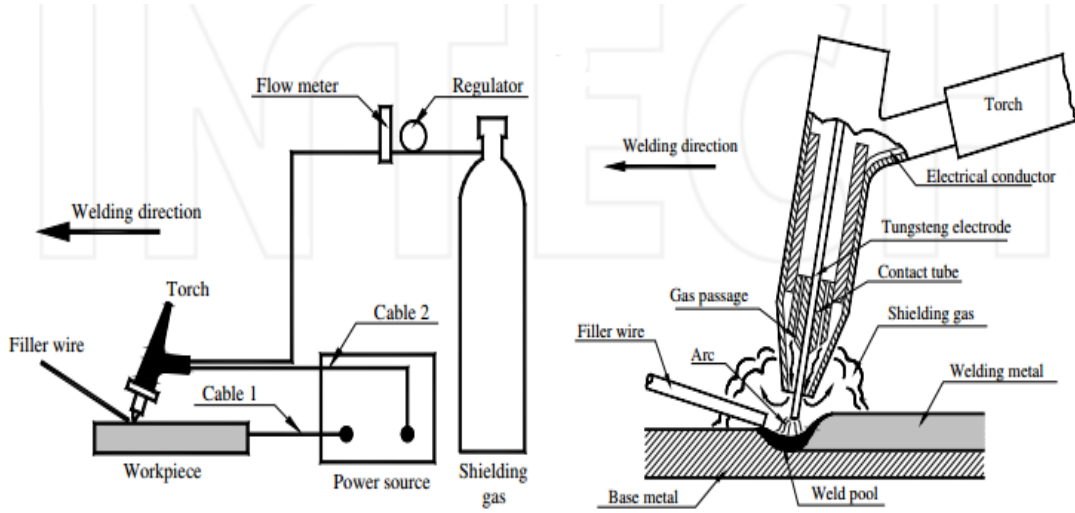
Bu kaynak türünde, alüminyumu eriterek birleşmesini sağlayan ısı, sistemde sürekli beslenen kaynak teli (elektrot) ile malzeme arasında oluşan akım sayesinde elde edilir.



Şekil 1.38 MIG kaynak gösterimi [20].

- **TIG Kaynağı (Gas Tungsten Arc Welding)**

Bu kaynak türünde erime ve birleşmeyi sağlayan ısı, bitmeyen tungsten elektrot ve malzeme arasında oluşan elektrik akımı sayesinde elde edilir. Ayrıca kaynağı yapılacak alüminyum türüne göre seçilen kaynak teli de kullanılarak kaynak bölgesinde dolgu sağlanır.



Şekil 1.39 TIG kaynak gösterimi [20].

1.7.1.2 Yapıştırma

Otomotiv endüstrisinde alternatif birleştirme metodu olarak yapıştırma sıkça kullanılmaktadır. Bu yöntem yüksek çekme ve darbe dirençli malzeme bağlantılarına imkan tanır ve montaj, onarım ve üretim için idealdir. Özellikle metal, sert plastik, lif birleştirme çalışma malzemeleri gibi birçok malzemenin konstrüksiyonunda ve bağlantılarında kullanılır.

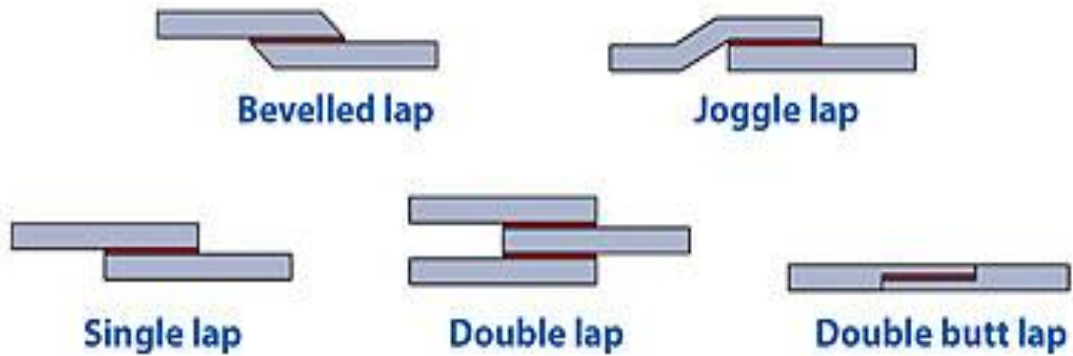
Spesifik uygulamalar için birçok değişik tipte yapıştırıcılar sunulmaktadır. Bu ürünler kullanım, sertleşme hızı, viskozite, renk, sıcaklık aralığı ve hedeflenen dayanıklılıklar açısından birbirinden ayrılır. En temelde epoksi adı verilen bu yapıştırıcılar genellikle iki komponentlidir ve diğer termoset plastikler gibi belli bir süre sonra sıvı halden katı hale geçer ve teknik özelliklerinde mevcut olan kurlenme süresinde ise olgunlaşarak nihai sertliğe ulaşır. Cam veya karbon elyafı ile epoksi kombinasyonu mükemmel mekanik dayanıklılığa sahiptir. Bu yüzden uzay, havacılık ve otomotiv teknolojilerinde çok kullanılır [21].



Şekil 1.40 Farklı uygulamalar için farklı yapıştırıcı türleri

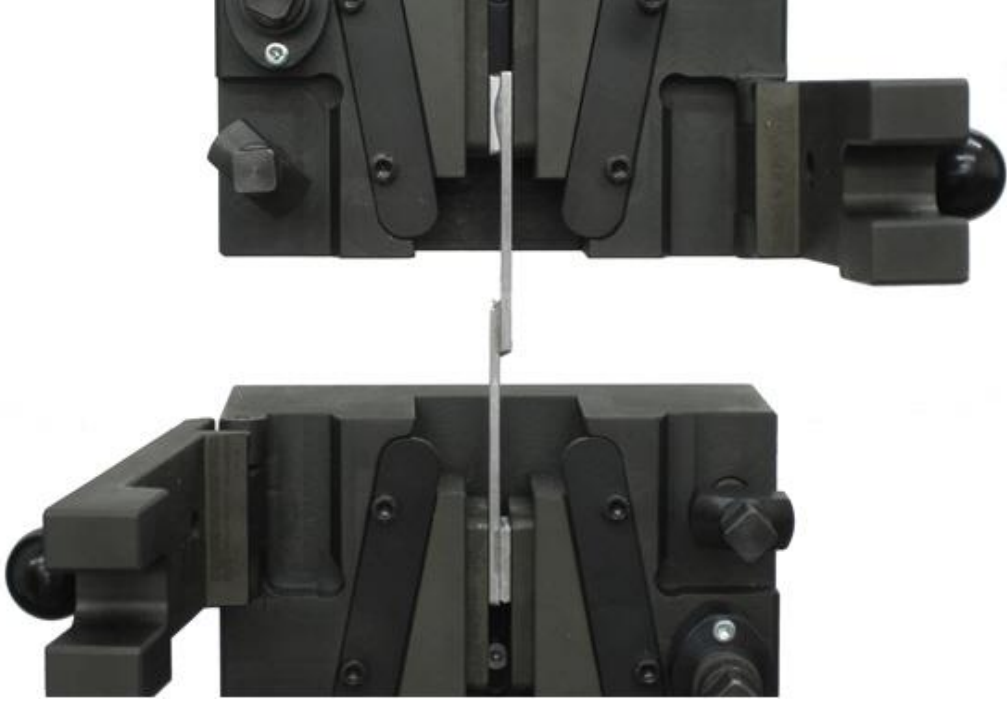
Yapıştırmanın kaynağa kıyasla birçok avantajı bulunmaktadır. Öncelikle geniş temas yüzeyli birleşmelerde kesin çözüm olmakla beraber bu yöntem kullanılarak kaynakta oluşabilecek süreksizliklerin önüne geçmek mümkündür. Bir diğer önemli avantajı ise özellikle alüminyum kaynağında, yüksek ısının oluşturabileceği olumsuz etkilerinden kurtulmaktır. Doğru uygulanabilecek yapıştırma metodu ile gerekli mukavemet ve hassasiyete ulaşmak mümkündür [22].

Kullanılacak uygun epoksi seçimi ve yapıştırma prosesinden doğru sonuçların elde edilebilmesi adına bu prosesin öncesinde uygulayıcının bazı testler yapması gerekmektedir. Aynı zamanda üreticinin de bir yapıştırıcının teknik verilerini belirleyebilmesi adına testler yapması gerekmektedir. Bu hususta ASTM D1002 gibi bazı test ve ölçüm standartları getirilmiştir.



Şekil 1.41 ASTM D1002 standartlarına göre uygulama yöntemleri

Şekil 1.27 ve 1.28’ de görüleceği üzere hazırlanan numune çeşitleri çekme testine tabi tutulur. Malzemenin koptuğu anda elde edilen yük değeri ile beraber yapışma yüzey alanı da belirli bir formülasyonda hesaba katılarak kullanılan yapıştırıcının mukavemeti ölçülebilmektedir. Yapıştırıcının mukavemet dışındaki ısı dayanım aralığı, viskozitesi ve sertleşme süresi gibi özellikleri de kimyasal kompozisyonuna göre ya da değişken ortam şartlarında uygulanan testler neticesinde belirlenebilmektedir.



Şekil 1.42 ASTM D1002 standartlarına göre bir çekme testi uygulaması [23].

1.7.1.3 Civatalama ve Perçinleme

Birçok endüstriyel alanda kullanılan cıvata ve perçin otomotiv endüstrisinde de pek çok alanda kullanılmaktadır. İki farklı materyali birbirine bağlamanın en kolay yolu olan bu yöntem kendi içinde çok çeşitlilik göstermektedir. Uygulamanın niteliğine ve istenen mukavemet değerlerine göre cıvata ve perçin geometrileri değişmekte olup kullanılacak ekipmanın malzemesi de değişmektedir.



Şekil 1.43 Otomotivde kullanılan çeşitli civata ve perçinler

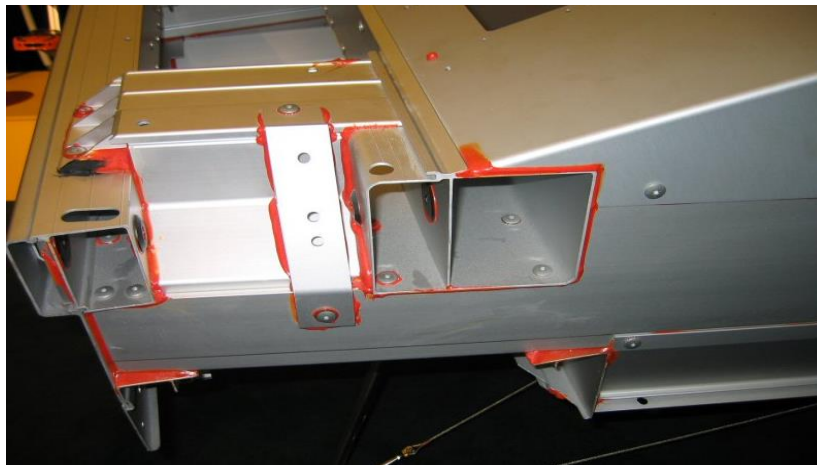
En genel pencereden bakıldığında modüler yapıdaki bir şasinin üretiminde, modüllerin gerektiğinde birbirinden ayrılabilmesi için kalıcı metotlar uygulamak yerine bu yöntem, doğru geometri tasarımı ve malzeme seçimi ile daha akılcı ve pratik olacaktır. Halihazırda aracın birçok bölgesinde montaj için kullanılan bu yöntem dezavantaj olarak birim parça sayısını artırmaktadır. Bu dezavantaja karşılık kaynak ile birleştirme yöntemine göre daha az işçilik ve zaman gerektirmektedir.



Şekil 1.44 Audi R8 perçin civata teknolojisi

Günümüzde civatalama ve perçinleme alanında çok farklı teknolojiler geliştirilmiştir. Şekil 1.30’da görüldüğü gibi bir civata, perçin gibi kullanılabilir. Bu yöntemde, civata uygulanacak bölge lokal olarak ısıtılarak civata uygulanır. Bu sayede malzeme üzerinde herhangi bir mekanik ön işlem gerekmeden düzlemsel parçaların birbirine yada şasinin herhangi bir bölgesine birleştirmesi rahatça sağlanır.

Şekil 1.31’de görüleceği üzere perçinleme yönteminde ise genelde iki malzeme arasında ön işlem olarak yapıştırma uygulanır. Bu kullanım şeklinde yapışan bölgenin geniş tutunma yüzeyine ek olarak bölgesel perçinleme ile daha kesin ve verimli bir montaj elde edilmiş olur.



Şekil 1.45 Lotus Elise perçinli yapıştırma teknolojisi [24].

2.EVT S1 ŞASI TASARIMI

Elektrikli araç üreten bir spor otomobil firması için son derece hafif, burulma ve eğilme rijitliği yüksek, düşük maliyetli ve özgün bir şasi tasarlanması tezin ana hedefidir. Literatürde birkaç firma haricinde, mevcut şasilerin birçoğunun üretimi oldukça maliyetlidir.

Bu çalışmada literatürde pek rastlanmayan derecede basit ve kolay üretilebilir bir şasi tasarımı ele alınmıştır. Araç M1 kategorisinde yer aldığından ötürü şasi, dünya asgari çarpışma güvenliği seviyesinde olmalıdır. Üretimimin ekonomik ve kolay olması açısından şasi, mümkün olduğunca düzlemsel ve/veya dairesel kesite sahip parçalardan oluşan bir yapıya sahip olacaktır. Bu çalışmada kesinlikle karbon-fiber ya da titanyum gibi yüksek maliyetli egzotik materyaller kullanılmayacaktır. Yerlilik oranının mümkün olduğunca yüksek olması hedeflendiğinden tasarım esnasında kullanılan parçaların çoğu yerli üreticilerin ürün gamından seçilecektir.

Tasarım denildiğinde yalın hali ile modelleme ya da çizim akla gelmektedir. Fakat tasarım kavramı analizden üretime kadar birçok aşama ile etkileşim halindedir ve gerektiğinde üretimin son aşamasına kadar güncellenmesi gereken bir süreçtir. Tezin bu bölümünde EVT S1'in şasisinin tasarım sürecinden ve aşamalarından bahsedilecektir.

Şasinin ilk taslak tasarımı EVT Motor Otomotiv San. Tic. A.Ş. proje ve ekip lideri Doç. Dr. Engin TANIK tarafından yapılmıştır.

2.1 Konsept Çalışması

Günümüzde otomobiller, boyutları, kullanım amaçları ve karoser tiplerine göre çeşitli sınıflara ayrılmaktadır. Büyük otomotiv firmaları halihazırda kurulu altyapı, tecrübe ve sahip oldukları teknolojik ekipman sayesinde farklı sınıflarda araç üretimi yapabilirken bu durum küçük ya da yeni kurulmakta olan firmalar için aynı değildir. Yeni kurulmakta olan bir firmanın kısa vadede araç çeşitliliği sunması mümkün değildir. Bu sebeple günün ihtiyaçlarına cevap verebilmesi ya da günümüz trendlere uygun bir hedef belirlemesi ve bunun için gereken yol haritasını çizmesi daha doğru olacaktır.

2012 yılının ortalarında kurulan EVT Motor Şirketi bu felsefe ile yola çıkmış ve Türkiye'nin otomotiv sektöründeki konumu ve potansiyeli de göz önünde bulundurularak üzerinde çalışılacak aracın konsepti belirlenmiştir.

Yüz yılı aşkın tarihe sahip birçok markanın yer aldığı bu sektörde, yeni bir oluşum olarak mevcut piyasadaki araçlar gibi bir araç tasarlayıp üreterek hayatta kalmak pek mümkün değildir. Bu durum bulunduğunuz ülkenin global otomotiv piyahasındaki konumu ile de birleşince ilk adımların doğru atılması çok önemlidir. Bu doğrultuda hızla önem kazanmakta olan elektrikli araçlara yönelmek, hem derin bir altyapı gereksiniminden kurtaracağı gibi aynı zamanda günümüz trendlerine de uyum sağlamayı mümkün kılacaktır. Bir diğer önemli konu ise bir marka olabilmektir. Bunu sağlayabilmenin yolu ise başarılı bir araç ortaya çıkarmak kadar insanoğlunun ilgisini ve beğenisini çekebilmeğe geçer.

Bütün bu parametreleri göz önünde bulundurularak M1 sınıfında iki kişilik elektrikli spor bir araç konsepti belirlemiş ve bu doğrultuda çalışmalarına başlanmıştır. Bu çalışmaların ilk adımlarından biri aracın taşıyıcı iskeleti yani şasisinin tasarımıdır.

2.2 Boyutlar Ölçülendirme ve Geometri Tasarımı

Bir şasinin tasarımında dikkate alınan ilk parametre teker açıklığı ve dingil mesafesidir. Bu ölçüler referans alındığında şasi tasarımı, kullanılacak şasi tipinden geometrisine, şasi malzemesinden montaj metotlarına kadar detaylı birçok adımdan geçmektedir.

Spor otomobiller şasi tiplerine ve tasarımlarına göre diğer otomobillerden farklılık göstermektedir. Bunun sebebi sınırlı sayıdaki üretimleri ve yüksek performans değerlerinden dolayı ihtiyaç duydukları güçlü yapıdır. Bir spor otomobilin ihtiyaç duyduğu güçlü yapının yanında gereken performans değerlerine ulaşabilmesi için aynı zamanda mümkün olduğunca hafif olması gerekmektedir. Spor otomobil kavramına birde aracın elektrikli olması eklendiğinde hafiflik en önemli tasarım felsefesi haline dönüşmektedir.



Şekil 2.1 Referans alınan örnek spor otomobiller

Literatürdeki birçok spor otomobil incelenerek belirlenen ölçüler neticesinde taslak çalışmaları başlamış ve eşzamanlı olarak yürüyen gövde ve süspansiyon tasarımı ile şasinin boyutları oluşmaya başlamıştır.

Şekil 2.1’de görüleceği üzere incelenen iki kişilik iki farklı spor otomobilin teker iz açıklığı, dingil mesafeleri, araç yükseklik ve uzunlukları referans alınarak iki kişilik bir spor otomobilin yaklaşık boyutları belirlenmiş ve ilk etapta bazı taslak şasi geometrileri oluşturulmaya başlanmıştır. Bu ön çalışmalar yapılırken daha sonraki aşamalarda daha çok dikkate alınacak olan üretim kolaylığı, üretim maliyeti ve sağlamlık gibi parametreler yine göz önünde bulundurulmuştur. Başka bir deyişle tasarımın ilk temelleri atılmıştır.

2.3 Alüminyum Malzeme ve Ürün Seçimi

Tasarımı yapılacak ve üretilecek olan şasinin boyutları belirlendikten sonra üzerinde çalışılması gereken en önemli konu şaside kullanılacak olan malzeme türüdür. Malzeme seçimi yapıldıktan sonra üretim yöntemlerine göre belirlenen şasi tipi ile beraber ana geometri oluşturulur.

Şasinin tasarım sürecinin en başında kullanılacak olan malzeme türünün, sağladığı çeşitli avantajlar nedeni ile 6xxx serisi alüminyum alaşımları olmasına karar verildi. Fakat bilineceği üzere alüminyum alaşımlar kendi içerisinde çok çeşitlilik göstermektedir. Bu sebeple kullanılacak olan alüminyum alaşım türü, şaside kullanılacak olan profil geometrilerinden, Türkiye’den tedarik edilebilirliğine kadar birçok etkene bağlıdır.

EVT S1 şasisinde, Türkiye sınırları içerisinde istenen geometride temin edilebilmesi, ileri mekanik özellikleri ve ekstrüzyon kabiliyeti gibi özellikleri dikkate alındığında gereken optimizasyonlar yapılarak 6061 serisi kullanılmasına karar verilmiştir.

Çizelge 2.1 Türkiye’de En çok Kullanılan 6xxx Serisi Üç Alaşımın Kıyaslaması

| Alaşım Türü | Maksimum Çekme Mukavemeti |
|-------------|---------------------------|
| 6063 | 245 MPa |
| 6061 | 310 MPa |
| 6082 | 340 MPa |

- **6061 Alüminyum Alaşımı**

Kimyasal kompozisyonu Si=0.6%, Cu=0.28%, Mg=1.0%, Cr = 0.20% şeklinde olan bu alaşım türü, Türkiye potansiyeli de düşünüldüğünde kullanılabilir en uygun alaşım türüdür.

Mekanik özellikleri bakımından en yaygın kullanılan (Çizelge 2.1’de görüleceği üzere) 6063 ve 6082 alaşımları arasında olmasına karşılık EVT S1 şasisinde kullanılan profil geometrilerine ve ekstrüzyonlara en uygun alaşım olarak belirlenmiştir.

Çizelge 2.2 6061 T6 Alaşımının bazı mekanik özellikleri

| Özellik | Metrik Birimde Değeri |
|-----------------------------|--|
| Yoğunluk | $2.70 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ |
| Elastik Modül | 69 GPa |
| Termal Genleşme (20°C) | $23.6 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ |
| Termal İletkenlik | 180 W/(m*K) |
| Elektriksel İletkenlik | $3.66 \cdot 10^{-8} \text{ Ohm} \cdot \text{m}$ |
| Çekme Mukavemeti (Maksimum) | 310 MPa |
| Akma Mukavemeti | 276 MPa |
| Sertlik | 95 HB |
| Tavlama Sıcaklığı | 413 °C |

Çizelge 2.2 ‘de 6061 alaşımının T6 temper değerinde çeşitli mekanik özelliklerine yer verilmiştir. Çekme mukavemetine bakıldığında yapısal alanda kullanılan birçok çeliğe yakın bir değere sahip olduğu görülmektedir. Bu alaşımın elektrik ve ısı iletkenliği de çok yüksektir. Bu da daha önce bahsedildiği gibi malzemenin kaynak kabiliyetini çok artırmaktadır. Aynı zamanda mekanik işlemlere uygun bir alaşım türü olduğundan piyasada farklı formlarda temin edilebilmektedir.

Çizelge 2.3 Temper değerlerine göre maksimum çekme mukavemeti değişimi

| Temper Türü | Maksimum Çekme Mukavemeti |
|-------------|---------------------------|
| 0 | 125 MPa |
| T4 | 235 MPa |
| T6 | 310 MPa |

Tablo 2.3' te görüleceği üzere en yüksek mukavemet değerine T6 ısıl işleminin neticesinde ulaşılmaktadır. Bu doğrultuda EVT S1 şasisinde kullanılan 6061 serisi alaşımda uygun üretici bulunarak T6 temper değerinde ürünler kullanılması hedeflenmiştir.

2.4 EVT Şasi Profil Geometrileri ve Tedarik

Daha önceki bölümlerde bahsedildiği gibi alüminyum çok çeşitli alaşım türlerinde ve ürün formlarında bulunabilmektedir. Bu çeşitlilik tasarımı esnekliği sağlamakla beraber alüminyumun kullanım alanlarını da artırmaktadır. Dikkate alınması gereken en önemli nokta hangi alaşım türünün hangi üretim yöntemine uygun olacaktır. Bu önemli nokta çeşitliliği bir nebze olsun sınırlandırmaktadır.

Hammadde ve cevher formatından çeşitli kimyasal işlemler neticesinde çeşitli alaşımlara dönüşen alüminyum, ardından da uygulama alanlarına göre değişik geometrilere dönüştürülüp kullanılmaktadır. Bu geometriler daire, dikdörtgen ya da özel tasarım kesitlere sahip olabileceği gibi levha, plaka ya da döküm neticesinde üretilmiş ürünler şeklinde de olabilir. Otomotiv sektöründe ise alüminyum, neredeyse bütün ürün formatlarında kullanılabilir. Alüminyumun çeşitliliği ve ürün yelpazesi EVT S1'in şasi tasarımı sürecinde kolaylık sağlamış olup gerektiğinde yapılacak değişikliklere izin vermiştir.

2.4.1 Üretici Firmalar

Dünya genelinde birçok alüminyum üreticisi bulunmaktadır. Bunlardan bazıları özellikle otomotiv, havacılık ve savunma sanayii gibi alanlarda faaliyet göstermektedir. Bu gibi özel çalışma alanları üretim kalitesinin standartlarını artırdığı gibi faaliyet gösterilen sanayii dalının ihtiyaçlarının karşılanması adına da büyük önem teşkil etmektedir. Örneğin derin bir geçmişe ve altyapıya sahip yabancı menşeli birçok otomotiv firması kullandığı alüminyum ürünleri belli bazı üreticilerden temin etmektedir.

Türkiye'de sanayi gelişmiş olduğundan alüminyum piyasası da çok geniştir. Çeşitli formlarda üretim yapan ya da bu formları ithal eden birçok kuruluş bulunmaktadır. Fakat otomotiv sektörüne yan sanayi dışında direkt hizmet eden, ürün sağlayan belirli bir kuruluş yoktur. Bunun başlıca sebebi, ülkemizin otomotiv sektöründe kendi markasını ortaya çıkaramamış olmasıdır.

Türkiye'nin ilk yerli elektrikli spor otomobili olma felsefesi ile yola çıkan EVT Motor Şirketi, tasarım sürecinde ülke sınırları içerisindeki en büyük alüminyum üreticisi ile gerekli anlaşmaları gerçekleştirmiş ve sürecin her bir adımında veri transferi yolu ile kullanılacak malzeme ve geometri optimizasyonunu yapmıştır. Bu sayede hem tasarım belirli bir plan dahilinde profesyonel bir şekilde ilerlemiş hem de otomotiv sektöründe Türkiye'de bir ilk gerçekleşmiştir.

Anlaşma sağlanan bu firma başta olmak üzere küçük ölçekli ithalatçı firmalar ile de çeşitli görüşmeler yapılmış ve şaside kullanılacak değişik ürün geometrilerinin temini için altyapı oluşturulmuştur.

2.4.2 Katalog Profil Kullanımları

Bilineceği üzere değişik geometrik kesite sahip bütün alüminyum profiller ekstrüzyon işlemi ile üretilir. Üretici firmaların özel tasarımlar haricinde, halihazırda üretimini yaptığı standart geometriler vardır. Standart dışı özel bir tasarımın kalıp maliyeti düşünüldüğünde, tasarım esnekliği de göz önünde bulundurularak standart katalog profillerinin kullanımına ağırlık vermek doğru bir adım olacaktır.

Tasarım sürecinde dikkate alınan en önemli parametre olan maliyet, şasi de kullanılacak profil seçimlerinde de etkili olmuştur. Şaside kullanılacak olan profiller, anlaşma sağlanan firmanın şekil 2.2'de verilen ürün katalogları yardımı ile belirlenmiş ve tasarım sürecinde yapılması gereken değişiklikler bu kataloglar dışına çıkılmadan yapılmıştır.

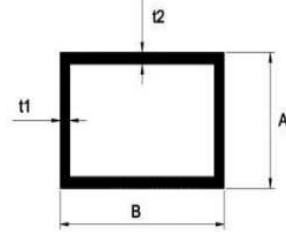
Anlaşma sağlanan üretici firmanın ürün kataloğundan sadece daire ve dikdörtgen kesitli profil seçimi yapılmıştır. Bunun sebebi şaside kullanılacak olan profillerden kritik öneme sahip olanları bu tip profillerdir ve özellikle belirlenen alaşım ve temper türünde olması gerekmektedir. Şaside kullanılacak diğer profil ve parçaların 6xxx serisi olması yeterlidir ve daha küçük çaplı firmalardan rahatlıkla temin edilebilmektedir.

BORU PROFİLLERİ / Tube Profiles



| D | d | t | kg/m | Profil No | D | d | t | kg/m | Profil No |
|------|------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|--------|-----------|
| 30 | 26,4 | 1,8 | 0,432 | 456 | 60 | 30,5 | 14,75 | 5,659 | 6848 |
| 32 | 22 | 5 | 1,145 | 2465 | 60 | 54 | 3 | 1,450 | 425 |
| 32 | 26 | 3 | 0,738 | 420 | 64,8 | 60,3 | 2,25 | 1,193 | 414 |
| 35 | 8 | 13,5 | 2,461 | 426 | 65 | 60 | 2,5 | 1,326 | 3910 |
| 35 | 6,5 | 14,25 | 2,508 | 8034 | 70 | 40,2 | 14,9 | 6,960 | 6818 |
| 35 | 25 | 5 | 1,272 | 424 | 70 | 40,5 | 14,75 | 6,909 | 6849 |
| 35 | 29 | 3 | 0,814 | 438 | 70 | 50 | 10 | 5,087 | 455 |
| 35 | 32,6 | 1,2 | 0,343 | 6920 | 75 | 50 | 12,5 | 6,623 | 3868 |
| 35,5 | 6,5 | 14,5 | 2,584 | 8062 | 75 | 72,6 | 1,2 | 0,751 | 421 |
| 38 | 12 | 13 | 2,755 | 405 | 80 | 50,5 | 14,75 | 8,160 | 6850 |
| 40 | 4,4 | 17,8 | 3,350 | 440 | 80 | 77 | 1,5 | 1,000 | 5354 |
| 40 | 6 | 17 | 3,318 | 8001 | 100 | 70 | 15 | 10,816 | 454 |
| 40 | 20 | 10 | 2,546 | 6999 | 101,6 | 99,1 | 1,25 | 1,063 | 459 |
| 40 | 20,2 | 9,9 | 2,530 | 8000 | 105,5 | 100 | 2,75 | 2,395 | 3904 |
| 40 | 25 | 7,5 | 2,067 | 458 | 127 | 124,3 | 1,35 | 1,438 | 495 |
| 40 | 34 | 3 | 0,941 | 465 | 131 | 125 | 3 | 3,256 | 6200 |
| 40 | 35 | 2,5 | 0,795 | 407 | | | | | |
| 40 | 36 | 2 | 0,645 | 3320 | | | | | |
| 40 | 37 | 1,3 | 0,427 | 6884 | | | | | |
| 40 | 37 | 1,5 | 0,491 | 6921 | | | | | |
| 40,2 | 10 | 15,1 | 3,213 | 411 | | | | | |
| 40,2 | 30,3 | 4,95 | 1,479 | 412 | | | | | |
| 41 | 38,3 | 1,35 | 0,454 | 435 | | | | | |
| 42 | 30 | 6 | 1,831 | 452 | | | | | |
| 44,5 | 20,3 | 12,1 | 3,324 | 413 | | | | | |
| 45 | 40,3 | 2,35 | 0,850 | 428 | | | | | |
| 50 | 6 | 22 | 5,227 | 8002 | | | | | |
| 50 | 30 | 10 | 3,391 | 6888 | | | | | |
| 50 | 42 | 4 | 1,560 | 453 | | | | | |
| 50 | 44 | 3 | 1,195 | 429 | | | | | |
| 50 | 45 | 2,5 | 1,007 | 460 | | | | | |
| 50 | 46 | 2 | 0,814 | 427 | | | | | |
| 50 | 47,4 | 1,3 | 0,537 | 6865 | | | | | |
| 54,8 | 50,3 | 2,25 | 1,005 | 461 | | | | | |
| 55 | 40,5 | 7,25 | 2,935 | 430 | | | | | |
| 57 | 55 | 1 | 0,475 | 8015 | | | | | |
| 59,8 | 55,3 | 2,25 | 1,099 | 423 | | | | | |
| 60 | 20,3 | 19,85 | 6,758 | 496 | | | | | |

KUTU PROFİLLER Rectangular Profiles



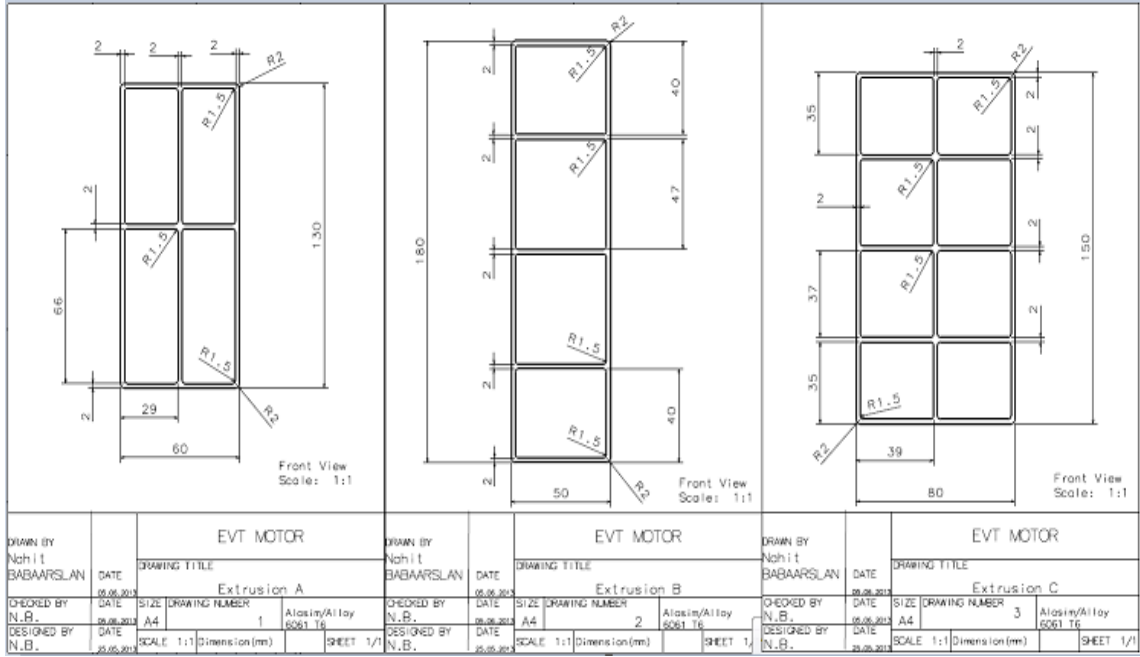
| A | B | t1 | t2 | kg/m | Profil No | A | B | t1 | t2 | kg/m | Profil No |
|----|-----|------|------|-------|-----------|-----|-----|------|------|-------|-----------|
| 10 | 20 | 1,5 | 1,5 | 0,219 | 1800 | 40 | 40 | 2 | 2 | 0,821 | 32 |
| 14 | 14 | 1 | 1 | 0,140 | 63 | 40 | 40 | 4 | 4 | 1,555 | 6987 |
| 15 | 15 | 1,5 | 1,5 | 0,219 | 3887 | 40 | 50 | 1,2 | 1,2 | 0,568 | 39 |
| 17 | 25 | 1,3 | 1,3 | 0,277 | 8 | 40 | 50 | 1,6 | 1,6 | 0,750 | 9 |
| 17 | 27 | 2 | 2 | 0,432 | 3881 | 40 | 60 | 1,25 | 1,25 | 0,658 | 46 |
| 20 | 40 | 1,1 | 1,1 | 0,343 | 6895 | 40 | 60 | 3 | 2 | 1,231 | 50 |
| 20 | 40 | 1,3 | 1,3 | 0,403 | 6 | 40 | 80 | 1,5 | 1,5 | 0,948 | 22 |
| 20 | 40 | 2 | 2 | 0,605 | 6205 | 40 | 80 | 2 | 2 | 1,253 | 40 |
| 20 | 45 | 1,8 | 1,8 | 0,597 | 18 | 40 | 80 | 3 | 3 | 1,847 | 6985 |
| 20 | 50 | 1,3 | 1,3 | 0,473 | 30 | 40 | 100 | 2 | 2 | 1,469 | 23 |
| 20 | 50 | 1,8 | 1,8 | 0,645 | 28 | 45 | 70 | 2 | 2 | 1,215 | 2112 |
| 20 | 60 | 1,8 | 1,8 | 0,743 | 19 | 45 | 90 | 2 | 2 | 1,415 | 2113 |
| 20 | 80 | 1,25 | 1,25 | 0,658 | 52 | 50 | 30 | 1,5 | 1,5 | 0,624 | 8064 |
| 20 | 100 | 1,8 | 1,8 | 1,134 | 6942 | 50 | 50 | 1,8 | 1,8 | 0,937 | 16 |
| 25 | 40 | 1,3 | 1,3 | 0,438 | 3 | 50 | 50 | 3 | 3 | 1,523 | 26 |
| 25 | 45 | 1,3 | 1,3 | 0,473 | 33 | 50 | 95 | 1,5 | 1,5 | 1,150 | 42 |
| 25 | 50 | 1,8 | 1,8 | 0,694 | 27 | 50 | 95 | 2 | 2 | 1,523 | 21 |
| 25 | 65 | 1 | 1 | 0,475 | 65 | 50 | 100 | 2 | 2 | 1,577 | 6913 |
| 25 | 75 | 1,5 | 1,5 | 0,786 | 20 | 50 | 150 | 2 | 2 | 2,120 | 66 |
| 30 | 30 | 1,4 | 1,4 | 0,432 | 4 | 53 | 53 | 3,5 | 3,5 | 1,870 | 7266 |
| 30 | 30 | 4 | 4 | 1,123 | 6998 | 59 | 59 | 1,8 | 1,8 | 1,112 | 31 |
| 30 | 80 | 1,5 | 1,5 | 0,867 | 25 | 60 | 120 | 1,8 | 1,8 | 1,715 | 24 |
| 32 | 75 | 1,3 | 1,3 | 0,733 | 5 | 70 | 70 | 4 | 4 | 2,851 | 34 |
| 35 | 55 | 3 | 3 | 1,361 | 29 | 80 | 80 | 2 | 2 | 1,665 | 80 |
| 40 | 40 | 1 | 1 | 0,421 | 3885 | 100 | 100 | 2,5 | 2,5 | 2,633 | 100 |
| 40 | 40 | 1,1 | 1,1 | 0,462 | 6851 | | | | | | |
| 40 | 40 | 1,2 | 1,2 | 0,503 | 7 | | | | | | |

Şekil 2.2 Üretici firmanın boru ve dikdörtgen kesit ürün kataloğu [25].

2.4.3 Yeni Tasarım Ekstrüzyon Kullanımı

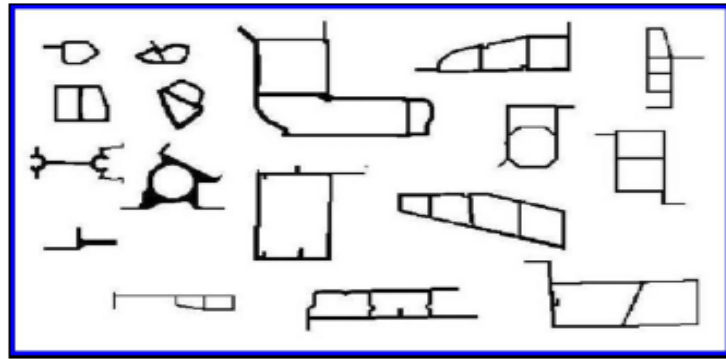
Şasinin tasarım sürecinde birçok bölgede üreticinin standart profilleri tercih edilebilirken, katalog dışı kullanımda, belirlenen geometriye uygun yeni bir tasarım söz konusu olabilmektedir. Böylelikle üretici firmanın hem standart profilleri kullanılırken aynı zamanda firma, yapılan farklı tasarımı da yeni bir kalıp hazırlayarak üretebilmektedir.

Standart dışı yeni geometri tasarlanmadan evvel öncelikli olarak ekstrüzyon geometrisini belirleyen parametreler (firmanın üretim hattı, pres çapı.. v.s) detaylı incelenir ve sürekli bilgi transferi yolu ile geometri tasarımı yapılır. Daha sonrasında üretici firma bu tasarıma uygun yeni kalıplar hazırlayarak bu kalıplardan belirlenen boy ve adette üretim yapar. Hazırlanan bu kalıp ile bir anlamıyla şaside kullanılan bütün profillerin standardizasyonu yapılmış olur.



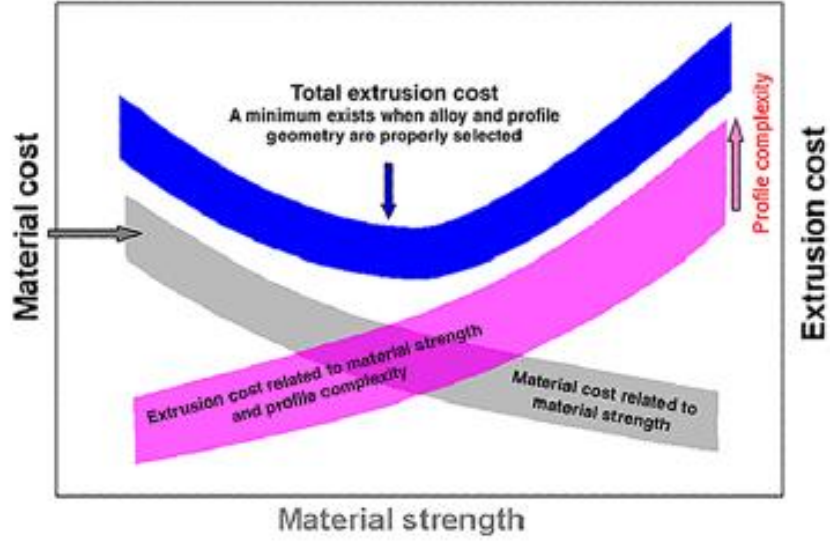
Şekil 2.3 EVT bünyesinde katalog dışı özel üretimi yapılan profiller

Genellikle üretici firmaların ürün katalogunda içi boş kesitli profiller yer almaktadır. Bu tip profiller firmanın standart profilleri olup bütün müşterilere açıktır. Ayrıca otomotiv dışındaki sektörlerde kullanılmak üzere çok farklı geometri ve standartlara sahip profillerde kataloglarda yer almaktadır. Şasinin tasarım aşamasında sağlam ve dayanıklı olması öngörülen bölgelerde standart profil seçimine başvurmak pek sağlıklı bir çözüm değildir. Bunun sebebi o bölgenin istenen dayanıma ulaşabilmesi için kullanılan profil et kalınlıklarını artırmak gerekmektedir. Bir profilin kalınlığını artırmak malzemenin atalet ve dayanımını artırmasına rağmen ağırlığını daha çok artırmaktadır. Bunun optimizasyonunun doğru yapılması ve gerektiğinde farklı çözümlere gidilmesi gerekmektedir.



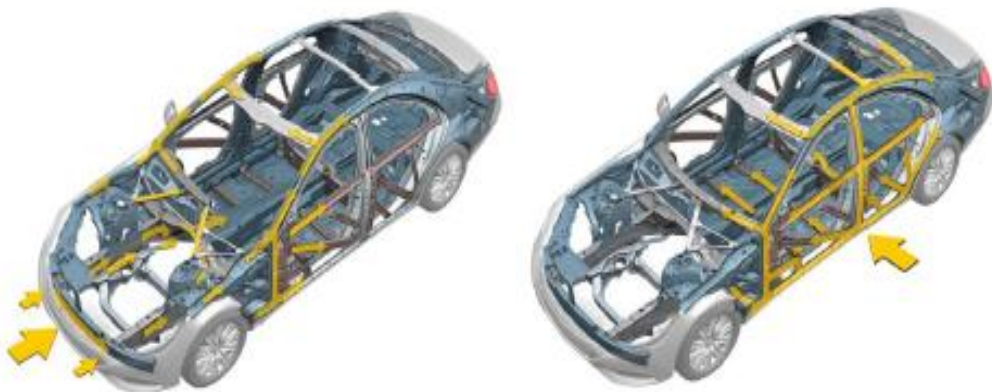
Şekil 2.4 Farklı tipte ekstrüzyon kesitleri

Bir ekstrüzyonun iç yapısı çok çeşitli olabilmektedir. Kesitin farklı bölgelerinde değişik kalınlıklar olabileceği gibi farklı açılarda iç federlere (iç kesit destekleri) de sahip olabilmektedir. Doğru bir tasarımla bir ekstrüzyonun yapısı karmaşıklıkla dayanımı artar fakat aynı zamanda kalıp maliyeti artar ve üretimi zorlaşır.



Şekil 2.5 Extrüzyon yapısına göre maliyet ve mukavemet değişimi [12].

Bir profilin ağırlığını çok fazla artırmadan o profili istenen dayanıma ulaştırmanın en akılcı yolu iç kesitinin içerisine çeşitli destekler başka bir isimle federler yerleştirmek olacaktır. Şekil 2.6'da örneği verilen yüklenme doğrultusuna göre tasarlanacak bu destekler yardımıyla profil hem güçlendirilmiş olur hem de gereksiz ağırlık artışı engellenir.



Şekil 2.6 Mercedes S sınıfında ekstrüzyon tasarımını etkileyen kaza anındaki yüklenme senaryoları [13].

2.4.4 Düzlemsel Şasi Parçaları

Bir araç şasisinde birçok bölgede düzlemsel parçalar kullanılabilir. En basit örnek olarak alüminyum gövdeye sahip araçların gövde panelleri ham halde sac formatındadır daha sonra presler yardımı ile istenen şekle getirilir. Ayrıca farklı şasi tiplerinde kullanılan elemanlar da ham halinde sac formatındadır daha sonrasında şekillendirilip gerektiğinde üst üste kaynatılarak şasi profilleri elde edilmiş olur.

Bu gibi örneklerin dışında, ilerleyen kısımlarda değinileceği üzere EVT bünyesinde geliştirilen şasinin de birçok bölgede düzlemsel alüminyum ya da farklı malzeme türleri kullanılmıştır. Bunlardan bazıları süspansiyon bağlantı bölgeleri, emniyet kemeri bağlantı bölgesi gibi güçlendirilmesi gereken bölgeler ve aracın taban kısmı alüminyum olacak şekilde, aracın taşıyıcı ön kısmı yani ön traversi ile kabin bölgesi arasında çarpışma anında güçlendirici olarak yerleştirilen çelik şeklinde de olabilmektedir.



Şekil 2.7 Bir montajı güçlendirmek amacı ile kaynaklanmış düzlemsel destekler

Şekil 2.7’de görüleceği üzere düzlemsel parçalar çoğu zaman bir profilin ya da bağlantının güçlendirilmesi amacı ile kullanılmaktadır. Örneğin kullanılan bir standart profilin herhangi bir boyutta güçlendirilmesi gerektiğinde o bölgeye destek olarak düzlemsel bir parçanın birleştirilmesi yapılabilmektedir. Bu yöntem, döküm metodu ile elde edilebilen 3 boyutlu kompleks bir geometrinin üretim zahmetinden kurtarabileceği gibi maliyet açısından da avantajlı olabilmektedir.

2.5 EVT Modüler Şasi Tasarımı

Hafif ve uzun menzile sahip güvenilir bir elektrikli spor araç üretmek ve geliştirmek felsefesi ile yola çıkan EVT Motor bünyesinde ilk adım olarak literatürde yer alan benzer bütün araçlar incelenmiş, hem gerekli araştırmalar yapılarak hem de somut olarak en yakın konseptteki bir spor araç detaylı bir şekilde incelenerek gerçekleştirilmiştir. Araştırmalar neticesinde gereksinimler doğru belirlenmiş ve bu doğrultuda bir yol haritası çizilmiştir.

Üretimin, bir ürün elde etmenin ilk adımı tasarımıdır. Tasarım ne kadar hatasız ise, doğru üretim yöntemleri ile istenen ürünü elde etmekte o kadar mümkündür. Tasarım süreci, ilk olarak yapılan taslak çalışmalarını takiben üretim aşamasına kadar devam eder, gerektiğinde öngörülemez üretim hataları sebebiyle üretim sonrasında bile revizyon geçirebilecek bir kavramdır tasarım.

Tasarım neticesinde elde edilen ilk ürün ya da ürünler prototip olarak adlandırılır. Prototip üretmenin amacı bir tasarımın ürüne dönüşebileceğini ispatlamak, öngörülemez hatalara ve eksikliklere karşılık gerekli düzenlemeleri yapabilmek için zemin oluşturabilmektir. En nihayetinde ise hedeflenen çoklu üretime başka bir deyişle ürünü seri üretime hazırlamaktır.



Şekil 2.8 Mercedes SLS Amg prototip kil modeli

Otomotiv sektöründe tasarım kavramı kendi içerisinde birçok kategoriye ayrılmaktadır çünkü bir otomobil birçok mekanik ve endüstriyel yapının bir araya gelmesi ile oluşur. Bu sebeple bir araç tasarımını iki temel kategoriye ayırmak doğru olacaktır; mekanik ve endüstriyel tasarım. Bu tez çalışmasında daha çok mekanik tasarım üzerine ağırlık verilmiş olup EVT Motor bünyesinde geliştirilen elektrikli aracın şasi tasarım süreci detaylı anlatılacaktır.

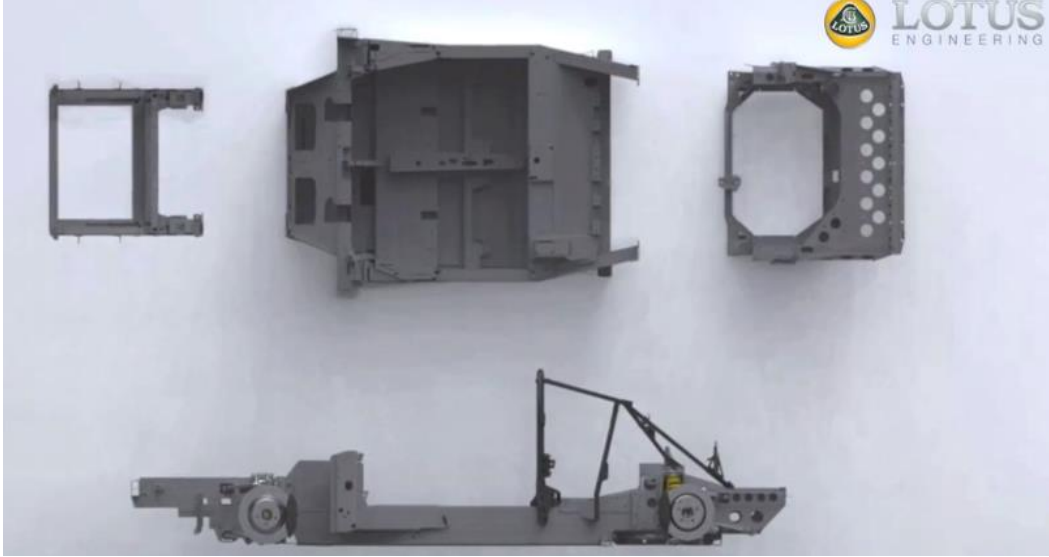
Bir otomobil firması yeni bir model geliştirirken bünyesindeki bütün birimler kendi içerisinde bağımsız ama temelde ortak çalışırlar. Aracın şasisi yani taşıyıcı yapısı, motor ve ekipmanların tasarımı, gövde tasarımı gibi diğer bütün yapıların tasarımları ile etkileşim halindedir. Bu etkileşim tasarım bütünlüğünü sağlamaktadır.

Geliştirilen yeni model varsa bir önceki neslinden daha farklı bir şasi yapısına sahip olacaktır fakat bu model devam eden yıllarda çeşitli değişimlere uğrasa bile mevcut şasi yapısını büyük ölçüde koruyacaktır.

Daha öncede bahsedildiği gibi farklı sınıflarda yer alan araçlar farklı şasi tipine sahip olabilmektedir. Aynı sınıfta yer alan ve aynı şasi tipine sahip araçlarda ise kimi zaman şirket politikalarına kimi zamanda üretim felsefesine bağlı olarak farklı malzemeler kullanılabilir. EVT Motor bünyesinde hafif ve güvenli bir elektrikli spor araç üretimi hedeflendiğinden tasarım sürecinin her aşamasında bu hedefler doğrultusunda çalışmalar yapılmıştır.

Üzerinde çalışılan bu araca, S1 model adı verilmiştir. Bu model için tek bir prototip yerine birden fazla prototip planlaması yapılmış bu sayede çoklu üretime kadar hatasız bir ürün hedeflenmiştir başka bir deyişle tasarım süreci hep güncel kalmıştır.

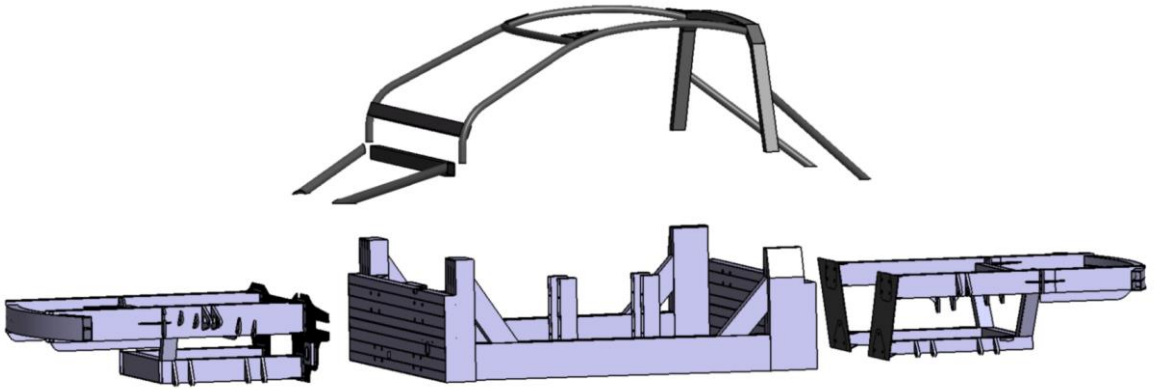
S1 şasi tasarımında alüminyum alaşım en temelde ve en çok olmak üzere farklı malzeme türlerinden de yararlanılmıştır. Bu şasi, tub yani küvet tipi şasi konseptine uygun bir şekilde modüler olarak tasarlanmıştır. Bu modülerlik çeşitli montaj yöntemlerinden yararlanmayı sağlamıştır. Bu çeşitlilik ise üretimde esneklik sağlamıştır. Şekil 2.9'da görüleceği üzere Lotus firması Evora modelinde üç alüminyum modül ve çelik kafes olma üzere dört modülden oluşan küvet tipi bir şasi üretmektedir.



Şekil 2.9 Lotus Evora modüler şasi

Tasarım sürecinde birçok değişiklik olmuştur. Sürecin başlarında belirlenen araç ölçüleri ve teknik girdiler ile profil geometrilerine çok dikkat edilmeden ilk taslak çalışması yapılmış ve bu çalışmadan yola çıkılarak zaman içerisinde tasarım, konseptin dışına çıkılmadan çok sayıda ana değişikliğe uğramıştır. Bu gibi büyük değişikliklerin yanında üretime kadar hatta ürün elde edildikten sonra dahi küçük çaplı geometrik değişiklikler söz konusu olmuştur.

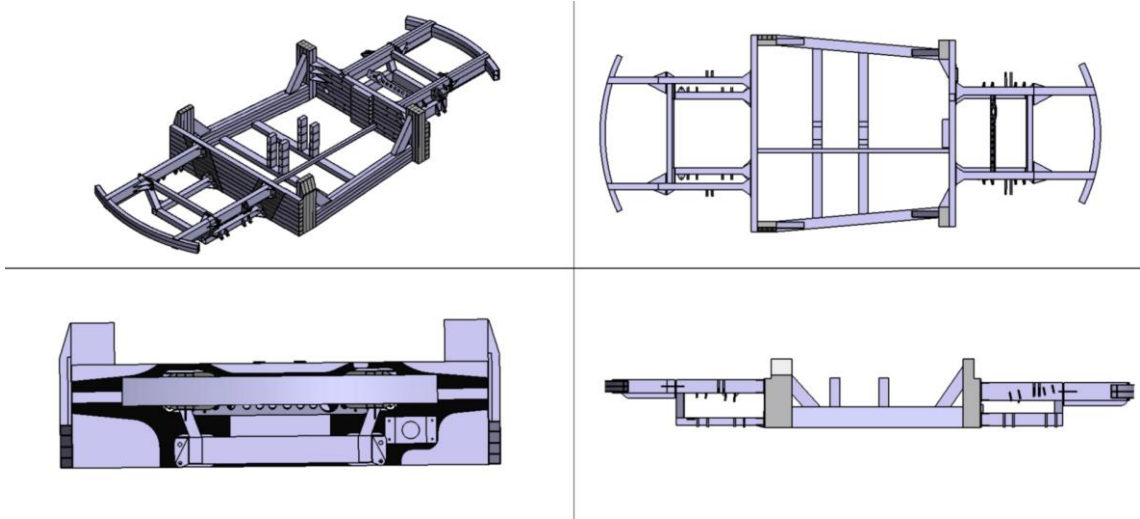
EVT S1 en temelde taşıyıcı şasi ve kabin kafesi olmak üzere iki ana yapıdan oluşmuştur. Taşıyıcı şasi kendi içerisinde modüler üç ana yapıdan oluşmaktadır. Bu yapıların tasarımı esnasında aracın daha önceden belirlenen boyutları, ergonomik faktörler ve güvenlik gibi konular önemli rol oynamıştır.



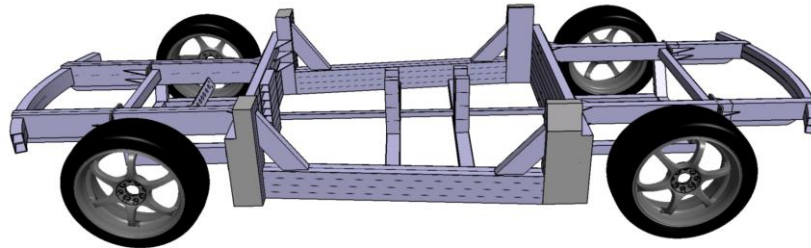
Şekil 2.10 Modüler S1 şasi tasarımı

2.5.1 Ana Şasi Yapısı

Bir insandaki iskelet sistemine benzer olarak araçların iskeleti de şasisidir. Bu iskeletin omurgası ise şasinin taşıyıcı ana yapısıdır. Başka bir deyişle aracın üzerine inşa edildiği temeldir. S1’ de belirlenen konsept dahilinde bu yapı, düzlemsel ve kutu profillerden oluşarak modüler olarak tasarlanmıştır.



Şekil 2.11 Ana şasi yapısı



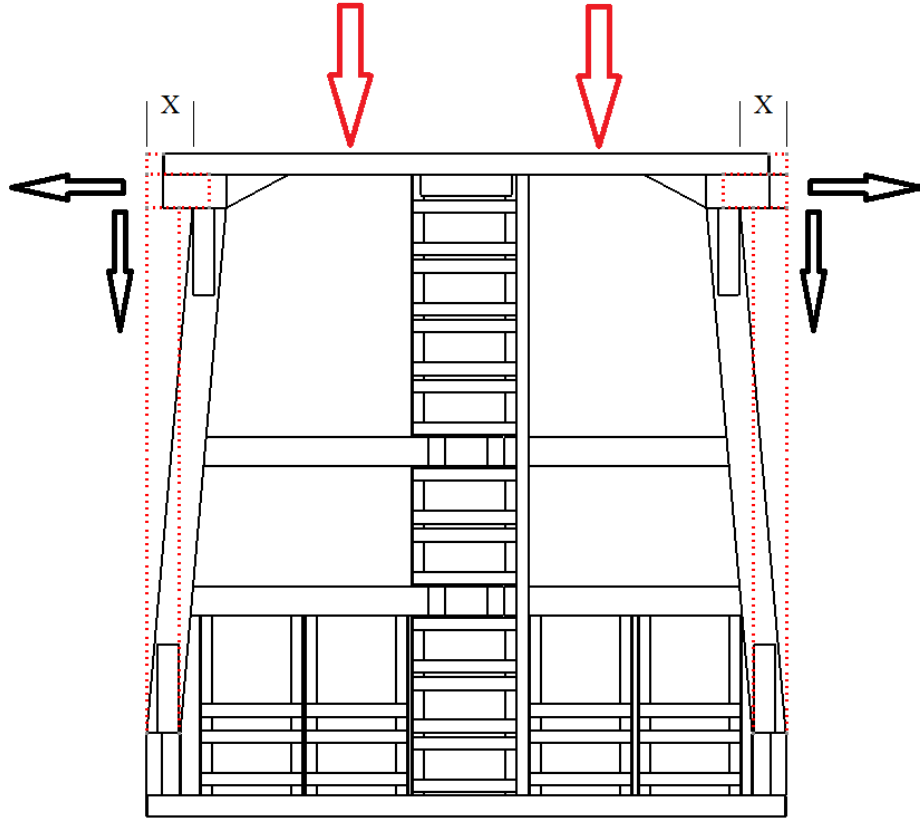
Şekil 2.12 Ana şasi yapısı ve tekerlerin konumu

Şekil 2.12’da görüleceği üzere aracın belirlenen tekerler arası mesafe ve teker iz açıklığı ölçülerine göre tasarlanan bu taşıyıcı yapı 38 standart katalog profili, 16 adet EVT tasarımı ekstrüzyon profilden ve 133 adet düzlemsel parçadan oluşmaktadır. Kesit kalınlıkları alüminyum profil bazında 1.3mm’den 3.5mm’e kadar, düzlemsel parça bazında 1mm’den 12mm’e kadar değişmekte olup çelik bazında 2mm ile sınırlı kalmıştır. Bu aşamada tasarımı etkileyen en önemli parametre aracın planlanan geometrisidir. Daha sonraki bölümlerde değinilecek olan montaj metodolojisine göre boyut ve konum toleransları verilmiştir.

Ana taşıyıcı yapının bütün profilleri 6061 serisi T6 alüminyum olmakla beraber, sac formatında çelik malzemeden de yararlanılmıştır. Yine daha sonraki bölümde detaylı bahsedilecek olan çeşitli analizler neticesinde ana yapının güvenlik anlamında başarılı tasarlanması sağlanmıştır.

2.5.1.1 Küvet Modül Tasarımı

Şasinin ana taşıyıcı yapısında küvet diye tabir edilen bölge, şasinin orta kısmıdır. Tasarım sürecinin ilk döneminde sürücü, yolcu ve batarya modüllerinin konumlandırmasına göre ölçülendirilen bu bölge zaman içinde yeni ekipman tasarımları, ergonomi ve güvenlik faktörlerinin daha çok etkin rol oynamasıyla beraber nihai ölçülerine kavuşmuştur. Küvet tasarımında kaynak ve yapıştırma kullanılması planlanmış ve birleşme noktalarının tasarımı buna göre yapılmıştır.



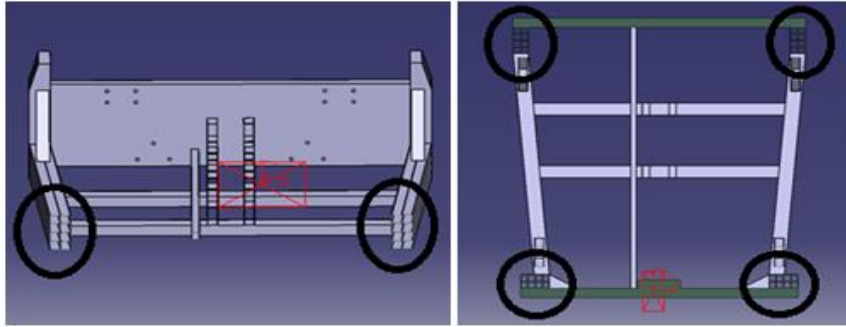
Şekil 2.13 Küvet modülü tasarım felsefesi

Kırmızı oklar ön transversin küvet modülüne bağlantı bölgelerine önden çarpışma anında gelen kuvvetleri temsil etmektedir. Siyah oklar ise açılı yanal profillerin yüklenme anında kuvvet dağılımını temsil etmektedir.

Tasarımda yanal profillerin şekil 2.13'te gösterilen X birim (5°) daralması;

- Kırmızı oklar ile gösterilen yüklenme anında, modülün ön kısmında oluşacak bükülme momentini azaltır. Başka bir deyişle momentin oluşacağı mesafe kısaldığı için önden çarpışma anında, küvet modülünde daha az deformasyon oluşmasını sağlar. Aynı yükleme koşullarında yanal profillerin birleşme bölgelerinde iki eksenle kuvvet dağılımı sağlamaktadır.
- Şasinin burulma anında siyah oklarla gösterilen eksenlerde direnç oluşmasını sağlar, bu sayede daha rijit bir yapı oluşur ve şasinin burulma direnci artar.

Tasarım neticesinde, küvet modülünde 20 adet standart katalog profili, 12 adet özel üretim profil ve 20 adet düzlemsel parça kullanılması planlanmış, bu profillerin geometrisi ve yerleşimleri en başta yolcu güvenliği ön planda tutularak belirlenmiştir. Şaside kullanılması planlanan dayanımı en yüksek profilin, Şekil 2.14'teki kesitlerde görüleceği üzere küvetin marşpiyer (yanal) bölgesinde aynı zamanda da kapı bağlantılarının yapılacağı ve kafesin üzerine inşa edileceği bölgelerde kullanılması planlanmıştır. Böylelikle ihtiyaç dışı geometri çeşitliliğinin önüne geçilmiştir.

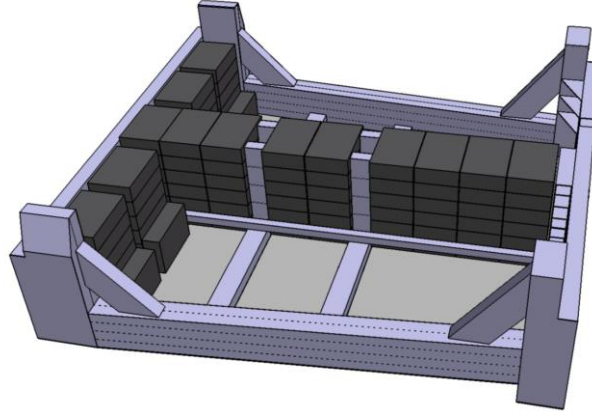


Şekil 2.14 Küvet modülü kesit görünümleri

Küvet tasarımında rol oynayan en önemli faktör batarya yerleşimidir çünkü araçta kullanılması planlanan bataryaların çok büyük bir bölümünün şasinin bu modülüne konumlandırılması planlanmıştır. Bu yerleşim ergonomi, güvenlik, performans gibi birçok kavramla da etkileşim içindedir. Kullanılması planlanan bataryalar belirli bir hacim kapladığından küvet geometrisini ve sürüş ergonomisini doğrudan etkiler, yüksek voltaja sahip olmalarından ötürü ve dışarıdan gelebilecek fiziksel darbelere dirençli yapıya sahip olduklarından ise kabin ve yolcu güvenliğini etkilemektedir. Aynı zamanda çok sayıda olmalarından ve sahip oldukları ağırlıktan ötürü konumlandırmaları aracın performans değerlerine doğrudan etki eder.

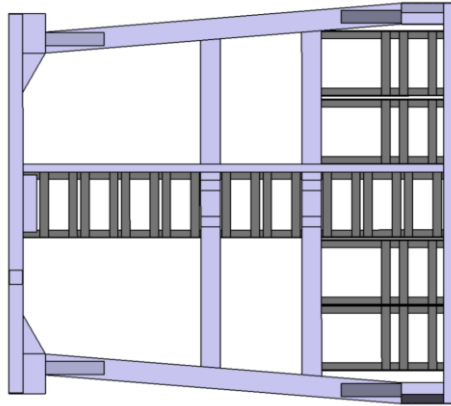


Şekil 2.15 EVT S1’de kullanılması planlanan batarya ünitelerinden biri



Şekil 2.16 Batarya konfigürasyonu

Şekil 2.16’da görüleceği üzere batarya modülünün küvet içerisine yerleşimi T formatındadır. Aracın gidiş ekseninde yerleştirilen modül kaza durumlarında şasinin bir elemanı gibi davranacaktır. Araçta kullanılması planlanan 110 adet ünitenin 82’si küvet içerisinde. Her bir ünitenin yerleşimi elektronik bağlantılara göre tasarlanmış olup küvet içerisindeki bu T yapı, şekil 2.17’de görüleceği üzere şasiye bağlı özel olarak tasarlanmış bir iskelet üzerine yerleştirilecektir.



Şekil 2.17 Batarya taşıyıcı iskelet

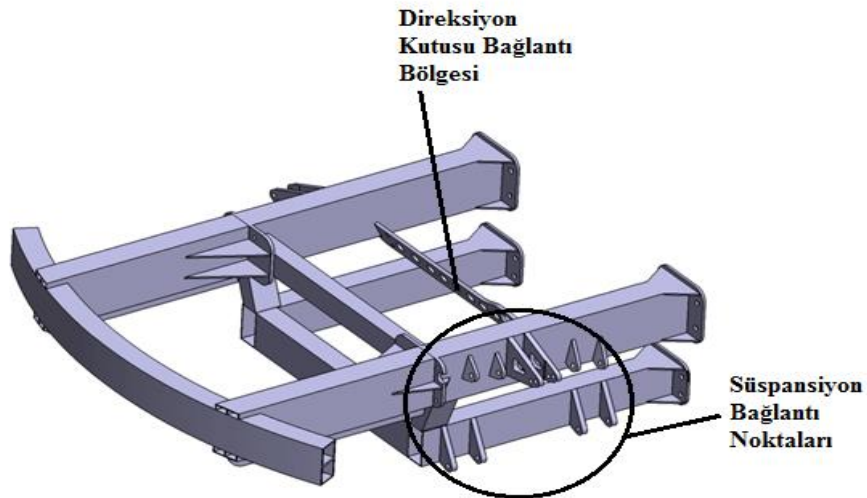
Küvet içerisine konumlandırılan hareket eksenine dik profiller üzerine koltuk konumuna göre tasarlanan profiller yerleştirilmiş olup bu profiller üzerine koltukların bağlantı noktaları tasarlanmıştır. Ayrıca hareket ekseninde yerleştirilen bir profil içerisinde fren hidrolik hatlarının geçirilmesi planlanmıştır.

Tasarımda etkili rol oynayan bütün faktörler önceden belirlenmiş ve bu doğrultuda tasarım hassas bir şekilde yapılmıştır. Tasarım sürecinin ilerleyen bölümlerinde konumlandırılacak ekstra ekipmana göre küvet zaman içerisinde çeşitli revizyonlar görmüş, bu revizyonlar kullanılan 6061 serisi alüminyum alaşımın mekanik işlemlere uygun bir malzeme olmasından ötürü zorluk çıkarmamıştır. Sonuç olarak bir tasarımda ilk etapta sunulan esneklik ve öngörülen parametreler ilerleyen süreçlerde bir problemle karşılaşıldığında çözüme daha kolay ulaşmayı sağlar.

2.5.1.2 Ön Travers Modül Tasarımı

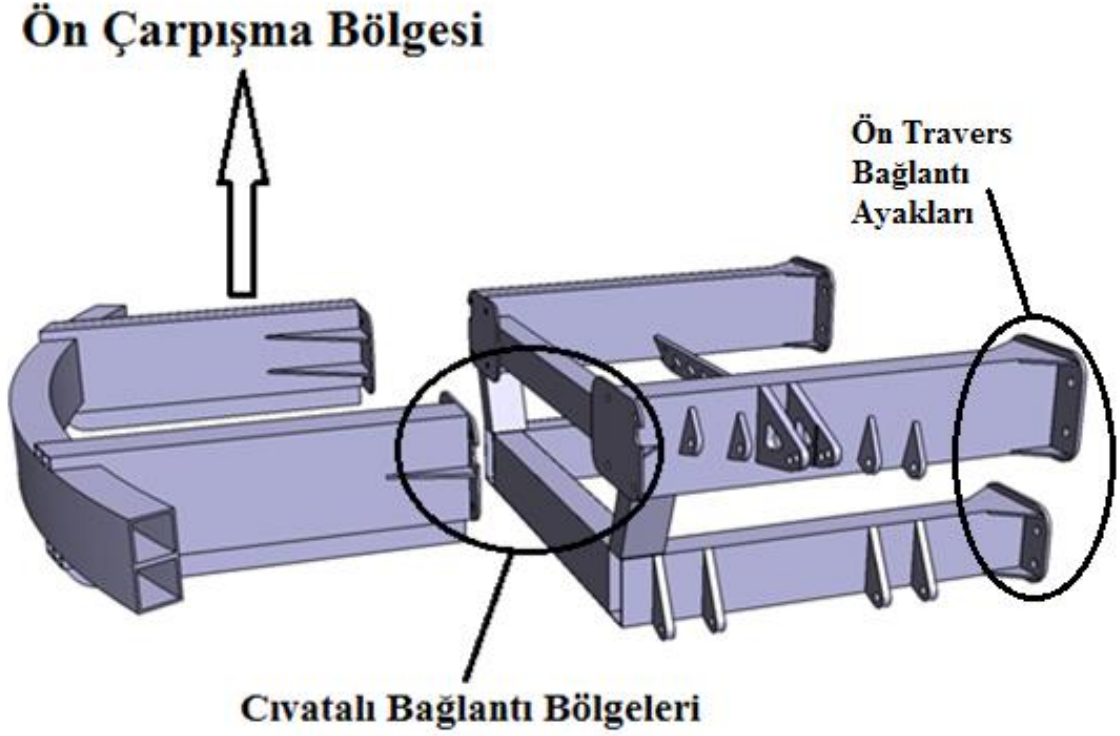
Şasinin ön travers diye tabir edilen modülü ön kısımdır yani başka bir deyişle ön süspansiyonu taşıyan yapıdır. Tasarımın sürecinin ilk dönemlerinde araç ölçülerine göre taslak olarak oluşturulan bu yapı zaman içerisinde yapısal anlamda birçok revizyon geçirmiştir.

Tasarım neticesinde, ön travers modülünde 8 adet standart profil, 4 adet özel üretim profil ve 51 adet düzlemsel parça kullanılması planlanmış, bu profillerin yerleşimi, geometri ve kesit kalınlıkları süspansiyon sisteminin tasarımı ve güvenlik başta olmak üzere birçok faktöre göre belirlenmiştir.



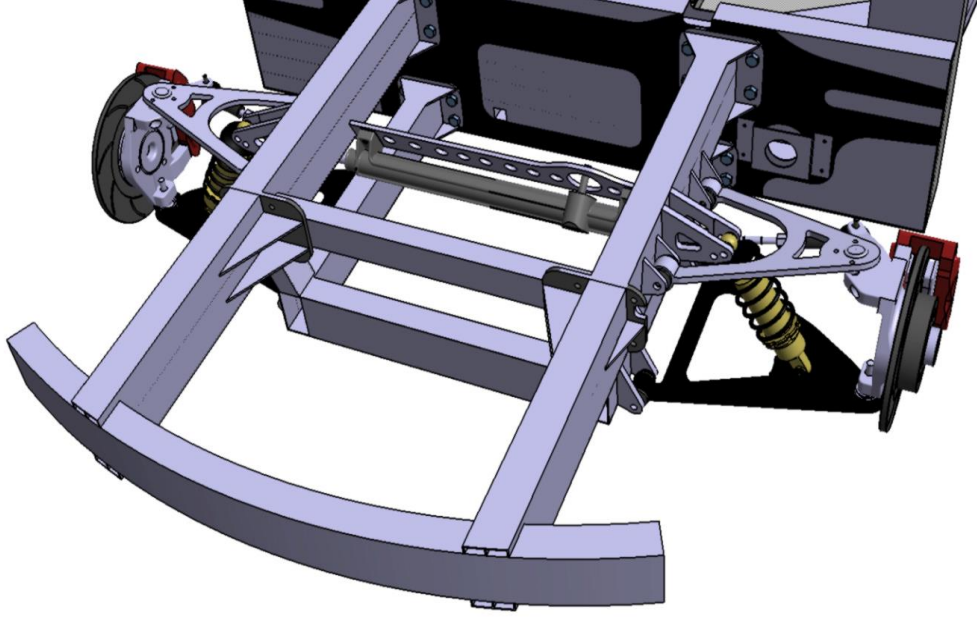
Şekil 2.18 Ön travers

Ön travers yapısı da şekil 2.19’da görüleceği üzere kendi içerisinde modülerdir. Tampon bağlantı modülü başka bir deyişle ilk çarpışma bölgesi ve ana taşıyıcı yapı olmak üzere iki modül olarak ve bu modüllerin birbirine kolay montaj olabileceği şekilde tasarlanmıştır. Ön travers tasarımında kaynak, civatalama ve sadece ön tampon bölgesinde yapıştırıcı kullanılması planlanmış ve birleşme noktalarının tasarımı buna göre yapılmıştır.



Şekil 2.19 Modüler ön travers

EVT S1’de spor araç felsefesine uygun olarak çift salıncaklı süspansiyon sistemi kullanılmasına karar verilmiş ve şirket bünyesinde yapılan yoğun teorik çalışmalar, mekanik simülasyonlar neticesinde kinematik ve mekanik olarak tasarımı yapılan bu sistem daha sonrasında sistem içerisinde kullanılacak komponentler de belirlendikten sonra araç ölçülerine uygun olarak modellenmiştir. Bu tasarım EVT bünyesinde yer alan ayrı bir birim tarafından yapılmış ve şasi tasarım süreci boyunca koordineli çalışılarak ön travers tasarımı güncellenmiştir.



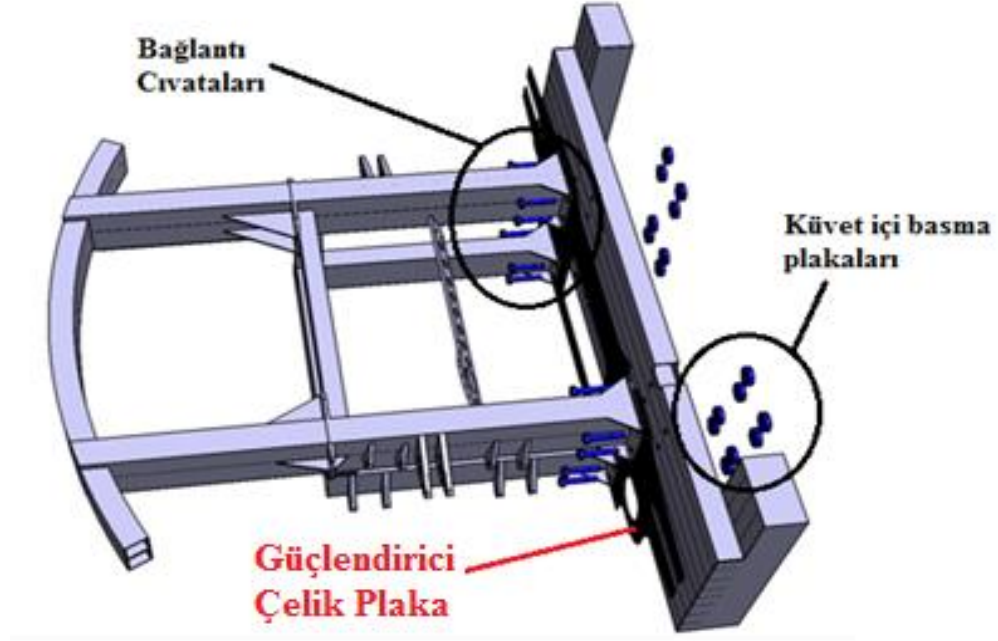
Şekil 2.20 Ön süspansiyon sistemi montaj tasarımı

Süspansiyon sisteminin çift salıncaklı olmasından dolayı ön travers için çift katlı bir yapı belirlenmiş ve daha sonraki bölümlerde detaylı bahsedilecek olan analizler yardımı ile bu yapının profilleri ve süspansiyon sisteminin bağlantı noktaları tasarlanmıştır. Aynı zamanda araç direksiyon hareketini ön tekerlerden alacağından ön süspansiyon sisteminin içerisinde entegre olarak tasarlanan direksiyon kutusunun konumu da tasarımda etkili olan bir parametredir.

EVT S1 arkadan motorlu ve arka tekerlerden kuvvet alan bir araç olduğu için aracın ön kısmında, süspansiyon sistemi dışında tasarımda etkin rol oynayan bir ekipman yoktur, başka bir deyişle tasarım revizyonları ağırlıklı olarak montaj metodolojisi ve analizlere göre gerçekleştirilmiştir. Daha sonrasında yapıya entegre edilecek ekipmanların seçiminin mevcut tasarım ölçülerine ve geometrisine göre yapılması planlanmıştır.

Ön travers modülünün küvet modülüne, kaza sonrası zarar görmesi durumunda sökülebilmesi için cıvatalar yardımı ile bağlanması planlanmıştır. Bu bağlantı, şekil 2.21’de görüldüğü gibi 16 noktadan alüminyum cıvatalar kullanılacak şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca Ön travers ve küvet modülü arasına 2mm kalınlığında özel olarak tasarlanan güçlendirici çelik plaka yerleştirilmiştir. Bu çelik plaka küvet modülüne geniş temas yüzey sayesinde yapıştırılacak ve yırtılmaya karşı dirençli olduğundan kaza anında traverslerin yaşam bölgesine girmesini engelleyecektir.

Ön travers, küvet modülü üzerine yapıştırılan bu çelik plaka üzerine basma bağlantı ayaklarından cıvatalanacaktır. Bu sayede şasinin ön kısmında güçlü bir bağlantı bölgesi oluşturulacaktır.

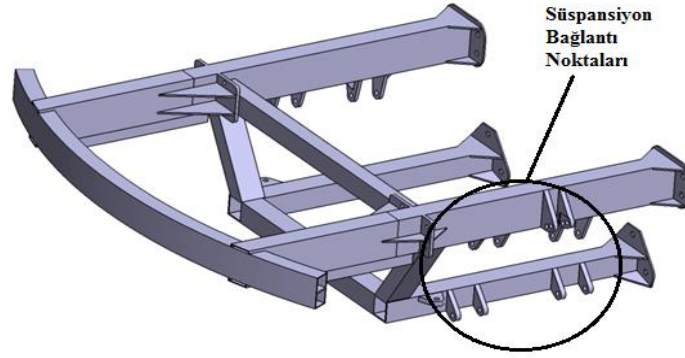


Şekil 2.21 Ön travers modülü bağlantı şekli

2.5.1.3 Arka Travers Modül Tasarımı

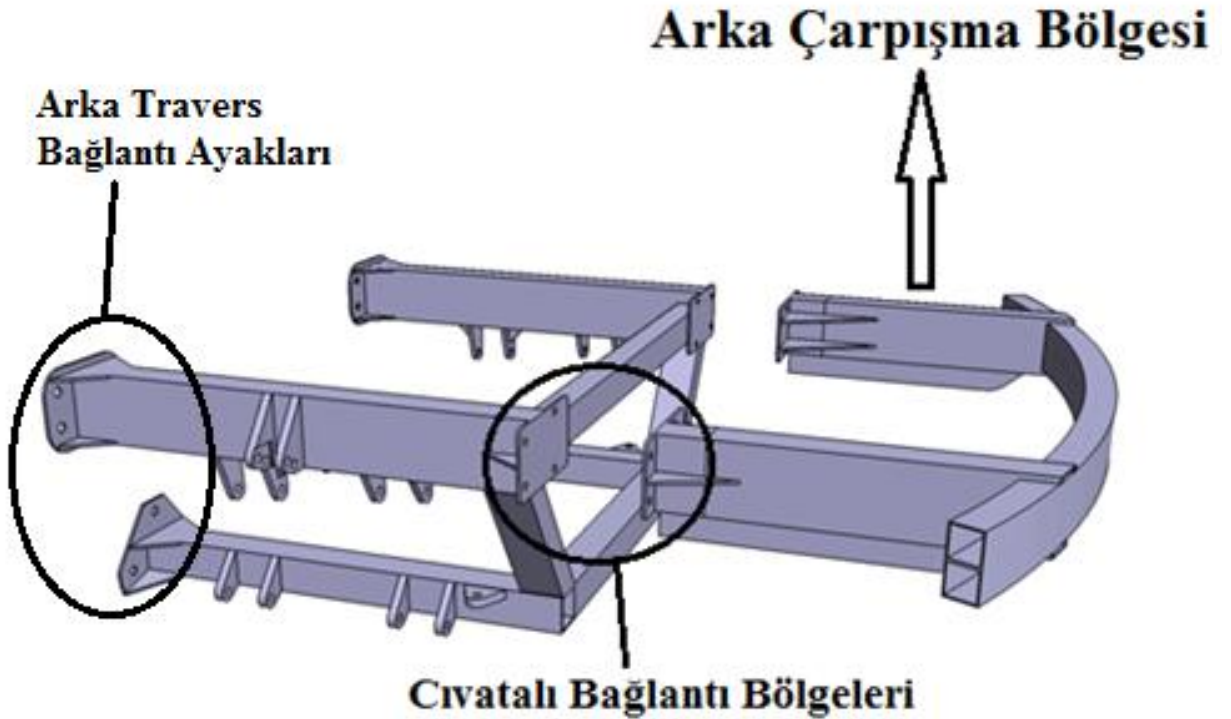
Şasinin arka travers diye tabir edilen modülü arka kısmıdır yani başka bir deyişle arka süspansiyonu taşıyan yapıdır ve ön traverse çok benzer bir yapıya sahiptir. Tasarımın sürecinin ilk dönemlerinde araç ölçülerine göre taslak olarak oluşturulan bu yapı zaman içerisinde aracın motor ve aktarma seçimi başta olmak üzere birçok etkene bağlı olarak yapısal anlamda çeşitli değişimlere uğramıştır.

Tasarım neticesinde, ön travers modülünde 12 adet standart profil ve 62 adet düzlemsel parça kullanılması planlanmış, bu profillerin yerleşimi, geometri ve kesit kalınlıkları süspansiyon sisteminin tasarımı ve motor yerleşimi başta olmak üzere birçok faktöre göre belirlenmiştir.



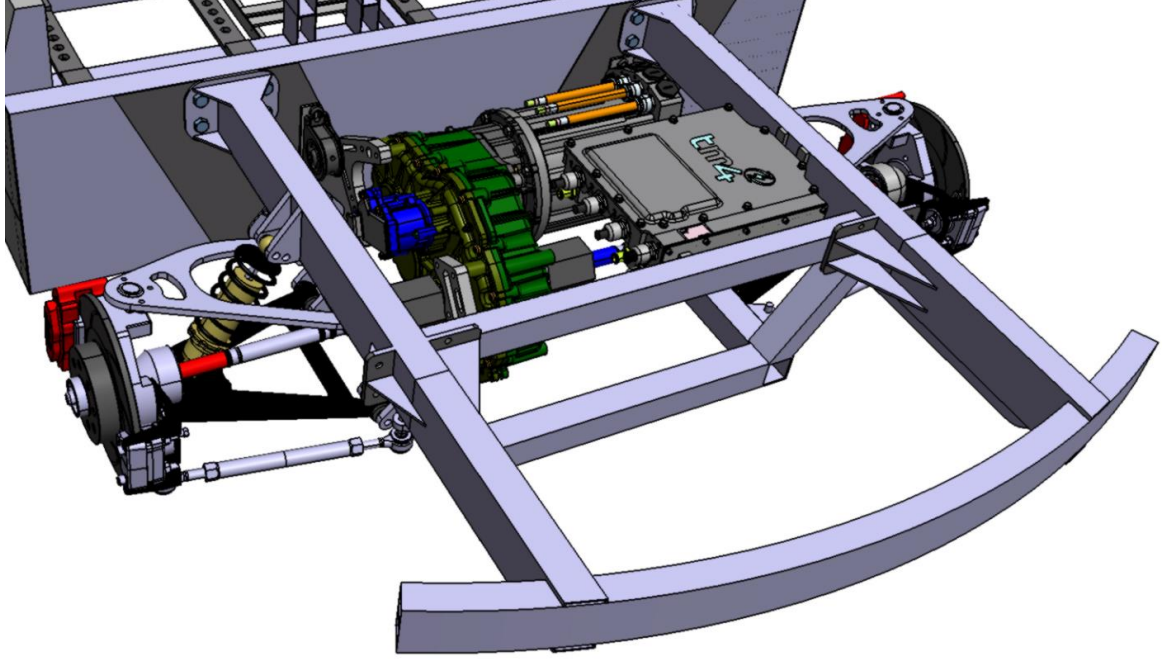
Şekil 2.22 Arka travers

Arka travers yapısı yine ön travers' e benzer olarak şekil 2.23'te görüldüğü gibi kendi içerisinde modülerdir. Tampon bağlantı modülü ve ana taşıyıcı yapı olmak üzere iki modül olarak ve bu modüllerin birbirine kolay montaj olabileceği şekilde tasarlanmıştır. Arka travers tasarımında kaynak, cıvatalama ve sadece arka tampon bölgesinde yapıştırıcı kullanılması planlanmış ve birleşme noktalarının tasarımı buna göre yapılmıştır.



Şekil 2.23 Modüler arka travers

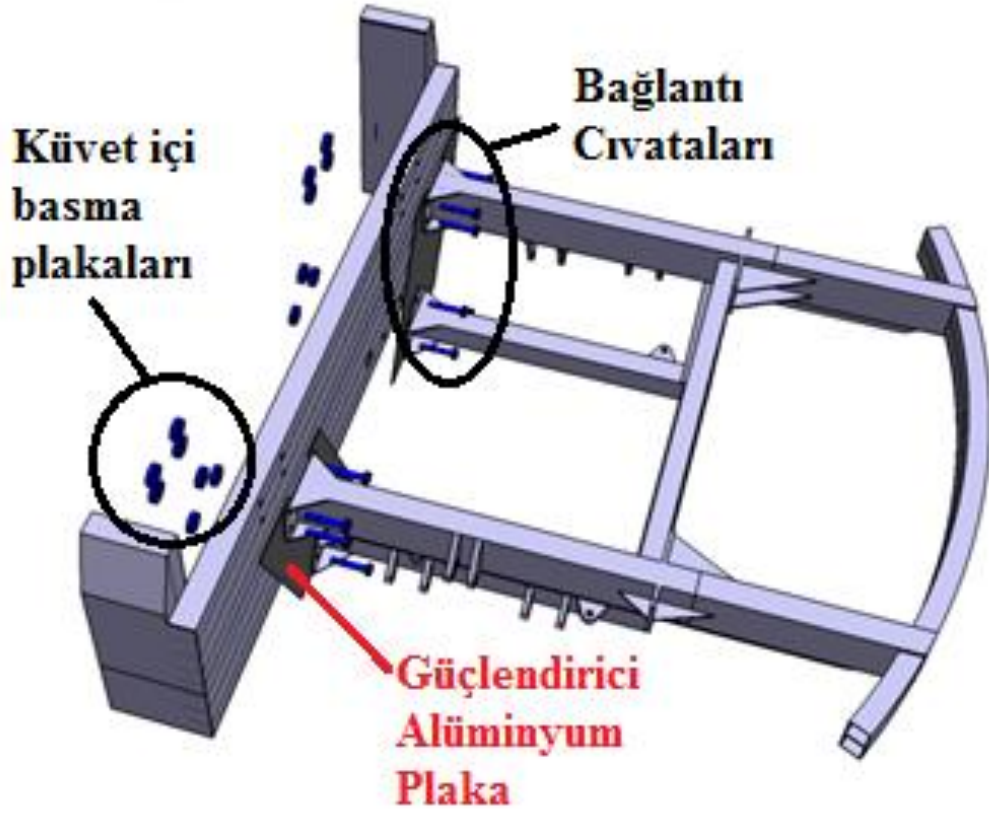
Aracın arka süspansiyon sistemi yine ön süspansiyon sistemine benzer olarak çift salıncaklı yapıya sahiptir. Farklı olarak arka tekerlerde direksiyon hareketi olmayacağından dolayı direksiyon sistemi bulunmamaktadır. Aracın motoru arkada olduğundan sabit dişli redüktörden tekerlere özel olarak üretilen miller yardımıyla hareket aktarılacaktır.



Şekil 2.24 Arka süspansiyon sistemi ve ekipmanların montaj tasarımı

Arka traversin çift katlı iskelet yapısı motor ünitesinin ve hareket aktaran millerin konumlandırılması konusunda kolaylık sağlamıştır. Bu yapının geometrik tasarımı temel olarak motor ünitesi, kontrolcü ünitesi ve süspansiyon sistemine göre yapılmış ve aracın önemli ekipmanlarını taşıyacağından güçlü bir yapıya sahip olması hedeflenmiştir. Şaside kullanılan profiller arasında en kalın kesite sahip profil bu yapıda kullanılacaktır.

Arka travers modülünün kuvvet modülüne civatalar yardımı ile bağlanması planlanmıştır. Bu bağlantı, 14 noktadan alüminyum civatalar kullanılacak şekilde tasarlanmıştır. Arka travers, geniş yüzey alanı ile kuvvet modülünün arka kısmına yapıştırılması planlanan ve sadece bağlantı bölgelerini kapsayacak şekilde konumlandırılmış alüminyum plakalar üzerine temas edecek ve civatalar yardımı ile güçlü bir bağlantı kurulacaktır (Şekil 2.25).



Şekil 2.25 Arka travers modülü bağlantı şekli

Arka travers sadece ana taşıyıcı yapı ile modülerliğe sahiptir. Bir sonraki bölümde değinilecek olan kafes yapısı ile modülerliği yoktur, direkt olarak aracın B sütunu diye tabir edilen bölgesine kaynak ile bağlantı yapılması planlanmıştır. Bunun başlıca sebebi bir aracın önden kaza geçirme ihtimalinin arkadan geçirme ihtimalinden fazla olmasıdır. Yani meydana gelebilecek ve araç şasisinde tamir ya da değişim gerektirebilecek bir kazanın büyük oranda önden gerçekleşmesidir.

Araç ölçülerine göre belirlenen modüler ana taşıyıcı yapı tasarımı her bir modül için kritik öneme sahip ekipmanlar, şasi konsepti ve güvenlik baz alınarak sonuçlandırılmıştır. Bir sonraki başlıkta değinilecek olan kafes yapısı tasarımı da şasinin ana yapısının tasarımı ile eş zamanlı yürütülmüştür.

2.5.2 Şasi Kabin Kafes Yapısı

Şasi tipine bağlı olarak yapısal anlamda değişkenlik göstermekle beraber bir şasinin kabin bölgesinde ana taşıyıcı yapı üzerine inşa edilen ve aracın hatlarına uygun bir yapıya sahip olan bölgedir. Genellikle aracın tavan hatlarından ön ve arka camlarının bitimine kadar yer alan kısımdır. Bazı şasi tiplerinde şasi ile bir bütün olmakla beraber birçok şasi tipinde ise ana yapının üzerine inşa edilir. Bazı araçlarda ise kabin kafesi gövde panelleri ile bütünleşik bir yapıya sahiptir ve gövde panelleri ile beraber ana taşıyıcı şasi üzerine inşa edilir.



Şekil 2.26 McLaren MP4 12C taşıyıcı şasi ve final modeli

Kabin yapısı üstü açık araçlarda değişmektedir, kimi araçta sadece sürücü arkasına konumlandırılan basit bir yapı vardır, üstü kapanabilen araçlarda ise kabin yine tavan yapısı ile bütünleşik bir yapıdadır. Monocoque şasi tipinde, bu yapı tek bir bütündür ve özellikle lüks araçlarda egzotik malzemeler kullanılarak inşa edilir.

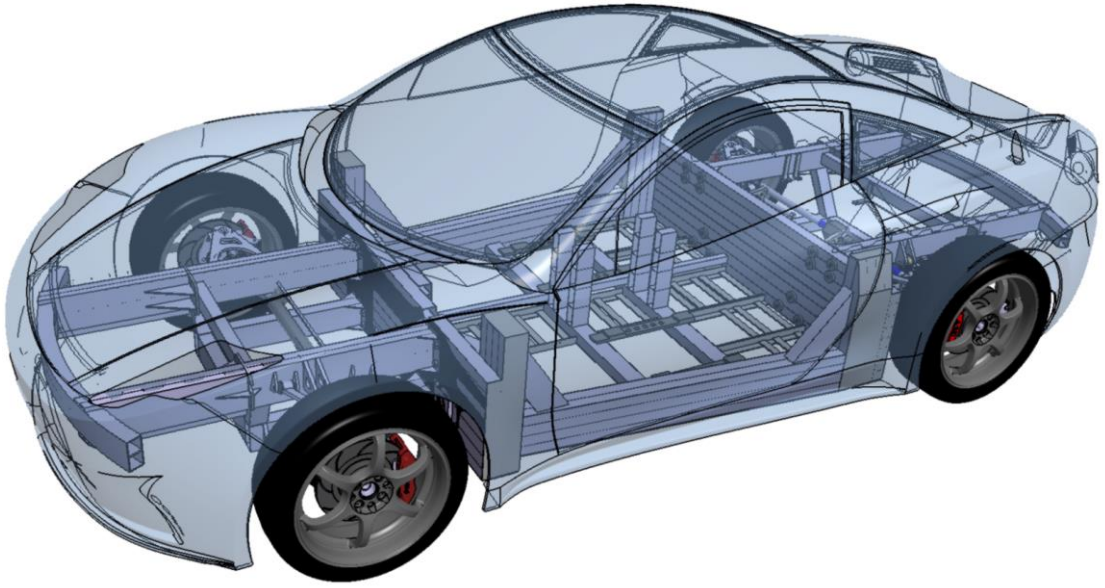
Bazı durumlarda mevcut şasi yapısını farklı amaçlara göre güçlendirmek için kabin yapısı modifiye edilebilir. Örneğin ralli araçları ekstrem koşullarda kullanıldığından şasiyi güçlendirmek için mevcut kabinin içerisine yeni bir kafes inşa edilebilmektedir. Özetle kabin yapısı çok değişkenlik göstermekte olan özel bir kavramdır.

EVT bünyesinde tub yani küvet şasi konseptine uygun olarak tasarlanan modüler şasi tipinde küvet üzerine araç hatlarına uygun bir şekilde ön ve arka traversten de destek alacak şekilde bir kabin tasarlanmıştır.

2.5.2.1 Geometri Tasarımı

Şasinin kabin kafes yapısının tasarımını etkileyen en önemli parametreler aracın gövde tasarımı ve güvenlik faktörüdür. Bu iki faktörün optimizasyonu doğru yapıldıktan sonra tasarlanacak kafes yapısının ana şasiye ne şekilde monte edileceğine karar verilmelidir.

S1’de şasi tasarımı gövde tasarımı ile eş zamanlı ilerlemiştir. Daha öncede bahsedildiği gibi şasi tasarımı sadece mekanik olarak değerlendirilmemeli, aracın estetik tasarımına göre de şekil almaktadır. Şasi tasarımında estetik unsurlardan en çok etkilenen bölge bu yapıdır. Aracın tavan yapısı ve cam görüş alanı bu estetik unsurların başında gelir.



Şekil 2.27 EVT S1 Gövde ve Şasisi

S1’de kafesin tasarımı aracın gövde hatlarına uygun bir şekilde yapılmış ve gövde tasarımında yapılan güncellemelere paralel olarak değişime uğramıştır. Özellikle cam tavan olmasına karar verilen aracın tavan yapısı kafesin değişiminde çok önemli bir rol oynamıştır. Tasarım sürecindeki kilit nokta ise kabin kafes yapısında kullanılacak olan malzemenin seçimidir.

2.5.2.2 Malzeme Seçimi

Günümüz araçlarında modüler olarak tasarlanan kafes yapılarının büyük bir çoğunluğunda malzeme olarak çelik ve türevleri tercih edilmektedir. Bu tarz araçlarda kullanılan şasi, büyük oranda alüminyumdan ya da egzotik malzemelerden meydana gelse bile takla barı diye tabir edilen bölge tokluk ve yüksek mukavemet gerektirdiğinden o yapılarda çelik tercih edilir.



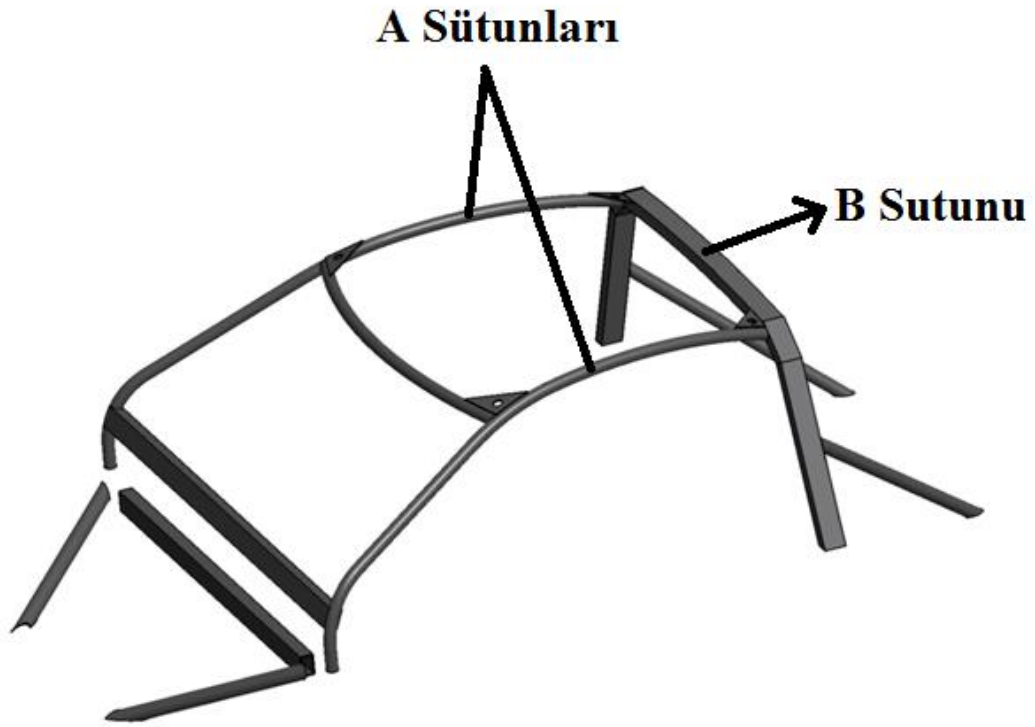
Şekil 2.28 Lotus Evora şasi ve gövde yapısı

Şekil 2.28’ de görüleceği üzere Lotus Evora da alüminyum şasi üzerine çelik yapıda bir takla barı inşa edilmiştir. Bu aracın şasisinde çeliğin kullanıldığı bölge sadece bu kısımdır.

EVT S1’de şasi tasarım sürecinin ilk bölümlerinde malzeme olarak çelik olmasına karar verilen kafes yapısının daha sonrasında bütünüyle şaside kullanılan alüminyum alaşımdan olmasına karar verilmiştir. Bu değişimin başlıca sebepleri malzeme bilimi ve montaj metodolojisidir.

İlk bölümlerde değinildiği üzere bir yapı, dayanımları aynı olması şartı ile alüminyum ve çelik kullanılarak aynı geometride tasarlandığında, bu iki yapıdan alüminyum kullanılan yapının yaklaşık %40 oranında daha hafif olabileceği saptanmıştır. Bu felsefe ile yola çıkılarak doğru alaşım seçimi ve doğru tasarım ile kabin kafes yapısının alüminyum olmasına karar verilmiştir. Bu değişim, daha sonra değinilecek olan analizlerle onaylanmış ve tasarım finalize edilmiştir.

Kafes yapısında kesit kalınlıkları 2,9mm ve 4mm arasında değişen 7 adet katalog boru profil, 3 adet katalog kutu profil ve 10 adet düzlemsel parça kullanılmıştır. Ayrıca aracın A sütunu diye tabir edilen ve aracın sağ ve solunda önden arkaya doğru uzanan boru profillerde ve bu iki boru profilin arasına kurulan tavan bağlantısında kullanılan boru profile standartlara uyumlu bükümler yapılmıştır. Aracın B sütunu diye tabir edilen, takla barı şeklinde de nitelendirilebilecek olan bölgesinde konumlandırılan kutu profile ise büküm toleransları uygun olmadığından istenen geometriye uygun olarak bölme işlemi yapılmıştır. Bu sebeple parçalı yapıya sahiptir.

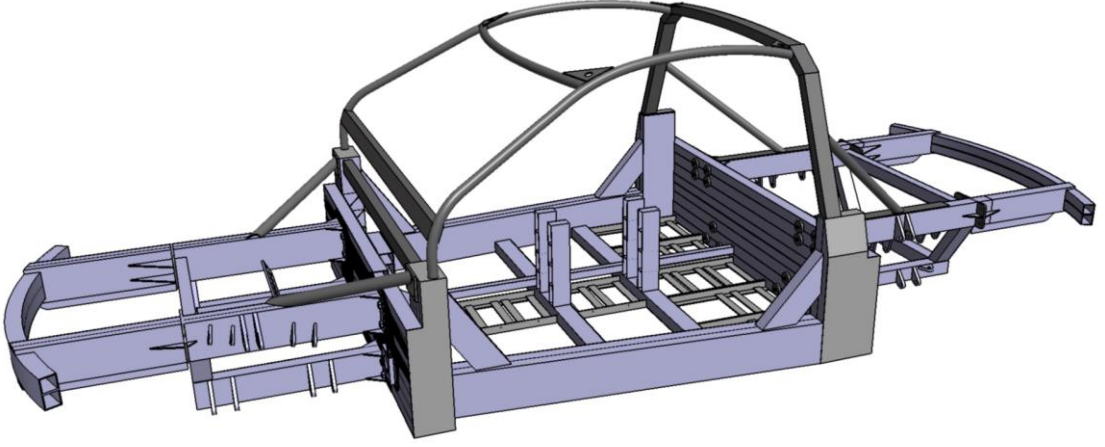


şekil 2.29 Kabin kafes tasarımı

Kabin kafes yapısında geniş yüzey ile birleşme olmamasından ötürü yapıştırma metodu kullanılmamış ve kendi içerisinde sadece kaynak kullanılarak oluşturulması planlanmıştır. Bu yapının ana taşıyıcı şasi üzerine kaynak yöntemi ile birleştirilmesine karar verilmiş ve bağlantı bölgelerinin tasarımı buna göre yapılmıştır.

Kabin kafes tasarım sürecinde ayrıca, ön travers ve küvet arasına, arka travers ve B sütunu arasına şasi bütünlüğünü sağlamak amacıyla analizler ve montaj metodolojisi de değerlendirilerek bağlantılar yapılmıştır. Bu bağlantılar ön ve arka kısımda değişik kesitlere sahip boru profiller kullanılarak tasarlanmıştır.

Kabin kafes yapısının da tasarımı ile şasi tasarımı detaylar dışında tamamlanmıştır.



Şekil 2.30 Final şasi tasarımı



Şekil 2.31 Şasi tasarımı ve gövde montajı

2.5.3 Sürücü ve Yolcu Ergonomisi

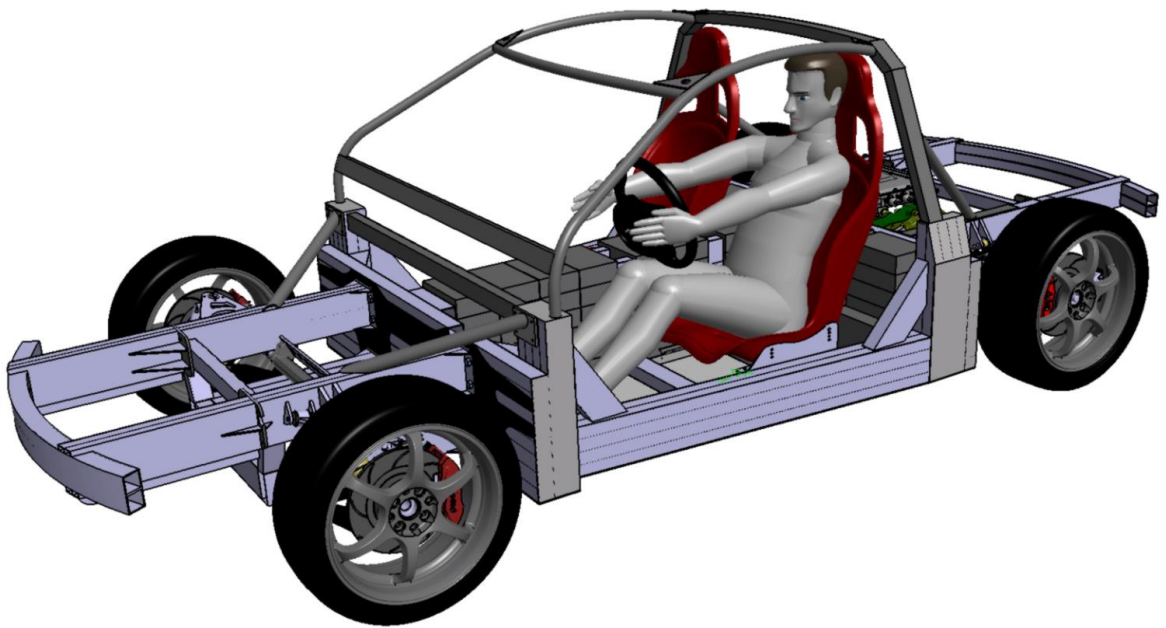
Bir araçta şasi geometrisi doğrudan aracın ölçüleri ile ilişkili olduğundan şasi tasarım sürecinde üzerinde çalışılması gereken önemli konulardan birisi ergonomidir. Otomobil doğrudan insan kullanımına yönelik bir ürün olduğundan, aracı kullanacak ya da araçta seyahat edecek insanın konforu, sürüş hissi ve güvenliği çok önemlidir.

Spor kullanıma yönelik araçlar genellikle performans odaklı olduğundan bu araçlarda normal binek araçlarda sağlanan ergonomi ve konfor pek aranmaz. Fakat yine de bir spor aracın da asgari ergonomiye sahip olması gerekir.

Elektrikli spor araç konseptinde tasarlanan S1'de hedeflenen ideal ergonomiye, spor araç sınıfında yer alan birçok araç referans alınarak ya da normal binek araçlar incelenerek ulaşılmaya çalışılmıştır. Bu doğrultuda aracın kabin bölümü ile doğrudan ilişkili olan komponentlerin tasarımları ya da konumlandırılması hassas bir şekilde yapılmıştır.

2.5.3.1 Sürücü Konumu ve Sürüş Pozisyonu

Aracın kabin tasarımında, yükseklik ve genişlik üst limitlere göre belirlenmiştir ve bu tasarım, Türkiye ortalamasının üzerinde olan 1.90 m boya sahip iki insanın rahatça yolculuk edebileceği ölçülere sahiptir (Şekil 2.32).



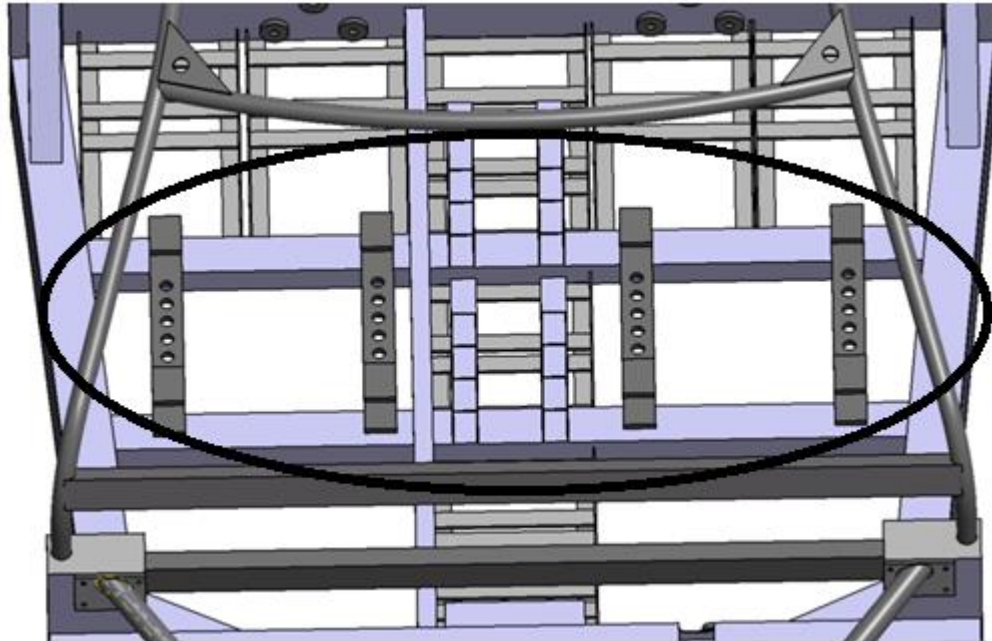
Şekil 2.32 Şasi içerisine 1.90m'lik manken yerleşimi

Araçta kullanılması planlanan koltuklar hafif, dayanıklı ve spor araç konseptine uygun olarak belirlenmiş ayrıca sürücü koltuğunun mesafe ayarlı, yolcu koltuğunun ise uygun pozisyonda sabit olmasına karar verilmiştir. Ayarlı olan sürücü koltuğunun konumu, muhtemel en kısa boya sahip sürücü ve küvet içerisinde yer alan bataryalardan sürücü arkasına konumlandırılan modüllerinin yerine göre belirlenmiştir.



Şekil 2.33 Kullanılacak karbonfiber koltuklar

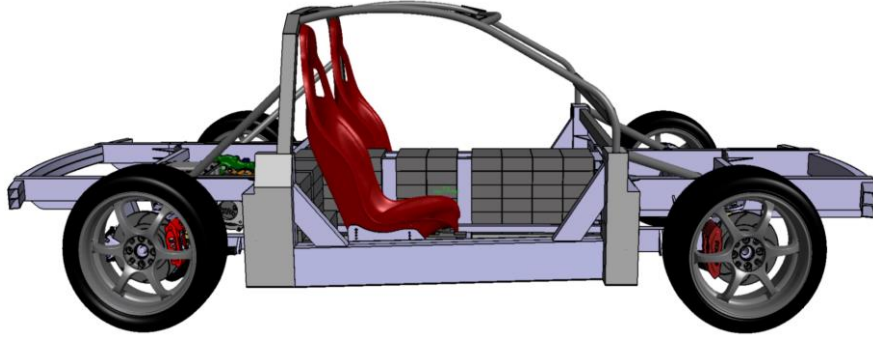
Koltuklar küvet modülü içerisinde yer alan yatay barlar üzerine konumlandırılmış ve bu profiller üzerinde şekil 2.34'te görüldüğü gibi gereken güçlendirmeler yapıp tasarım tamamlanmıştır. Koltukların konumu, direksiyon konumu, araç içi ekipmanların yerleşimi gibi diğer tasarımları da etkilemektedir.



Şekil 2.34 Koltuk bağlantı tasarımı

2.5.3.2 Batarya Konfigürasyonu

Şasinin küvet modülünün tasarımında önemli rol oynayan batarya konfigürasyonunun, kabin içerisinde T formatında olmasına karar verilmiştir. Bu format sürücü ve yolcu koltuklarının arasından arka bölüme doğru uzanıp aynı zamanda koltukların arkasında da yatay şekilde yerleştirilmiştir. Bataryalar fiziksel darbelere karşı dirençli olduğundan, kaza anında şasinin bir elemanı gibi davranacaktır. Bu yerleşim formatı kazalara karşı kabin içi güvenliği artırmaktadır. Şekil 2.35’de görüleceği üzere koltukların arasında konumlandırılan modüllerin yükseklikleri sürüş esnasında rahatsız etmeyecek şekilde belirlenmiş, koltuk arkasında konumlandırılan modüller ise sürücü koltuğunun en geri konumunda temas olmayacak şekilde yerleştirilmiştir.



Şekil 2.35 Batarya modülünün yüksekliği

Sürücü ve yolcu arasında kalan alan bazı araçlarda, bilhassa lüks ve sıradışı araçlarda yüksek olarak tasarlanır. Bu tasarıma bazı durumlarda aracın mekanik gereksinimleri sebep olur ama genellikle bu tasarımlar şasi konsepti ile ilgilidir. Sürücü ve yolcu arasında kalan alan kol dayama yüksekliğinde tasarlandığında kabine bir kokpit havası verir.

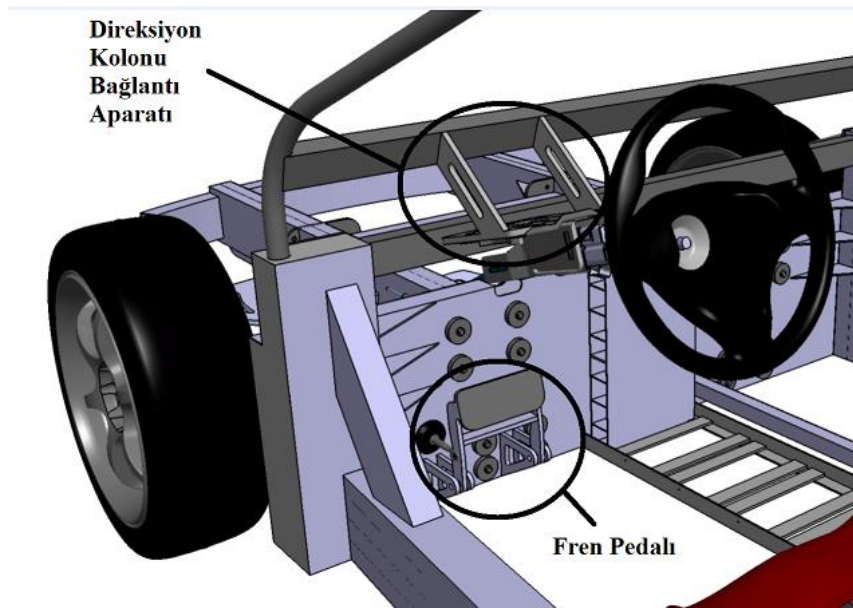
S1’de bir anlamda batarya hacminden dolayı mecbur kalınan bu tasarım, sürücünün kol dayama yüksekliğindedir. Tasarım sürecinde çeşitli ölçümler ve somut çalışmalar ile konfor yönünden test edilen bu yüksekliğin herhangi bir rahatsızlık vermediği kanaatine varılmış ve koltuklar arasındaki bu batarya ünitesi kabine bir kokpit havası vermiştir.

İlerleyen zamanlarda pil teknolojisinin gelişimi ile beraber daha düşük hacimden ve ağırlıktan daha yüksek enerji elde edilen bataryalar üretildiği takdirde bu gibi geometrik sınırlamalar söz konusu olmayacaktır.

2.5.3.3 Pedal ve Direksiyon Yerleşimi

Koltukların konumu belirlendikten sonra ilk etapta taslak olarak konumlandırılan direksiyon simidinin, kullanılacak direksiyon sistemine karar verilmesi ile beraber nihai konumu belirlenmiştir. Aynı şekilde fren pedalının yerleşimi de ilk etapta taslak çalışması iken fren asistanının konumu, frenleme oranı gibi kavramlar netleştikten sonra nihai konumuna göre tasarlanmıştır. Gaz pedalı için ise sadece alan oluşturulmuş olup ilerleyen zamanlarda elektronik birimi ile beraber bu konu üzerinde çalışılacaktır.

Direksiyonun konumu belirlenirken hem mekanik hem de ergonomik faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Direksiyon hareketi mekanik uzuvlar yardımı ile direksiyon simidinden direksiyon kutusuna aktarılır. Direksiyon kutusunun konumu, direksiyon milinin yapısı gibi kavramlar simidin konumunu belirlerken aynı zamanda aracın sürüş konforu da bu konumlandırma da etkilidir.

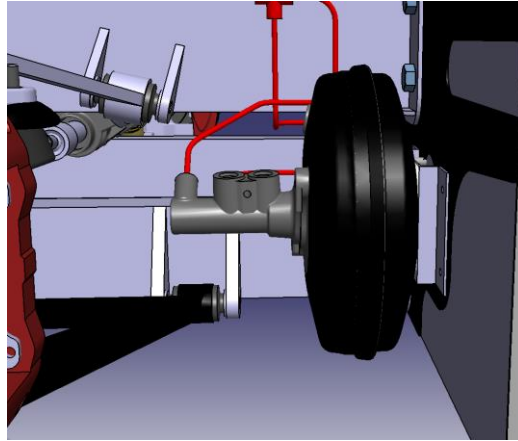
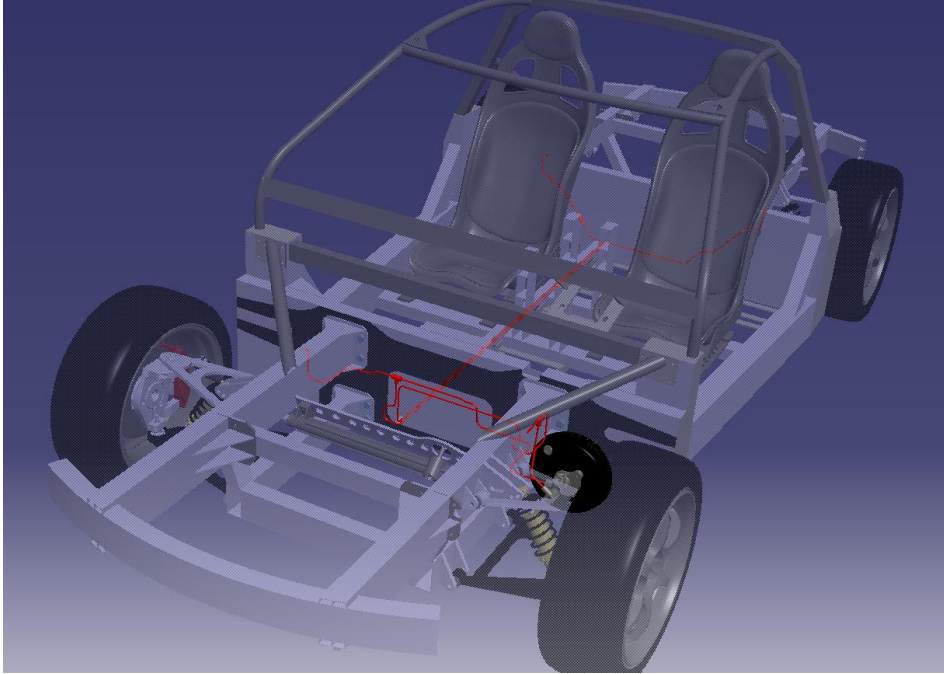


Şekil 2.36 Fren pedalı ve direksiyon sisteminin tasarımı

Çeşitli araştırmalar neticesinde direksiyon simidinin aracın gidiş yönüne dik eksene göre 18° açı ile konumlandırılmasına karar verilmiş ve araçta kullanılması planlanan direksiyon sisteminin ayarlanabilir olması sayesinde simidin konumunun sürücü konforuna göre değiştirilebilir olması planlanmıştır. Bu konumlandırma neticesinde direksiyon sistemini şasiye entegre etmek için şaside üretimi kolay bağlantı bölgeleri tasarlanmıştır.

Gerekli fren hesapları neticesinde kullanılması planlanan fren asistanı, fren tesisatına göre konumlandırıldıktan sonra ergonomik faktörler de gözönüne alınarak fren sistemi üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Günümüz normal binek araçlardan farklı olarak spor araç konseptine uygun, aracın zeminine bağlı ve hesaplanan frenleme oranlarına göre bir pedal tasarımı yapılmıştır.

Elektrikli araçlar, otomatik aktarmaya sahip araçlar gibi gaz ve fren olmak üzere sadece iki pedal ile kullanılır. S1’de pedal boyutlandırması çeşitli araçlar baz alınarak yapılmış ve bu pedalın yerleşimi gaz pedalının da muhtemel konumuna göre yapılmıştır. Neticede istenen oranlara sahip özgün bir pedal tasarımı yapılmış ve kuvvet modülünde pedalın yerleştirildiği bölge tasarımda küçük çaplı bir revizyon geçirmiştir.

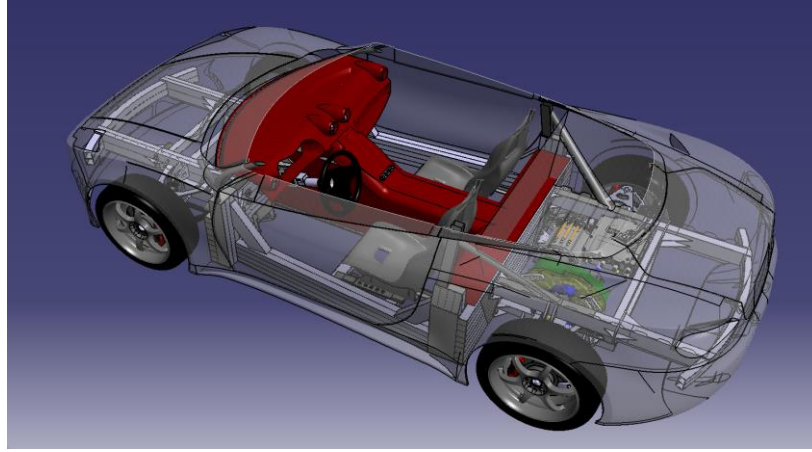


Şekil 2.37 Fren tesisatı tasarımı ve fren asistanı konumlandırması

2.5.3.4 EVT S1 İç Model

Batarya modülünün, koltukların ve direksiyon sisteminin konumlandırılması yapıldıktan sonra aracın gövde tasarım birimi ile beraber aracın iç konsol yapısı üzerinde çalışılmıştır. Tasarım sürecinin ilk zamanlarında kağıt üzerinde taslak olarak çalışılan bu yapı, şasi tasarımı ile beraber model haline getirilmiş ve araç içerisine tasarımda entegre edilmiştir.

Aracın orta konsolu estetik bir yapı olduğundan tasarımı, gövde ve şasi tasarımına göre değişebilecek bir esnekliğe sahiptir. Şasi tasarımının mekanik anlamda tamamlanması ve gövde tasarımının da çizgilerinin netleşmesi ile beraber nihai model haline dönüşecek olan bu yapı camın bitiş çizgisinden başlayıp batarya modülünün üzerinden devam edecek şekilde sportif ve özgün hatlara sahip olarak tasarlanmıştır.



Şekil 2.38 İç model ve ön göğüs çalışmaları

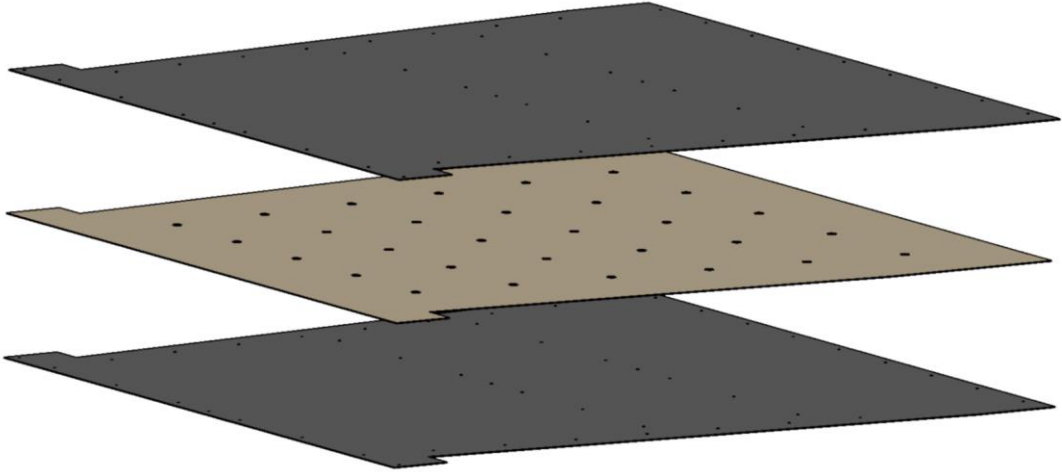
Estetik ve mekanik anlamda aracın kabinini tamamlayan bu yapı, şasi üzerine tasarımda planlanan bölgelerden monte olacak ve üzerinde aracın kontrolüne ve konforuna yönelik ekipmanlar taşıyacaktır.

2.5.4 Şasi Taban Tasarımı

Şasi tasarımı tamamlandıktan ve kesin ölçülere sahip olduktan sonra aracın taban tasarımı üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Şasinin tabanı izolasyon görevi görürken aynı zamanda belirli bir dayanıma sahip olmalıdır. Temel komponentler direkt şasi ile monte halde olsa bile aracın tabanı hem aracın altından gelebilecek etkilere dirençli hem de sürücü ve yolcunun basma kuvvetini taşıyabilecek kadar dayanıklı olmalıdır.

Seri üretim araçlarda aracın tabanı tek bir katman yerine bölgesel olarak ihtiyaca göre farklı yapılarda ve farklı malzemelerden üretilmiş olabilmektedir. Temelde şasinin bir parçası sayılabilecek taban yapısı özel üretim ve S1 sınıfındaki şasi tiplerinde direkt olarak küvet modülü ile bir bütün olabilmekte ya da farklı bir çözümle ayrı bir yapı olarak şasiye entegre edilebilmektedir.

S1’de küvet modülü içerisinde çok sayıda batarya ünitesi yer aldığından ve bu ünitenin belirli bir ısı yaymasından ötürü tabanın alüminyum olmasının karar verilmiştir. İlk etapta şekil 2.39’da görüleceği gibi değişen kalınlıklarda alüminyum-polipropilen-alüminyum kompozit yapı tasarımı yapılmıştır. Bu tasarımda arada kalan polipropilen tabakanın esneklik ve izolasyon sağlaması düşünülürken üstte kalan ince alüminyum tabaka ile ısının geniş alanda yayılması planlanmıştır. Bu üç tabaka polipropilen malzemenin yapışma özelliği olmamasından ötürü iki alüminyum tabakanın birbirine yapışabileceği şekilde tasarlanmıştır.

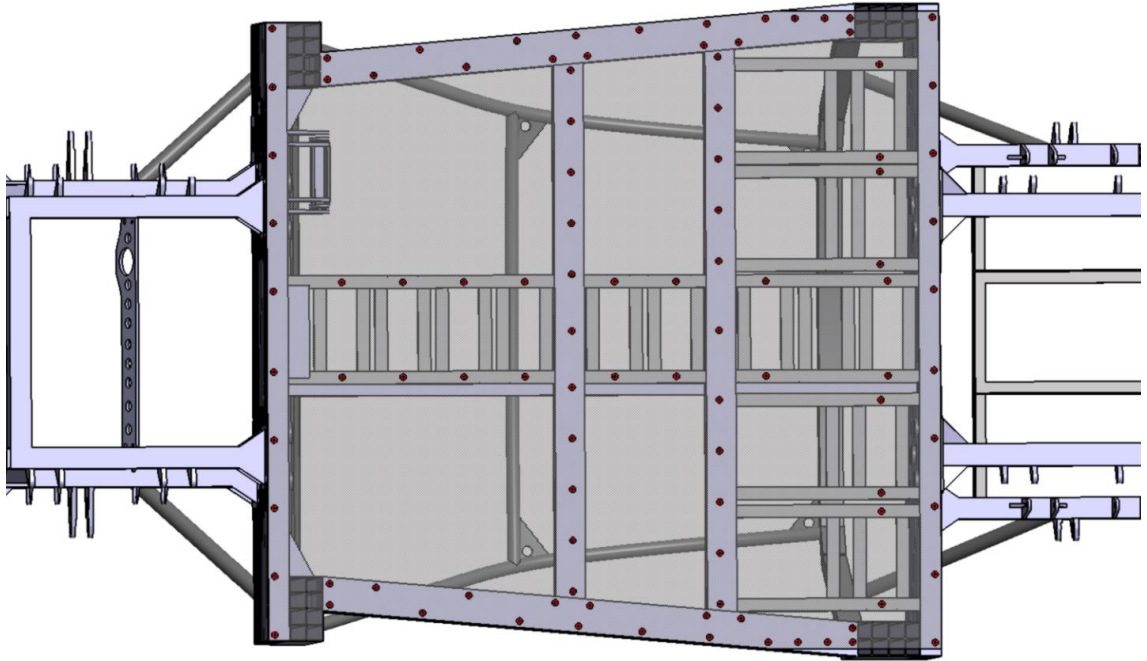


Şekil 2.39 Kompozit taban tasarımı

Bu kompozit yapı 72 adet civata ile şasiye monte edilecek şekilde tasarlanmıştır. Görüleceği üzere üretim anlamında zahmetli olan bu yapı gerektiğinde batarya ünitesine aracın altından tabanın demonte edilerek ulaşılabilmesi için tasarlanmıştır.

Üretilmesi planlanan iki prototip aracın ilk prototipinin şasisinde bu kompozit yapının kullanılması planlanırken ikinci prototipin şasisinde ise tamamen farklı bir tasarım kullanılması düşünülmüştür.

Üretim zahmeti düşünüldüğünde daha avantajlı olan bu yeni tasarım, tek parça işlenmiş eloksallı kaplı 3mm kalınlığında alüminyum bir plakadan oluşmaktadır. Eloksallı kaplanmış yüzey aşınmalara karşı dirençli olduğundan tercih edilmiştir. Bu tabanın tasarımı ise şasiye belirlenen 102 noktadan alüminyum perçinler kullanılarak monte edilebileceği şekilde yapılmıştır. Bu perçin noktalarının tasarımı perçin başının yüzeye sıfır olacağı şekilde plaka üzerinde bu bölgelerde derinlik verilerek yapılmıştır.



Şekil 2.40 Taban perçin konfigürasyonu

İki tasarım kıyaslandığında, tek parça malzemeden oluşan tasarımın daha pratik olacağı görülmektedir fakat uygulama açısından iki farklı yöntem kullanmak üretimin ardından kıyaslama yapabilmek için kolaylık sağlayacaktır. Her iki tasarımda da bağlantı noktaları, kullanılacak civata ve perçinlerin tipi çeşitli öngörü ve testler neticesinde belirlenmiştir.

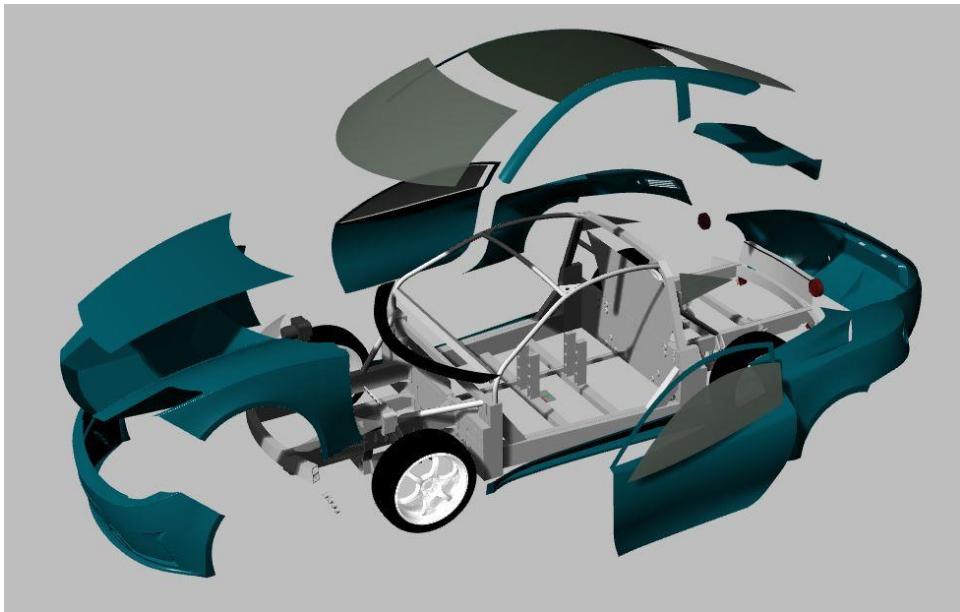
2.6 Tasarım Sürecinde Etkili Olan Parametreler

Önceki bölümlerde değinildiği üzere şasi tasarımı, aracın gövde tasarımı başta olmak üzere birçok süreç ile etkileşim halinde yürütülmüştür. Aracın dışarıdan görülen silüeti, hatları ve gövde yapısı şasinin geometri ve ölçülerine en çok etki eden kavramdır. Ayrıca yürüyen aksam başta olmak üzere o araçta kullanılan ekipmanlarda şasinin oluşumunda bölgesel de olsa önemli rol oynamaktadır.

2.6.1 Gövde Tasarımı

S1'de şasi tasarımı, gövde tasarımı ile eş zamanlı yürütülmüştür. Ön ve arka travers modüllerinin en temelde uzunlukları, gövdede ön ve arka tamponların konumuna göre belirli bir bağlantı mesafesi bırakılarak belirlenmiş aynı zamanda küvet modülü aracın kapı çizgisi ve yan hatlarına göre dizayn edilmiştir. Yalnızca şasi tasarımı gövde tasarımına göre şekil almamış, gerektiğinde gövde hatları da bağlantılar düşünülerek şasiye göre revize edilmiştir.

Şasi tasarımı ile gövdenin en bariz etkileşimi şasinin kabin tasarımında gerçekleşmiştir. Kabinin tasarımı ve profillerin geometrileri gövde hatlarına göre belirlenmiş, güvenlik ihmal edilmeden estetik unsurlar göz önünde bulundurulmuş ve gövdenin bu bölgesinde yer alacak olan kapı ve cam mekanizması gibi mekanik unsurlar da düşünülerek tasarım yapılmıştır.



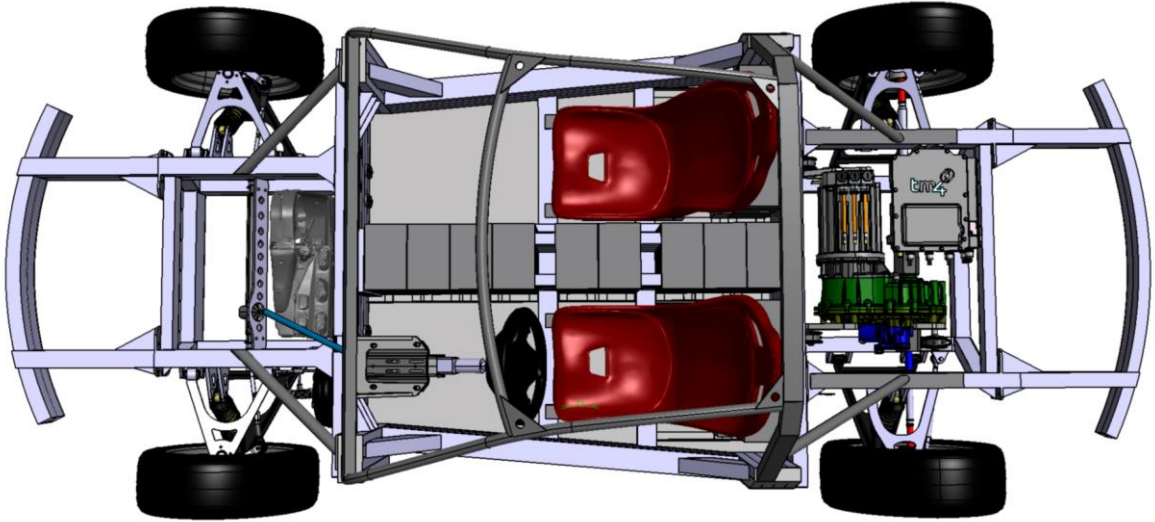
Şekil 2.41 Gövde panelleri ve şasi

Şekil 2.41’de görüleceği üzere gövde panelleri üretim kolaylığı düşünülerek parçalara ayrılmış, her bir parçanın ya da panelin şasi ile bağlantıları düşünülerek şasi tasarımı güncellenmiş gerektiğinde revizyona uğramıştır.

2.6.2 Ekipman Konumlandırması

Daha önceki bölümlerde bahsedildiği üzere araçta kullanılması planlanan özgün tasarım süspansiyon sistemi, elektronik ekipmanlar, koltuklar gibi birçok ekipman şasi tasarım sürecinde çok belirleyici rol oynamıştır.

Şasi tasarım süreci ile beraber ilerleyen süspansiyon sistemlerinin tasarımı ön ve arka transversin ana geometrisinin oluşmasını sağlamıştır aynı zamanda araçta kullanılacak motor ve kontrol ünitesinin seçimi ile beraber arka transversin yapısı netlik kavuşmuştur. Üretim kolaylığı sağlayan uygun bağlantı aparatlarının tasarımı ile ana mekanik ekipmanlar şasi tasarımında konumlandırılmıştır.



Şekil 2.42 Şasideki bütün ekipmanların konumlandırılması

Tasarımda etkili rol oynayan ekipmanlar konumlandırıldıktan sonra araçta kullanılacak fren hattı, iklimlendirme sistemleri, diğer elektronik ve mekanik ekipmanlar uygun ölçülerde seçilmiş ya da tasarlanmıştır.

Örneğin motor ünitesinin yerleşiminden sonra aracın hareket ileten şaft milleri, yapılan hesaplar ve araştırmalar neticesinde üretime yönelik özgün bir şekilde tasarlanmıştır.

2.7 Montaj Metodolojisi

Tasarım sürecinde sürekli düşünülmesi gereken en önemli konu tasarımı yapılan parçaların ekipmanların ya da modüllerin birbirine nasıl monte edileceğidir. Bilindiği üzere civatalama, kaynak ve yapıştırma metodlarından her birinden faydalanılması düşünülen S1 şasisinde hangi bölgede hangi metodun hangi ölçüde kullanılacağı çeşitli standartlara, yapılan analiz ve testlere göre netlik kazanmıştır.

2.7.1 Şasi Montaj Bölgeleri ve Montaj Yapısı

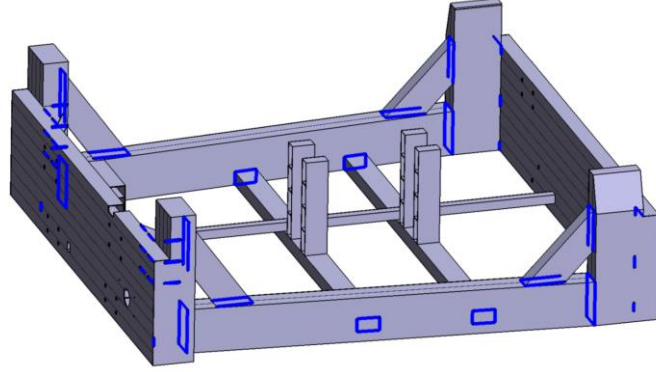
Şasi tasarımında temel olarak “geniş temas” yüzeylerinde ve yüksek dayanım gerektirmeyen bölgelerde özel olarak seçilen yapıştırıcı kullanılması planlanmış, yüksek dayanım gerektiren ve geniş temas yüzeyi olmayan bölgelerde ise uygun bir proses hazırlanarak kaynak kullanılmasına karar verilmiştir. Ayrıca aracın ana taşıyıcı yapısının ön travers, küvet ve arka travers olmak üzere 3 modülünün birbirine özel olarak üretilmesi düşünülen alüminyum alaşım civatalar yardımı ile bağlanması planlanmıştır.

2.7.1.2 Kaynak Prosesi

Kaynak yöntemi hem maliyetli hem de zahmetli bir işdir. Dolayısıyla şaside uygulanacak kaynağın ihtiyaç dışına çıkması doğru olmayacaktır. Bu doğrultuda daha sonraki bölümlerde bahsedileceği üzere yapılan çeşitli analizler neticesinde bölgesel gerilme dağılımları incelenmiş ve uygun toleranslar ve güvenlik faktörü belirlenerek her bir kaynak bölgesindeki kaynak uzunluğu optimize edilmiştir. Bu sayede kaynak işçiliği ideal bir düzeye indirgenmiştir.

Bu proses, analiz birimi ile koordineli olarak şasinin her bir modülünün her bir kaynak bölgesi için ilk etapta teknik resimler üzerinde düzenlenmiş daha sonrasında üretim esnasında okuma ve yorumlama açısından kolaylık sağlaması için tasarımın üç boyutlu modelleri üzerinde hazırlanmıştır. Şekil 2.43’te küvet modülü için kaynak prosesi görülmektedir. Bu proseste her bir bölgenin kaynak uzunlukları ve miktarları değişkenlik göstermektedir.

Kaynak optimizasyonu üretim planlanarak yapıldığından, üretim esnasında zaman ve maliyet tasarrufu sağlayacağı öngörülmüştür. Aynı zamanda kaynak prosesi hazırlanırken üretim esnasındaki işlem kolaylığı da gözetilerek bu proses her bir modül için aşamalı olarak hazırlanmıştır.



Şekil 2.43 Küvet modülü kaynak bölgeleri (kaynak prosesine göre)

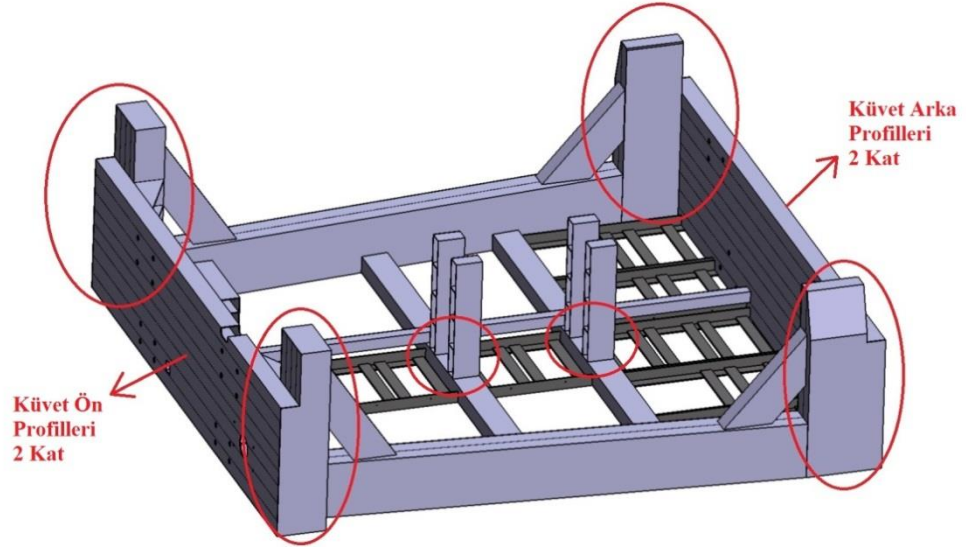
2.7.1.2 Yapıştırıcı Prosesi

Şaside, montaj metotlarından biri olan yapıştırıcı kullanılmasına karar verildikten sonra şasi malzemesine uyumlu güçlü bir yapıştırıcı araştırması yapılmıştır. Araştırmalar neticesinde belirlenen ve testleri yapılan yapıştırıcılar arasından uygun olanı seçilmiş ve bu yapıştırıcının teknik datalarına ve uygulama şekline göre bir proses hazırlanmıştır.

Şasinin bazı bölgelerinde kaynak ile yapıştırıcı alanları ortaktır. Kullanılması planlanan yapıştırıcı kaynak sırasında oluşabilecek yüksek ısıdan olumsuz yönde etkilendiği için montaj bölgelerinin tasarımı bu durum göz önünde bulundurularak yapılmıştır.

Yapıştırma yöntemi, seçilen yapıştırıcının kürlenme süresinin de kısa olması gibi etkenler ile büyük avantaj sağlayan pratik bir montaj yöntemidir. Şasinin ana montajı dışında şasiye yerleştirilecek küçük çaplı ekipmanların da montajında kullanılması planlanmıştır. Ayrıca kaynak uygulanacak herhangi bir bölgenin ilk sabitlenmesinin yapılmasında ya da farklı türden, kaynak olması mümkün olmayan malzemelerin birleştirilmesinde kullanılması düşünülmüştür.

S1 Şasisi modüler bir yapıya sahip olduğundan ve dikdörtgen kesit profillerin kullanımı ağırlıkta olduğundan geniş temas yüzeyleri çoktur. Bu geniş temas yüzeyleri büyük oranda şasinin tasarımında küvet modülündedir. Dolayısıyla şekil 2.44'te görüldüğü gibi şaside uygulanacak olan yapıştırma ağırlıklı olarak bu modüldedir.



Şekil 2.44 Küvet modülü yapıştırma bölgeleri

2.7.1.3 Cıvatalama Prosesi

Şaside kullanılması planlanan bir diğer önemli montaj metodu olan cıvatalama, doğru cıvata seçimi ve kullanılacağı bölgenin doğru tasarımı ile pratik bir çözümdür. Ayrıca şaside modülerliği de sağlayan cıvatalı bağlantılardır.

Bilineceği üzere kaynak yönteminde ve nispeten yapıştırma yönteminde uygulama sonrası geri dönüş zordur fakat iki parça birbirine cıvata ile bağlandığında bu parçaları birbirinden ayırmak kolay ve mümkün olacaktır. Her ne kadar basit bir çözüm gibi gözükse de cıvata bağlantısının yapılacağı bölgelerde bilhassa alüminyum kullanımında güçlü temas yüzeylerinin sağlanmasına ve doğru cıvata kullanımına dikkat edilmelidir. Şaside cıvata kullanılan her bir bölgede tasarımın bu yönüne uygun olmasına dikkat edilmiş, bazı durumlarda geniş temas yüzeyleri oluşturulmuş, bazı bölgelerde ise cıvata uygulanacak bölgenin kesit kalınlığı ve kesit yapısı göz önünde bulundurulmuştur.



Şekil 2.45 Modüler montajda kullanılacak cıvata ve basma plakası

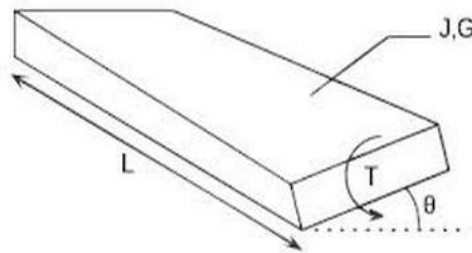
3. SONLU ELEMENLAR ANALİZLERİ VE TEST SÜRECİ

Tasarımı yapılan ve üretilmesi planlanan bir yapı ya da nesne uygun ürünü elde edebilmek için tasarım sürecinde çeşitli testlere tabi tutulmalıdır. Bu testler, ürün prototipi üzerinde somut bir şekilde yapılabileceği gibi gelişen teknoloji ve yazılımların sayesinde çok yakın doğrulukta bilgisayar üzerinde de canlandırılabilir. Bilgisayar üzerinde elde edilen sonuçlar neticesinde tasarım gerekirse değişebilmektedir. Yapılan analizler ile elde edilen ürünler geliştirilebileceği gibi zaman ve maliyet yönünden de kazanç sağlanır. Daha az malzeme daha uygun üretim şekilleri belirlenerek daha kısa sürede üretilebilir. Çıkan ürün üzerinden yapılacak testler bilgisayar ortamında gerçekleştirilerek proste kolaylık sağlanır. Özet olarak tasarım süreci analiz, test ve simülasyonlar ile koordineli yürümektedir.

Bir otomobil çok çeşitli mekanik yapıdan oluştuğu için test süreci çok kapsamlı ve çeşitlidir. Bu çalışmada da konu edilen, bir araç şasisi üzerinde yine aynı zamanda çeşitli testler yapılmaktadır. EVT bünyesinde yer alan ayrı bir birim tarafından S1 şasisi üzerinde tasarım sürecinde çeşitli analiz ve testler yürütülmüştür. Bu testler neticesinde bazı durumlarda tasarım revize edilmiş, bazı durumlarda ise ekipman ve parça seçimleri bu analizler neticesinde yapılmıştır.

3.1 Burulma Analizi

Burulma direnci analizleri şasi tasarımı için çok önemli bir analiz türüdür. Aracın yol tutuşunu ve konforunu, performansı kadar iyileştiren bir faktördür. Bir aracın ağırlığı arttıkça burulma direnci de normal olarak artar fakat bir tasarımdaki temel amaç, aracın burulma direncini artırırken ağırlıktaki artışı minimum düzeyde tutabilmektir. Burulma direnci analitik yöntemler ile, simülasyon yaparak ya da deneysel olarak 3 farklı yöntem ile hesaplanabilir.



Şekil 3.1 Temel Olarak Bir Malzemenin Burulması

Burulma direncinin analitik hesabı şu şekilde gerçekleşir [26];

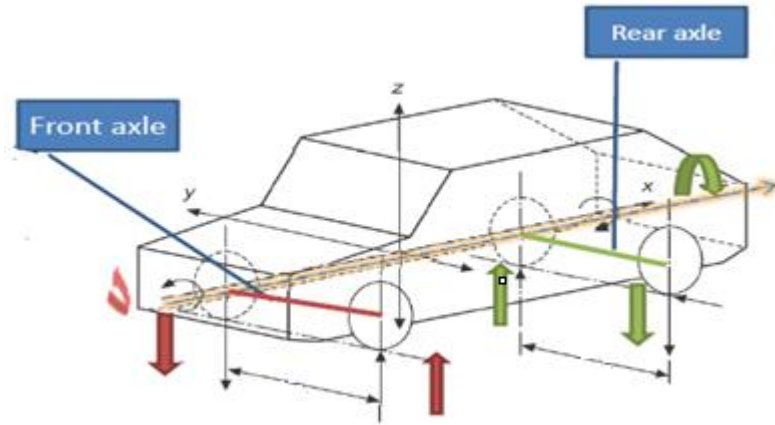
- Şasinin ön bağlantı noktalarından eşit kuvvetler zıt yönde uygulanır

$$T = Fd$$

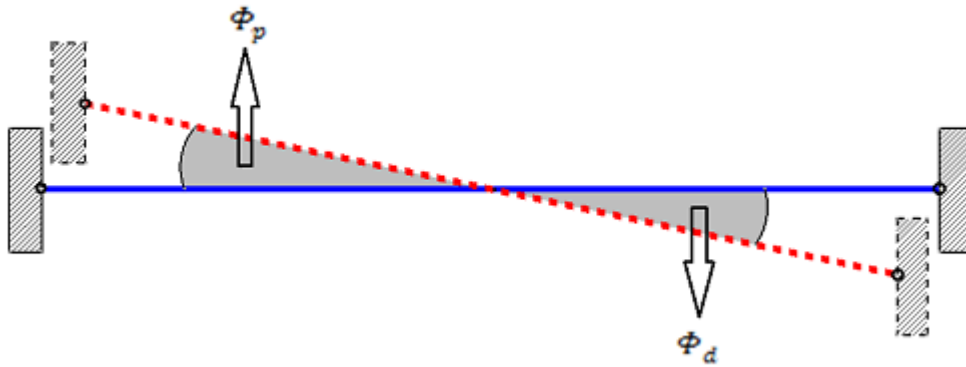
d : kuvvetlerin uygulandığı mesafeler arası uzaklık

- Arka süspansiyon bağlantı noktalarından sabitleme yapılıır

$$U_x = U_y = U_z = 0 \quad \Theta_y = \Theta_z = 0, \quad \Theta_z = \text{Serbest (Döner Mafsal)}$$



Şekil 3.2 Burulma Anında Aracın Maruz Kaldığı Kuvvetler



Şekil 3.3 Burulma anında açısal yer değiştirmeler

Şekil 3.3'te bir aracın burulma anı temsili olarak gösterilmiştir. Aracın maruz kaldığı kuvvetlerden dolayı oluşan moment, burulma anında sürücü ve yolcu tarafında oluşan açısal yer değiştirmelerin ortalamasına bölüldüğünde aracın burulma direnci elde edilir

- Burulma direnci hesabı

$$Kc = \frac{T}{\Phi} = \frac{Fd}{0.5(\Phi_d + \Phi_p)}$$

Φ : Ortalama Burulma Değeri

V_d : Sürücü tarafı amortisör kulesi yer değiştirme

Φ_d : Sürücü tarafı açısal yer değiştirme

V_p : Yolcu tarafı amortisör kulesi yer değiştirme

Φ_p : Yolcu tarafı açısal yer değiştirme

$$\Phi_d = \arctan\left(\frac{V_d}{d/2}\right)$$

$$\Phi_p = \arctan\left(\frac{V_p}{d/2}\right)$$

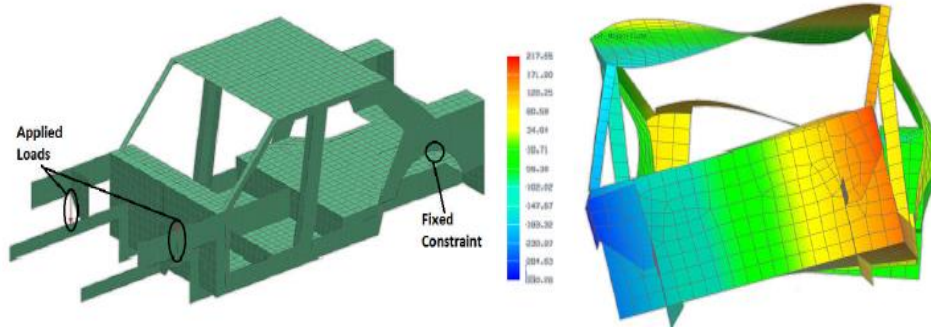
Çizelge 3.1'de piyasada bulunan benzer bazı araçların burulma direnci değerleri verilmiştir [27];

Çizelge 3.1 Araç Modelleri ve Burulma Direnç Değerleri

| Araç Marka Ve Modeli | Burulma Direnci (Nm/deg) |
|------------------------|--------------------------|
| Audi TT Coupe | 19000 |
| BMW Z4 Roadster | 14500 |
| Chevrolet Corvertte C5 | 9100 |
| Dodge Viper Coupe | 7600 |
| Ferrari 360 Spider | 8500 |
| Lamborghini Murcielago | 20000 |
| Lotus Elise | 10000 |
| Porsche 911 Turbo | 13500 |
| Porsche 911 Carrera | 33000 |
| Lamborghini Gallardo | 23000 |

3.1.1 Çalışmanın Amacı

S1 şasi tasarımında hedeflenen hafif bir araçtan yüksek burulma değeri elde etmektir. Bu hedef doğrultusunda tasarım birimi şasinin ilk aşamasından final haline kadar analiz birimi ile koordineli bir çalışma yürütmüştür. Tasarım biriminde hazırlanan CAD model gerekli düzenlemeler yapılarak belirlenen periyodlarda analiz birimine gönderilmiş ve analizler neticesinde elde edilen sonuçlara göre gerektiğinde iyileştirmeler gerektiğinde ise ağırlık optimizasyonları yapılmıştır. Burulma direnci analizleri sonlu elemanlar metodu ile gerçekleştirilmiştir ve bu analizler için ANSYS Workbench 14.5 programı kullanılmıştır.

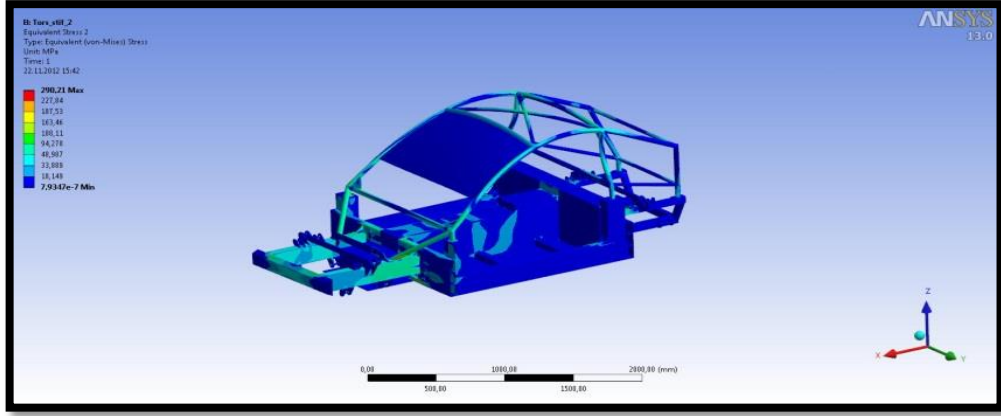


Şekil 3.4 Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Örnek Bir Burulma Analizi [28].

Aracın burulma direnci analizleri, şasinin fikir olarak ortaya çıktığı ilk günden göz önüne alınmıştır. İlk olarak ortaya çıkarılan şasi modeli için yapılan analizlerde düşük olan değerler, burulma direncini arttırmaya yönelik düzenlemeler ile geliştirilmiştir. Şasinin tasarımının son halini almasına kadar yaklaşık yirmi farklı analiz yapılarak şaside uygulanan değişikliklerin etkileri incelenmiş ve burulma direncinde hedeflenen seviyeye ulaşılmıştır.

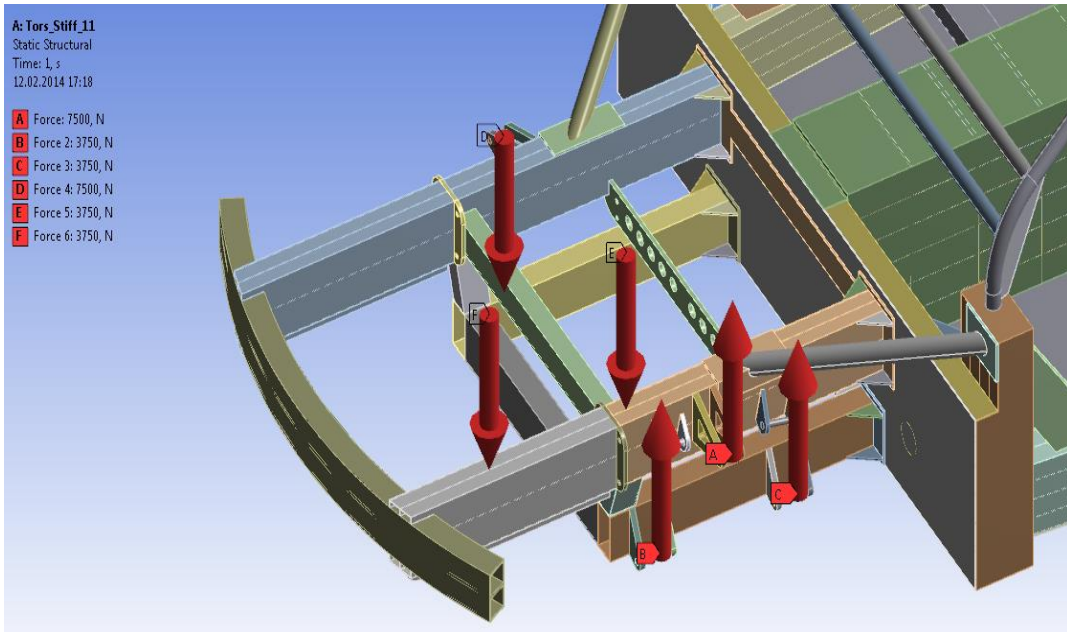
3.1.2 Ansys Workbench Analiz Uygulamaları

Araç için yapılan çalışmalar sonucu ortaya çıkan şasinin ilk burulma direnci hesabı 06.11.2012 tarihinde başlamıştır. Sonuçlara dayanarak şasinin belirli bölgelerinde direnci arttıracak değişiklikler belirlenmiştir. Burulma direncinin artması için şasiye ek düzenlemeler yapılarak belirli bölgelerin kalınlıkları değiştirilmiştir. Bu analizde aracın burulma direnci 3750 Nm/deg olarak hesaplanmıştır. Yapılacak olan değişikliklere karar verilmiş ve bundan sonra burulma direnci prosesi bu şekilde ilerlemiştir.

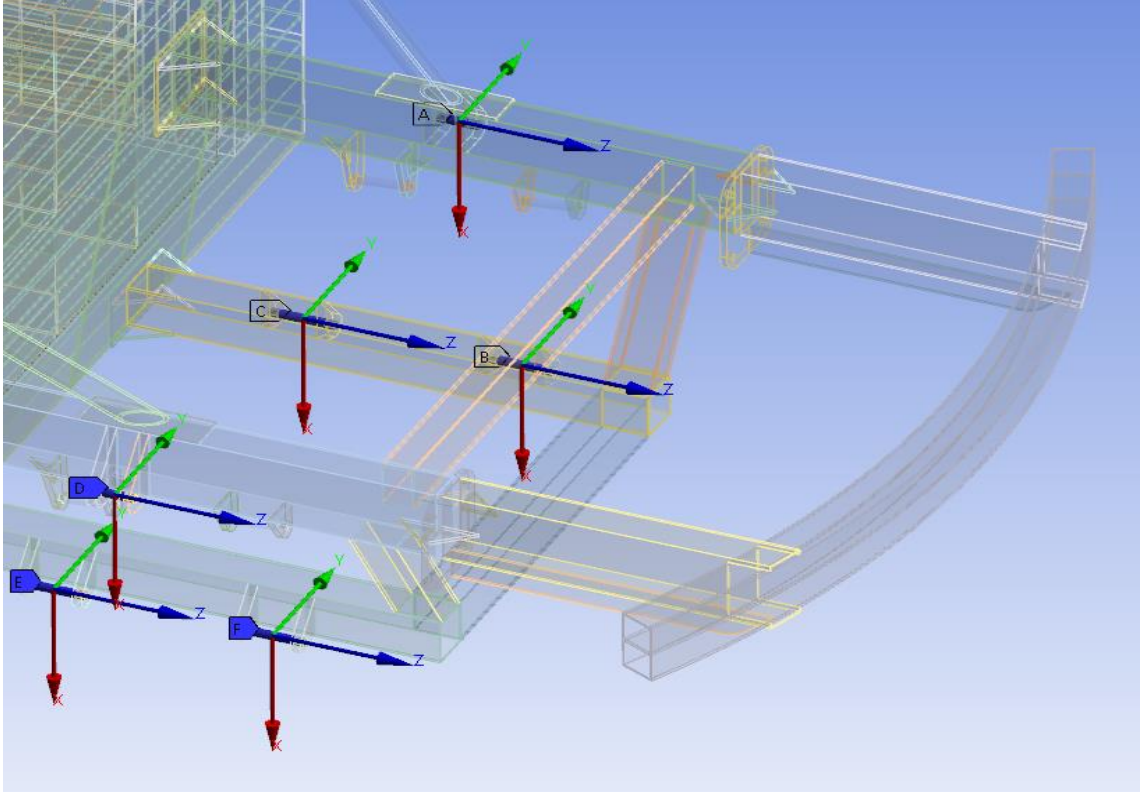


Şekil 3.5 06.11.2012 Tarihli İlk Burulma Analizi

Burulma direnci uygulaması Şekil 3.6’da görüldüğü gibi gerçekleştirilmiştir. Uygulanan kuvvetler şasi üzerinde süspansiyonun salıncak bağlantı noktalarına ve amortisör bağlantı noktasına, burulma direnci prosedürüne uygun bir şekilde uygulanmıştır. Şasi ön tarafından karşılıklı uygulanan kuvvetler şekilde görüldüğü gibidir, bu kuvvetler karşıt pozisyonda fakat aynı değerde uygulanırlar. Analizde sabitleme arka salıncak bağlantı noktalarından ve amortisör kulesinden şekildeki gibi sabitlenmiştir. Bu sabitleme tüm yönlerde değildir. “z” yönünde şasinin bağıl hareketi serbest bırakılmıştır. Benzer analiz Şekil 3.7’de görüleceği üzere aracın arkasından kuvvet uygulanarak, şasinin ön kısmından sabitlenerek gerçekleştirilmiş ve bu değerlerin bir önceki uygulanan yöntem ile benzer değerler verdiği görülmüştür.



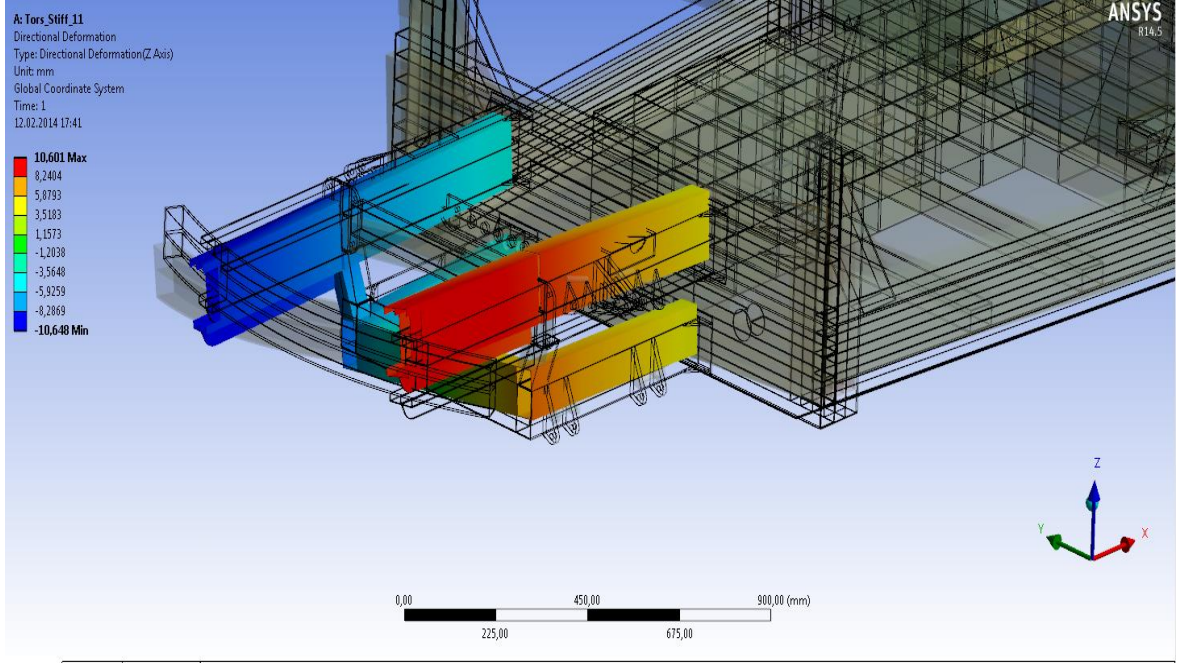
Şekil 3.6 Ön Travers Modülünden Burulma Direnci Uygulaması



Şekil 3.7 Arka Travers Modülünden Burulma Direnci Uygulaması

Ekipmansız yalın şasi modeli üzerinde yapılan burulma direnci analizleri neticesinde çıplak şasinin son burulma direnci değeri 13115 Nm/deg olarak elde edilmiştir. Burulma direncini arttırıcı birçok etken vardır. Camlar, kapılar, koltuklar ve diğer komponentler burulma direncini arttırıcı etkenlerdir. Sade şasi modeli üzerinde elde edilen değerlerin yüksek seviyede olduğu görülmüştür. Bu son değer diğer parçalar ile birlikte yaklaşık 20000 Nm/deg olarak elde edilmesi beklenmektedir. Elde edilen değer aracımızın ağırlığı göz önüne alındığında literatürde birçok aracın üstünde olduğu görülmektedir.

Bu analizde temel olarak kuvvetler uygulanmış ve şasinin deformasyonu ölçülmüştür. Şekil 3.7’de görüleceği üzere gerçekleşen burulma direnci analizleri sonucu ön travers profillerinin deformasyonu resmin 5 kat büyütülmüş hali ile görülmektedir. Ele alınan sonuçlar profil üzerinde bağlantı noktalarının hizasından alınmıştır. Çünkü profil uçları daha fazla deforme olmaktadır ve hesapların uç kısma göre yapılması eksik sonuçlar doğurmaktadır.



Şekil 3.8 Analizler Sonucu Oluşan Deformasyon (5 kat büyütülmüş görüntü)

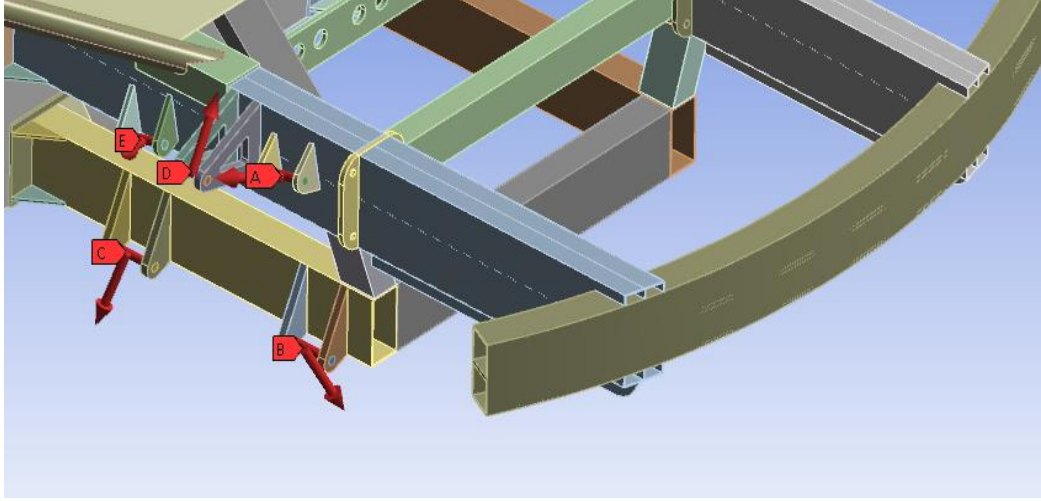
3.2 Şasi-Süspansiyon Analizi

Şasi tasarımında büyük bir öneme sahip olan süspansiyon sistemi aracın hareket anında yoldan alacağı etkileri bir miktar sönümleyerek te olsa şasiye tepki olarak ileteceği için detaylı analiz edilmesi gereken bir sistemdir. Kendi içerisinde çeşitli analiz ve testlerden geçiyor olsa da şasiye bağlı ve mekanik olarak çalışan bir sistem olduğu için şasi ile etkileşimini değerlendirmek ve bu değerlendirmeyi şasi tasarım sürecinde ele almak uygun bir çalışma olacaktır.

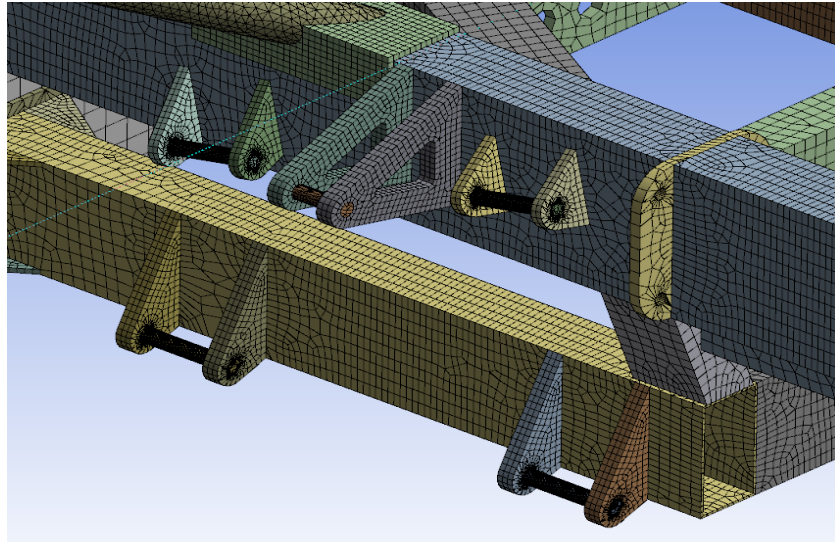
Süspansiyon sisteminin tasarım aşamasında kendi içerisinde gerçekleştirilen birçok analizden elde edilen sonuçların şasi bağlantı noktalarına aktarılması ile şasi-süspansiyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Belirli yol koşullarında karşılaşılabilecek en ekstrem durumlarda aracın tekerine gelebilecek kuvvetler öngörülmüştür. Ön ve arka bağlantı noktalarından aktarılan kuvvetler ile şaside oluşan gerilme ve deformasyonlar gözlemlenmiştir.

3.2.1 Önden Yükleme Koşulları

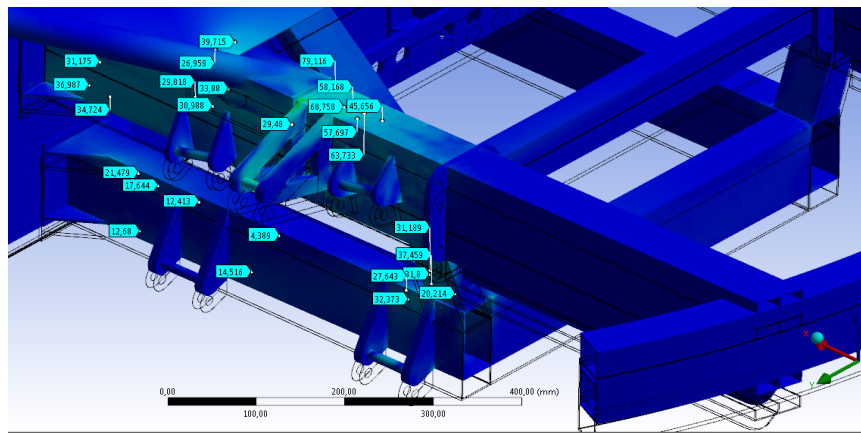
Kuvvetler ön süspansiyon bağlantı noktalarından uygulanırken, şasi arka süspansiyon bağlantı noktalarından sabitlenmiştir.



Şekil 3.9 Ön Bağlantı Noktalarından Uygulanan Kuvvetler



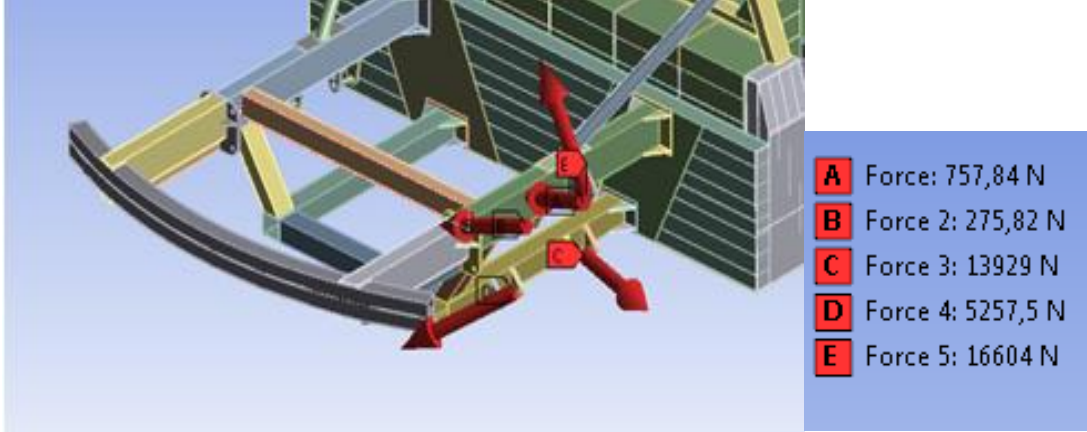
Şekil 3.10 Bölgesel Ağ (mesh) Yapısı



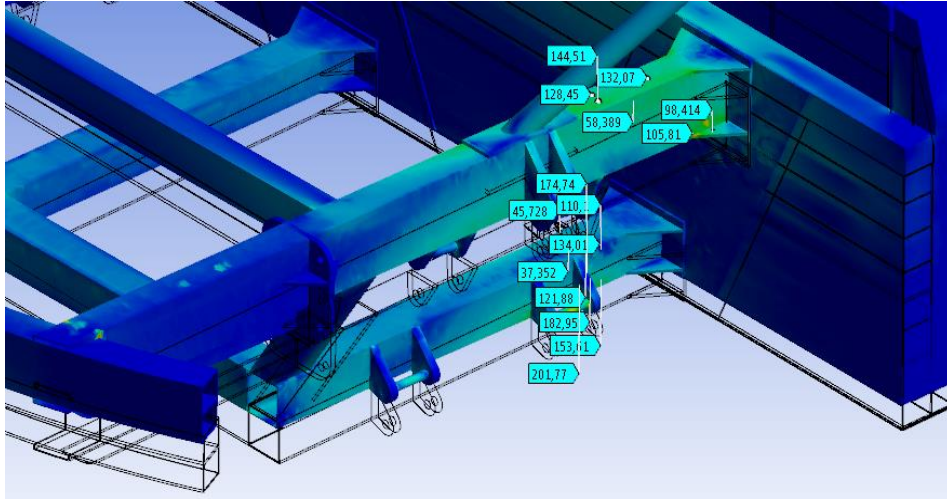
Şekil 3.11 Önde Oluşan eş değer gerilmeler ve bölgesel değerleri

3.2.2 Önden Yükleme Koşulları

Kuvvetler arka süspansiyon bağlantı noktalarından uygulanırken, şasi ön süspansiyon bağlantı noktalarından sabitlenmiştir.

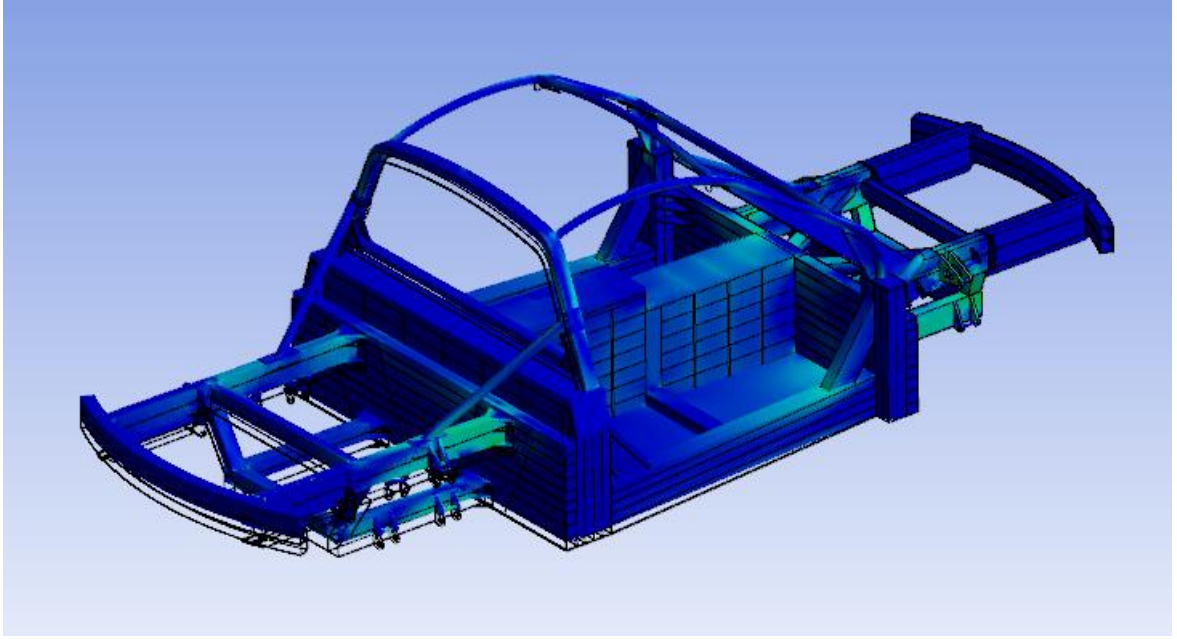


Şekil 3.12 Arka Bağlantı Noktalarından Uygulanan Kuvvetler



Şekil 3.13 Arkada Oluşan eş değer gerilmeler ve bölgesel değerleri

Sonuçlar yorumlanırken, gerilmelerin dağılımı incelenmiş ve kritik bölgelerden değerler alınmıştır. Şekil 3.11 ve 3.13'te yer alan son analizlerden elde edilen sonuçlara göre şaside oluşan gerilmelerin, malzemenin kalıcı deformasyon gördüğü kritik değerlerden çok düşük ve elastik deformasyon bölgesinde olduğu görülmüştür.



Şekil 3.14 Oluşan eş değer gerilmeler ve Şasinin ilk-son konumu

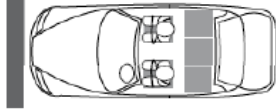
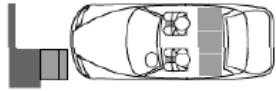
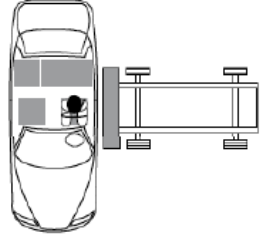




Yapılan bu analizler ve gözlemler neticesinde süspansiyon sisteminin şasi bağlantı noktalarının tasarımı gerek duyulduğunda güçlendirilmiştir. Ayrıca üretime yönelik kaynak prosesinde bağlantı noktalarının kaynak dağılımı da bu analizlerden elde edilen bölgesel gerilim değerlerine göre hazırlanmıştır.

3.3 Çarpışma Simülasyonları

Burulma ve süspansiyon analizleri genel olarak aracın sürüş dinamikleri ile ilgilidir fakat çarpışma analizleri güvenlik ile ilgilidir. Genellikle birçok otomotiv firması tarafından somut olarak yapılan çarpışma testleri aynı zamanda gelişmiş yazılımlar kullanılarak bilgisayar üzerinde de yüksek doğrulukta yapılabilmektedir.



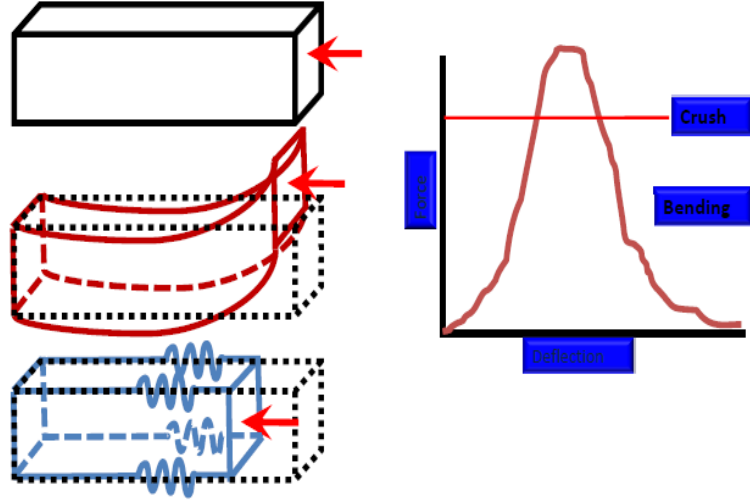
Şekil 3.15 Gerçekleştirilen Çarpışma Testi

| | | | |
|--|---|--|---|
| |  |  |  |
|  USA | FMVSS 208 4 Tests at 32 to 56 km/h belted and unbelted 2 H-III / 2 H-III 5 % female see page 38 | FMVSS 208 40 km/h 40 % Offset 2 H-III 5 % female belted | FMVSS 214 (new) 54 km/h 27° crab angle 1368 kg ES-2re front SID-1ls rear  FMVSS 201p 29 km/h 90° on pole 254mm SID-H3 FMVSS 214 (new) 32 km/h 75° on Pole 254mm ES-2re or SID-1ls |
|  Europe | | ECE-R94; 96/79/EC 56 km/h 40 % Offset 2 H-III | ECE-R95; 96/27/EC 50 km/h 950 kg ES-2 |
|  Japan | TRIAS 47 50 km/h 2 H-III | TRIAS 47-4 56 km/h 40 % Offset 2 H-III | TRIAS 47-3-2000 50 km/h 950 kg ES-2 |

Şekil 3.16 Farklı Test Kuruluşlarının Test Standartları [28].

Çarpışma testleri ülkelere göre farklı standartlarda ve genel olarak farklı türlerde yapılabilmektedir. Bir araç seyir halinde ve dört tekeri yer ile temas halinde iken ön, arka ve yan kısımdan kaza geçirmesi muhtemeldir. Bu kaza ihtimallerine göre oluşturulan standartlar, çarpma açısı, çarpışma hızı gibi değerlerde değişkenlik gösterse de temel olarak yolcu güvenliği ön planda tutularak gerçekleştirilir.

Çarpışma analizlerinde dikkate alınan en önemli noktalardan biri ise deformasyon anında malzemenin davranışdır. Bir malzemenin sağlamlığı sadece sertliği ve mukavemeti ile ölçülmez. Yük uygulanan, özellikle ani yük uygulanan malzemelerin enerji absorbe edebilme kabiliyetleri de çok önemlidir. Alüminyum farklı alaşım türlerinde yüksek mukavemet değerlerine ulaşabilirken, doğası gereği enerji absorbe edebilme kabiliyeti de yüksektir.



Şekil 3.17 Bir kazada yapısal bozulma gösterimi

Bir aracın şasisi kaza anında en çok reaksiyon gösteren bölgedir aynı zamanda taşıyıcı iskelet olması dolayısıyla sağlamlığı aracın güvenliğini doğrudan etkiler. Önemli olan bu güvenlik faktörünü dikkate alırken aracın ağırlığının da optimizasyonunu doğru yapabilmektir.

En başından bu felsefe ile yola çıkılan şasi tasarımında mümkün olan en hafif şasi ile en iyi güvenlik değerlerini yakalayabilmek hedeflenmiştir. Bu doğrultuda şasi tasarımı belirli bir aşamadan sonra çarpışma analizlerine de tabi tutulmuştur. Şasi üzerinde önden ve arkadan olmak üzere iki farklı analiz türü gerçekleştirilmiş olup yandan çarpışma analizlerinin ise kapı detaylarının belirlenmesi ile ilerleyen zamanlarda yapılması planlanmıştır. Ayrıca şasi üzerinde gerçekleştirilen takla analizleri de ayrı bir bölümde incelenecektir.

3.3.1 Önden Çarpışma Simülasyonu

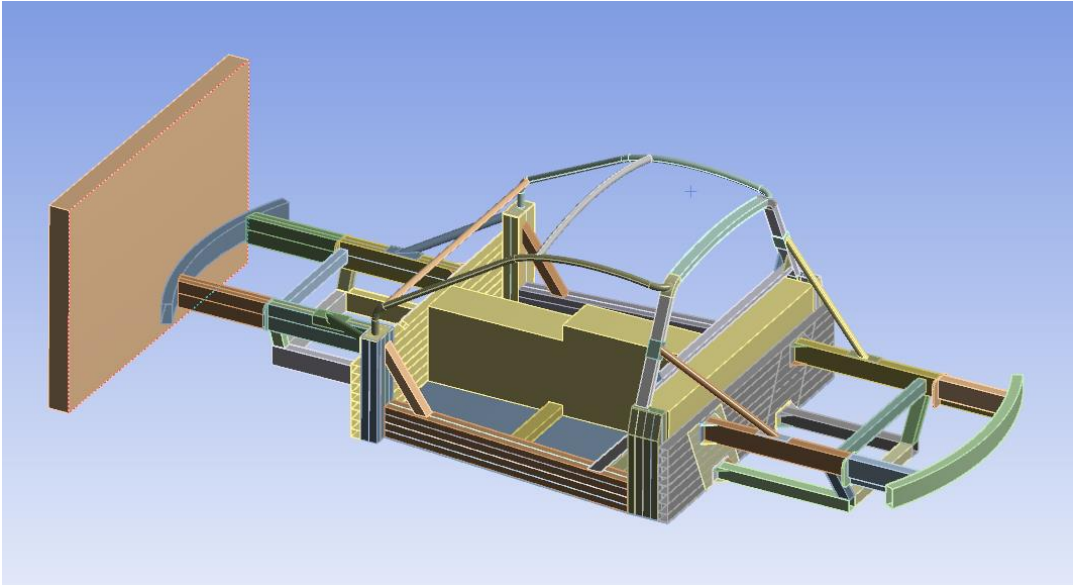


Şekil 3.18 Önden Çarpışmanın Fiziksel Gösterimi

Standartlara uygun olarak gerçekleştirilen çarpışma analizleri çıplak şasi üzerinde uygulanmış ve sonuçlar yorumlanmıştır. Gerekli bölgeler güçlendirmeler yapılmakla beraber, deformasyona uğraması başka bir deyişle enerji sönümlenmesi yapabilmesi istenen ancak mukavim bir görüntü oluşan kısımlar ise bu duruma göre tasarlanmıştır. Ayrıca bu analizlerde bataryaların şasideki konumlandırılması da hesaba katılmış ve analizler buna göre gerçekleştirilmiştir.

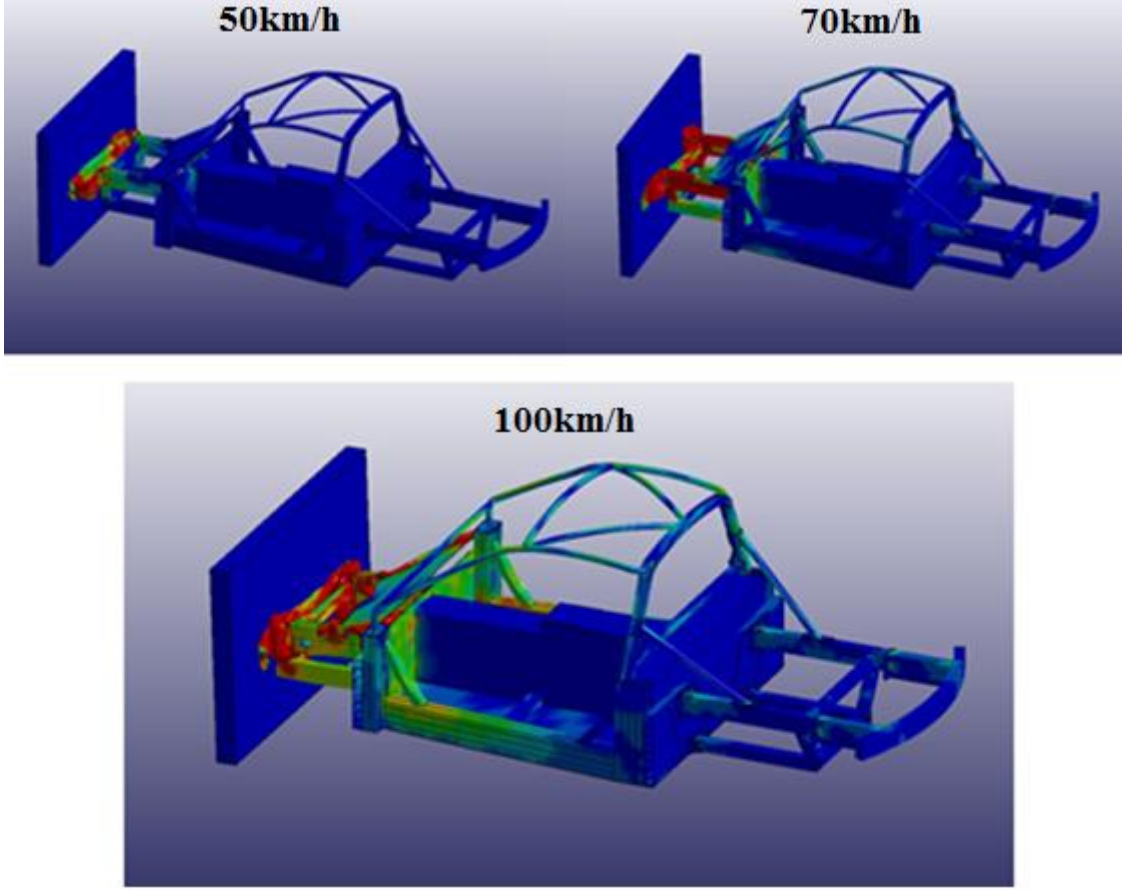
Analiz modellemesi şu şekilde yapılmıştır :

- Ansys Workbench içerisine tasarımın CAD modeli yüklenerek geometrik düzenlemeler gerçekleştirilmiştir.
- Çarpma duvarı gerekli ölçülerde eklenmiştir.
- Kontak tanımlamaları uygun olarak modellenmiştir.
- Şasinin ağırlığı aracın planlanan ağırlığı olarak tanımlanmıştır (Malzeme özelliği değiştirilmeden)
- Çarpışma hızı ve gerekli ayarlamalar Ansys içerisinde yapılmıştır.
- Çarpışma Ls-Dyna ile çözdürülmüş ve sonuçlar bu kısımda yorumlanmıştır.



Şekil 3.19 Önden çarpışma simülasyonu için explicit olarak modellenen tasarım

Önden çarpışma simülasyonları şekil 3.20’de görüleceği üzere 50 ve 70 km/h hızlarla yapılmış olup ayrıca standartların dışında, konseptin spor otomobil olması dolayısıyla 100km/h hızla da çarpışma simülasyonu gerçekleştirilmiştir.

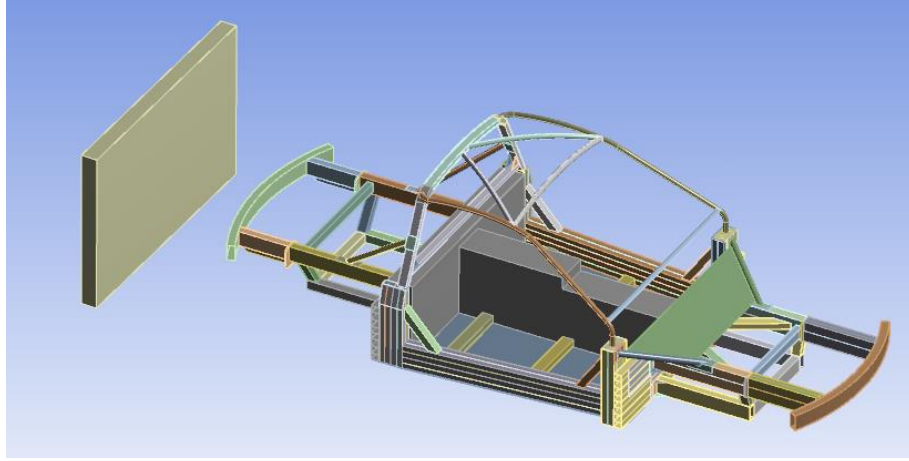


Şekil 3.20 50,70 ve 100km/h İle yapılan simülasyon sonuçları

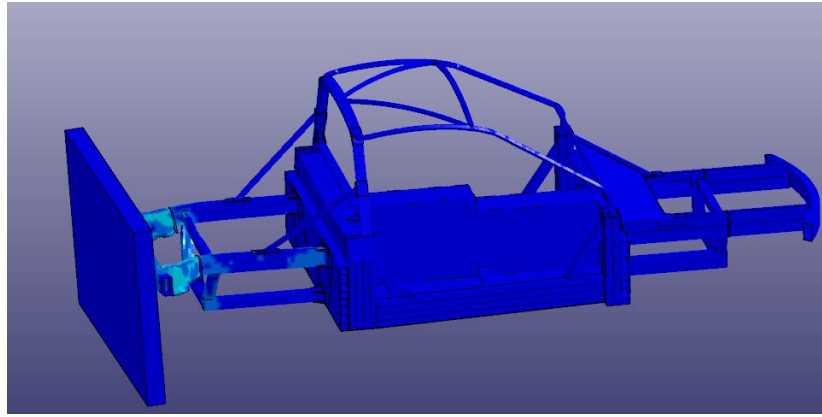
Analizler değerlendirilirken kaza anında enerjinin dağılımı, ekte verilen kaza animasyonları üzerinden detaylarıyla incelenmiş ve şasinin modülerliği de göz önünde bulundurulmuştur. Örneğin kaza anında bilhassa küçük ölçekli kaza durumlarında enerjiyi ilk absorbe edecek olan ön transversin ön tampon modülü gerek duyulduğunda değiştirilecek şekilde tasarlanmıştır. Küvet modülü içerisinde yer alan bataryalar ise fiziksel darbelere karşı dayanıklı olması sebebi ile şasinin güçlendirici bir ögesi gibi davranış göstermiştir. Çarpışma testleri neticesinde küvet bölgesinde önemli deformasyon gözlenmemiştir.

3.3.2 Arkadan Çarpışma Simülasyonu

Arkadan çarpma senaryosu önden çarpma senaryosuna benzer şekilde modellenmiştir. Sabit duvar arka kısma eklenmiş ve aracın arka kısmından çarpması sağlanmıştır. Standartlara uygun olarak 50 km/h değer için gerçekleştirilen analizde sonuçlar oldukça iyi çıkmıştır.



Şekil 3.21 Arkadan çarpışma analizi için explicit olarak modellenen tasarım



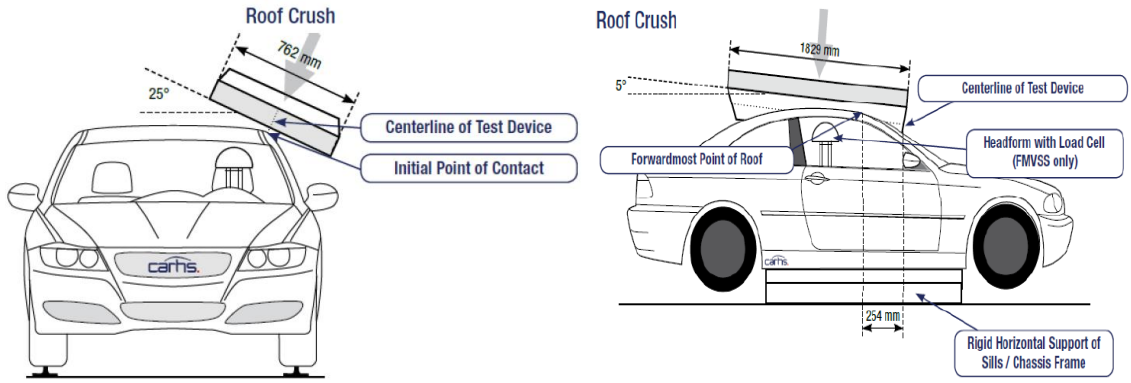
Şekil 3.22 50km/h ile yapılan simülasyon sonucu

3.3.3 Takla Simülasyonu

Dünyada, bir yılda araçların takla atması sonucu meydana gelen kazalarda 10.000'in üzerinde insan hayatını kaybetmektedir [29]. Bu gibi kazaların önüne geçmek adına aracın takla atmasını engelleyebilecek denge kontrolünü sağlamak çok önemlidir. Bu kontrol mekanizması çeşitli yazılımlar sayesinde gerçekleştirilir ve bu yazılımlar sayesinde araç hareket halinde iken özellikle de zorlu koşullarda denge, önemli ölçüde sağlanabilir. Dengenin bu yazılımlar olmasına rağmen sağlanamadığı durumlarda ise koruyucu hava yastıkları, fonksiyonel emniyet kemerleri gibi ek koruyucu önlemler devreye girmektedir. Bütün bu güvenlik önlemlerine karşılık dikkate alınması gereken en önemli konu; bu gibi kazalarda aracın sürücü ve yolcuları koruyabilecek kadar sağlam bir kafes yapısına başka bir deyişle yaşam alanına sahip olmasıdır.

Sağlam tavan ve kafes yapısı, olası her türlü kaza durumunda güvenlik sağlar. Özellikle araç takla attığında araç içerisindeki insanların yer ile temasını engelleyebildiği gibi emniyet kemeri takılmaması durumunda dahi güvenliğini bir nebze sağlayabilir. Bu gibi kaza durumlarında kolay deforme olan tavan ya da kafes yapısı insanların ezilmesine neden olabileceği gibi kaza sonrası kurtarma anında da yaşam alanına müdahale edilmesini zorlaştıracaktır.

Takla testi birebir araç üzerinde yapılabildiği gibi çeşitli standartlar dahilinde bilgisayar üzerinde de simüle edilebilmektedir. Bu doğrultuda kullanılan FMVSS 216 test prosedürüne göre, metal bir plaka ile belirlenen boyut ve açıda araç modeli üzerine, tavanı uygulandığı bölgeden 127mm deforme edecek şekilde 5mm/s sabit hızda baskı uygulanır. 1991 yılındaki standartlara göre aracın 1.5 katı ağırlıkta tanımlanan bu metal plaka günümüz standartlarında aracın yüksüz ağırlığının 3 katı olarak tanımlanmaktadır [29].

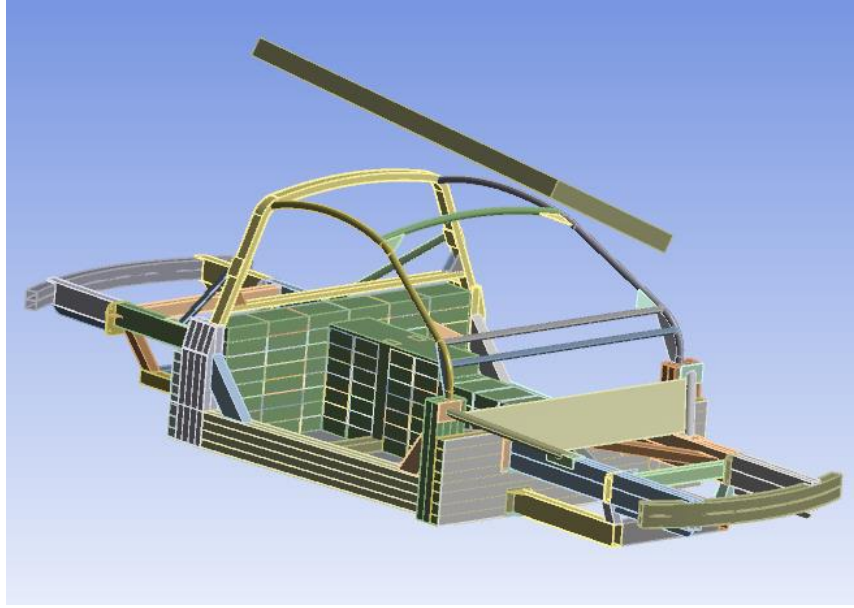


Şekil 3.23 FMVSS 216 Takla Test Prosedürü

Bu simülasyon neticesinde tavanı 127mm deforme edecek şekilde plaka üzerine uygulanan kuvvet değerine göre elde edilen SWR (Strength to Weight Ratio) yani mukavemet-ağırlık oranı belirleyici rol oynamaktadır. Elde edilen bu orana göre değişen aralıklarda aracın takla dayanımının iyi, zayıf ya da kötü olacağı belirlenebilir.

| SafetyWissen by carh.s. | Good | Acceptable | Marginal | Poor |
|------------------------------|--------|-------------|-------------|-------|
| SWR – $F_{max} / m \times g$ | > 4,00 | 3,99 - 3,25 | 3,24 - 2,50 | < 2,5 |

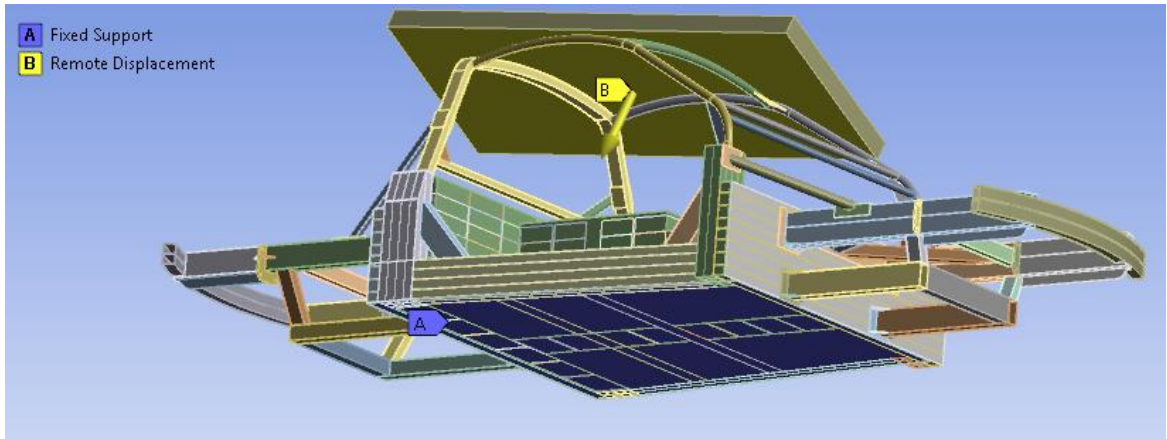
Şekil 3.24 Test Sonucu Değerlendirme Aralıkları [29].



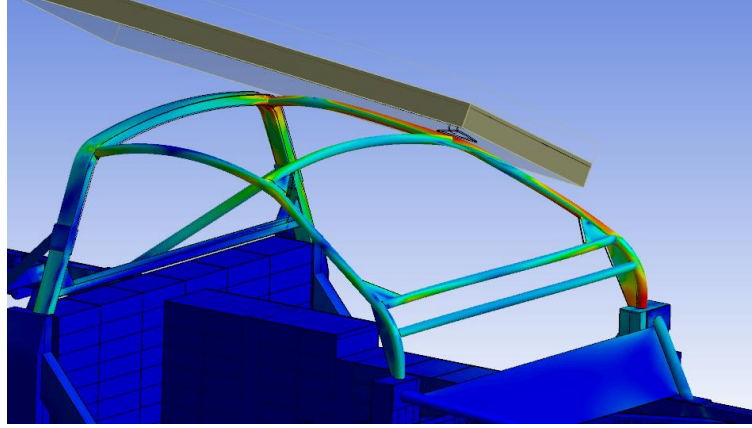
Şekil 3.25 Şasinin Test Prosedürü

Bu test prosedürüne ve standartlara göre yapılan analizlerde rijit bir plaka aracın üzerine şekilde verilen konum ve açılarda yerleştirilir. (+z) ekseninde (Şekil 3.26’da gösterilen B yüklemesi) standartlara uygun şekilde verilen girdiler uygulanır. Şasi alt kısmından sabitlenir. Deformasyonu tamamlanan analizde oluşan reaksiyon kuvvetleri elde edilerek aracın ağırlığına bölünür ve aracın takla durumuna karşı dayanımı belirlenir.

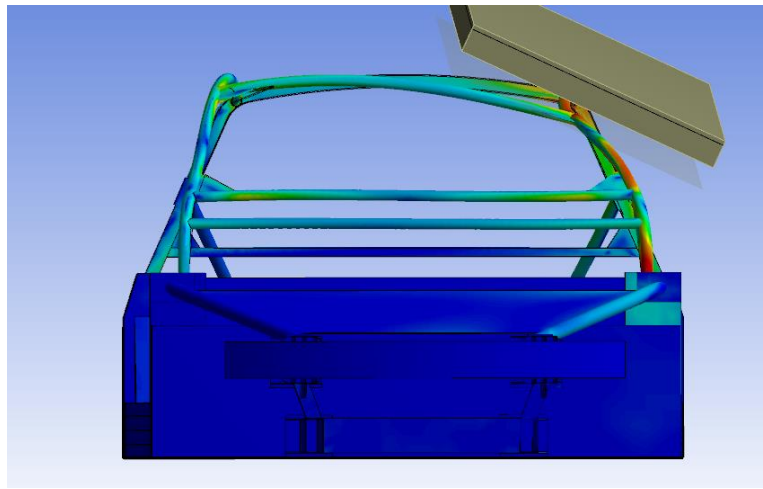
S1’in gövde panelleri olmadan yalın şasi hali ile analizlere tabi tutulduğu ve tanımlanan ağırlığın aracın final ağırlığı olduğu göz önüne alındığında elde edilen test sonuçlarının literatürdeki araçlara kıyasla iyi bir değer aralığında çıktığı görülmektedir. Analizler sonucu çıplak haldeki şasinin “Strenght to weight ratio” değeri 3.13 çıkmıştır. Başka bir deyişle S1 şasisinin tavanı kendi ağırlığının 3.13 katını güvenle taşıyabilmektedir.



Şekil 3.26 Şasinin Yükleme Koşulları



Şekil 3.27 Eşdeğer Gerilme



Şekil 3.28 Eşdeğer Gerilme (Önden ve 2 kat büyütülmüş)

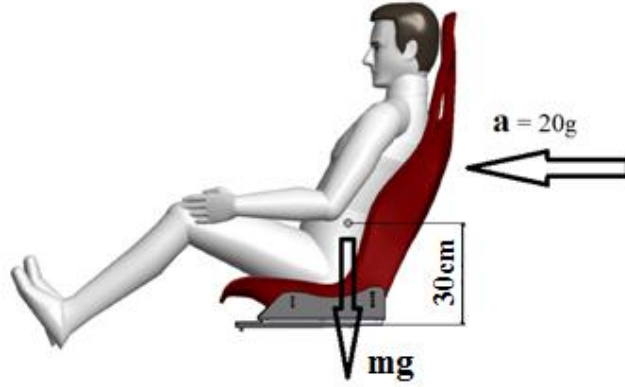
3.4 Koltuk Bağlantı Analizi

Şasi tasarım sürecinde küvet modülünün tasarımında, kullanılacak hafif ve yüksek dayanıma sahip karbonfiber koltukların konumlandırılması yapıp koltuk analizi ile bağlantı noktalarının tasarımı yapılmıştır. Kullanılması planlanan koltuklar temin edilip birebir modellenerek bağlantı geometrisi oluşturulmuştur.

Koltuk analizinde, koltuğun monte edileceği, küvet içerisindeki yatay profiller üzerine koltuğu ve sürücü-yolcu ağırlığını taşıyabilecek hafif ve mukavemetli bir bağlantı parçasının tasarımı amaçlanmıştır. Kaynakla bağlantı yapılması düşünülen parçanın optimum kalınlığı belirlenerek çizim üzerine yerleştirilmiştir. Aracın öngörülen ani pozitif ya da negatif ivmelenmelerine karşılık belirlenen sürücü ve yolcu ağırlıkları da tanımlanarak yükleme koşulları oluşturulmuş ve analiz gerçekleştirilmiştir.

S1'e arkadan çarpma senaryosu düşünülmüş ve koltuğa gelen kuvvet aşağıdaki varsayım ile hesaplanmıştır;

- Arkadan çarpma anında oluşan ivmenin 20g olduğu varsayılır (Literatürde arkadan çarpma istatistiklerine göre oluşan ivme 2.7 - 14.7g aralığındadır) [30].
- Koltukta 75Kg ağırlığında sürücü olduğu kabul edilir
- Yolcunun ağırlık merkezinin koltuk tabanından 30cm yukarda olduğu tahmin edilmektedir (Şekil 3.29).



Şekil 3.29 Analiz varsayımı

Bu varsayıma göre arkadan çarpma anında aşağıdaki hesaplamalar ile koltuğun serbest cisim diyagramı çıkarılmıştır;

- Koltuğa ağırlık merkezinden gelen kuvvet

$$F = ma$$

$$F = 75 \times 20 \times g = 14715N$$

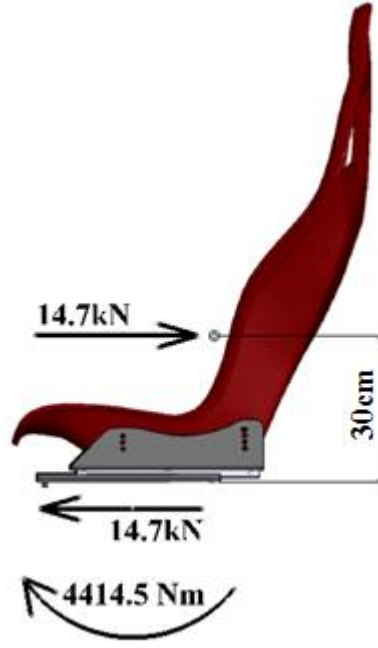
$$g : \text{yer çekim ivmesi} = 9.81\text{m/s}^2$$

- Bağlantı noktalarında oluşan moment

$$M = Fd$$

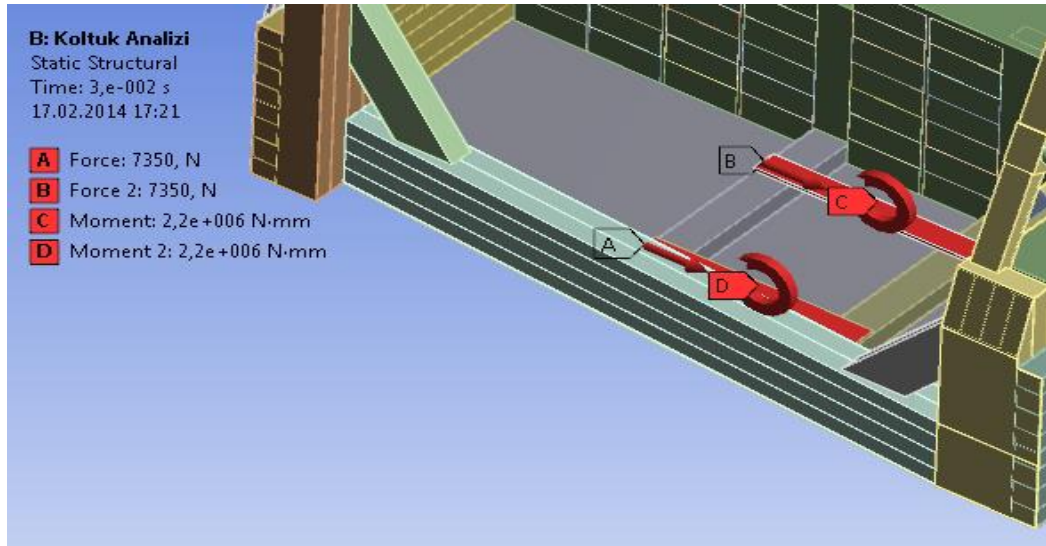
$$M = 14715 \times 0.3 = 4414.5Nm$$

d : Ağırlık merkezinin bağlantı noktasından uzaklığı (m)



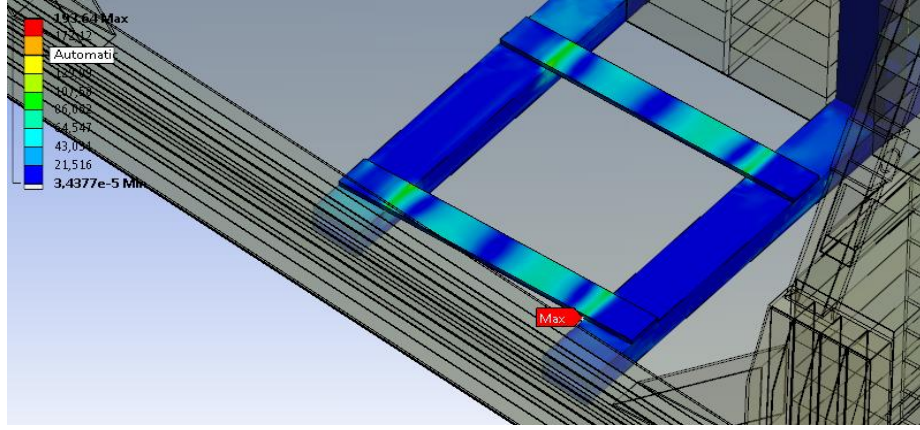
Şekil 3.30 Koltuğun serbest cisim diyagramı

Şekil 3.30'de yer alan diyagrama koltuk bağlantı analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen kuvvet ve moment değerleri ile şekil 3.31'da görülen yükleme koşulları oluşturulmuştur.



Şekil 3.31 Yükleme Koşulları

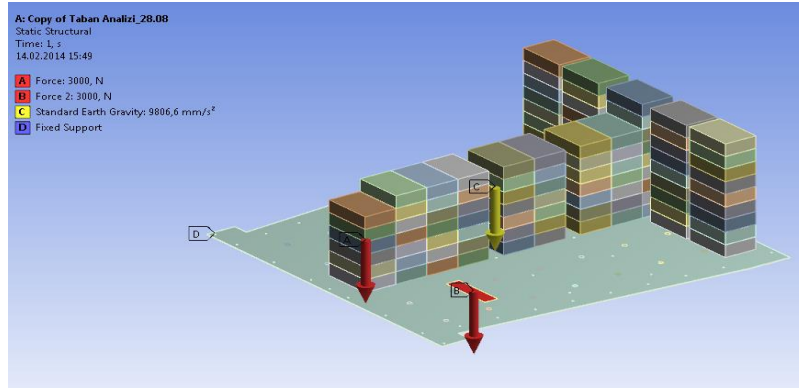
Şekil 3.32'da yer alan sonuçlara göre eş değer gerilmenin çok yüksek çıkmadığı görülerek parçanın kritik olmayan bölgelerine delik açılarak parçanın hafifletilebileceği görülmüştür.



Şekil 3.32 Oluşan Eş Değer Gerilmeler

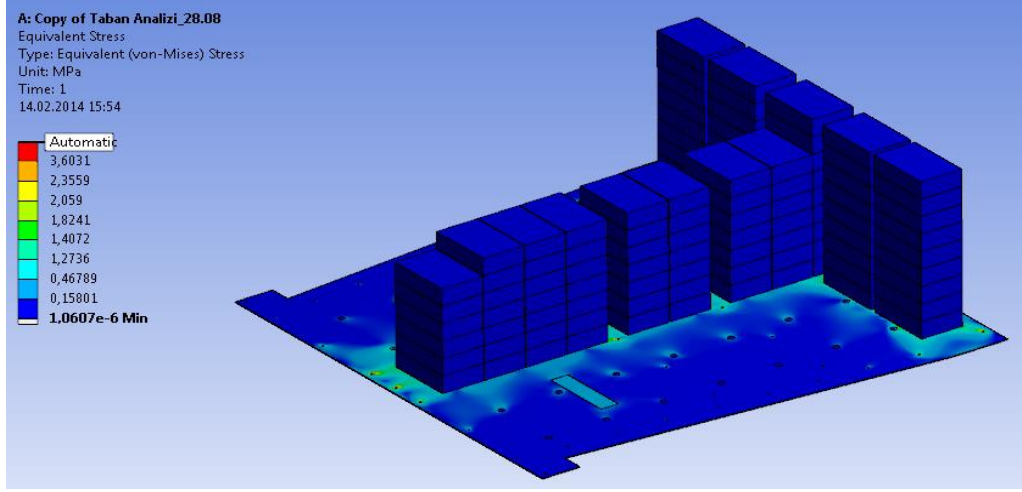
3.5 Şasi Taban Analizi

Şasinin tabanı için ilk olarak kompozit bir yapı düşünülmüştür. Farklı kalınlıklarda alüminyum plakalar arasına polipropilen levha kullanılarak kesme dayanımının artırılması ve aynı zamanda tek bir yapı ile izolasyonun bir miktar sağlanması düşünülmüştür. Bu sebep ile yapılan analizlerde alüminyum ve polipropilen plakaların özellikleri tanımlanarak gerekli analizler yapılmıştır.



Şekil 3.33 Taban Analiz Modeli

Analiz prosedüründe batarya modülünün altında direkt olarak şasiye bağlı taşıyıcı iskelet olmasına rağmen, bu yapının, aracın salınım halinde yükün bir kısmını tabana aktaracağından dolayı, bataryaların ağırlıkları optimize edilerek analiz prosesi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca sürücü ve yolcunun taban üzerine yüklenme durumları da göz önünde bulundurulmuştur. Şekil 3.33'te gösterilen yönde, çeşitli tahminler sonucu belirlenen 10g gibi bir ivmelenme değerinde yapılan analizlerde tabanın deformasyonu gözlemlenmiştir.



Şekil 3.34 Oluşan Eşdeğer Gerilmeler

Yapılan analizlerde yaklaşık 10 iterasyonda ideal kalınlık ve plakaların şasiye bağlanacağı civata sayısına karar verilmiştir. Polipropilen plakası çıkarılarak da analizler gerçekleştirilmiş ancak aracın alt kısımdan alacağı bir darbe ve izolasyon göz önüne alınarak polipropilen plakasının kullanılmasına karar verilmiştir.

Bu kompozit yapı tasarımı teoride uygun olmasına karşılık üretimde zorluk çıkaracağından tabanın kompozit yapı yerine tek bir yapıdan oluşması düşünülmüştür. Bu doğrultuda yapılan araştırmalar neticesinde şasinin tabanında aşınmaya karşı dirençli eloksallı kaplamalı 3mm kalınlığında bir alüminyum alaşım plakasının kullanılmasına karar verilmiştir. Bu plakanın, civata kullanımının montaj esnasında işçiliği artıracığı düşünüldüğünden, belirli adette perçin yardımı ile şasiye bağlantı kurması planlanmıştır.

Taban analizlerinden elde edilen veriler de kullanılarak perçin bölgelerinin dağılımı ve kullanılacak perçin sayısı belirlenmiştir. Ayrıca perçin kullanımında olası dış etkenlerin teması ile perçinde kopma ihtimaline karşılık bağlantı noktalarında perçin yuvaları oluşturulmuştur.

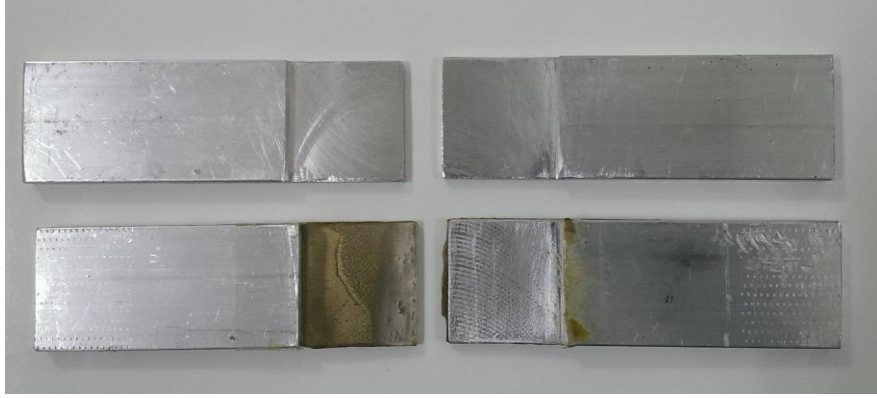
3.6 Gerçekleştirilen Fiziksel Testler

Tasarım sürecinde bilgisayar üzerinde gerçekleştirilen simülasyonlar dışında gerek duyulduğunda malzemeler üzerinde de çeşitli testler yapılmıştır. Kullanılacak yapıştırıcıyı belirlemek için standartlara uygun yapıştırıcı testleri gerçekleştirilmiş ve modüllerin bağlantısında kullanılacak olan alüminyum alaşım civatalar teste tabi tutulmuştur. Ayrıca teoride bilinen kaynak kalite ve standartlarını yakalamak adına kaynak testi de yapılmıştır.

- **Yapıştırıcı Testleri**

Gerekli literatür araştırmaları neticesinde otomotiv sektöründe kullanılan çeşitli endüstriyel yapıştırıcılar belirlenerek firmalardan numuneler temin edilmiştir. Bu numuneler üzerinde her bir markanın teknik dokümanları ve uygulama koşulları incelenerek testler yapılmıştır.

Testler için ASTM D1002 standartlarına uygun standart kalınlıkta alüminyum test numuneleri hazırlanmış ve bu numuneler, test edilecek yapıştırıcının uygulama koşullarına göre hazırlanarak yine standartlara uygun bir şekilde çekme testine tabi tutulmuştur. Her bir yapıştırıcı markası için birden fazla test yapılmış ve ortalama değerler alınmıştır.



Şekil 3.35 Yapıştırma Test Numunesi (Test Öncesi ve Sonrası)

Yaklaşık 2 ay süren testler neticesinde oda koşullarına kürlenebilen, yeterli dayanıma sahip ve yurtiçinden kolaylıkla temin edilebilecek bir yapıştırıcı üzerinde karar kılınmıştır. Bu yapıştırıcı türünün yapısı 2 farklı bileşenden oluşup ideal karışma ile uygulama kalınlığı 0.5mm olarak tespit edilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre 24 MPa civarı eşdeğer çekme gerilime ulaşılmıştır. Literatürde Lotus firmasının benzer bir şasi konseptinde, tek montaj metodu olarak kullandığı yapıştırıcı maksimum 30 MPa gerilme değerine ulaşabilmiştir. EVT bünyesinde geliştirilen şaside yapıştırma, çok kritik bölgelerde kullanılmadığından elde edilen test sonuçlarının kabul edilebilir olduğu görülmüştür.

- **Cıvata Testi**

Şasi üretiminde kullanılacak olan katalog cıvatalarının mekanik özellikleri bilinmemektedir fakat modüler bağlantıda kullanılması planlanan ve özel olarak üretilecek alüminyum alaşım cıvataların mekanik özellikleri sadece teoride bilindiğinden yapılacak basit bir çekme testi ile bu cıvatanın uygunluğu ispatlanmak istenmiştir.

Teoride boyutları ve alaşım türü belirlenen cıvata bir üretici ile anlaşarak standartlara uygun olarak üretilmiştir. Üretimin ardından hazırlanan bir düzenek ile cıvata numunelerinden birkaç adedi çekme testine tabi tutulmuştur.



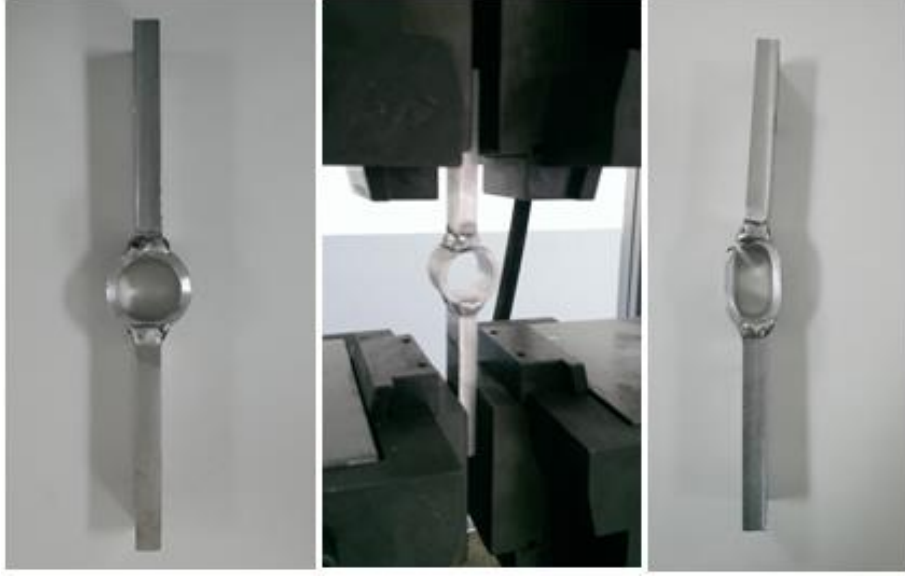
Şekil 3.36 Cıvata Test Numunesi (Test Öncesi ve Sonrası)

Testlerden elde edilen ortalama değerine göre cıvatanın çekme dayanımının 403 MPa olduğu görülmüş ve bu cıvataların modüler bağlantıda kullanımına onay verilmiştir.

- **Kaynak Testi**

Teoride kaynak, doğru yapıldığında kaynağı yapılan malzemeden daha yüksek dayanıma sahip olabilmektedir. Fakat pratikte uygulama esnasında operatörün durumu, kullanılan ekipman kalitesi gibi faktörler etkili olacağından yapılan kaynağı test etme gereği duyulabilmektedir.

EVT bünyesinde kaynak öncesi en uygun operatör ve ekipman seçimi yapılmış olmasına rağmen hazırlanan birkaç test numunesi üzerinde çekme testi uygulanmış ve sonuçlar gözlemlenmiştir.



Şekil 3.37 Kaynak Test Numunesi (Test Öncesi ve Sonrası)

Kaynak test numunesi, aracın süspansiyon sisteminin üst bağlantı noktası düşünülerek hazırlanmıştır. Bu test süspansiyon sistemi düşünülerek yapılmasına rağmen şaside yapıştırma ve cıvatalama ile beraber kullanılacak kaynağın davranışı hakkında da bilgi vermiştir. Uygun koşullarda yapılan test sonuçlarına göre numunenin kaynak bölgesinden değil malzemenin kendisinden koptuğu görülmüştür. Bu da yapılan kaynağın ideal bir kaynak olduğunun göstergesi olmuştur.

Fiziksel testler malzeme özelliğini test etmekten ziyade genellikle temin edilen numunenin, üreticiden alınan teknik değerlerle kıyaslanabilmesi için tercih edilir. Çünkü üretim süreci takip edilemeyen bir malzemenin beklenen değerleri karşılaması her durumda mümkün olmamaktadır. Bunun dışında yazılımlar aracılığıyla tanımlaması zor olan epoksi yapıştırıcılar gibi malzemelerin muhakkak fiziksel testlere tabi tutulması gerekir.

Tasarım sürecinde, kullanılması planlanan malzemeler, ekipmanlar ve bağlantı elemanları gerek bilgisayar üzerinde gerekse fiziksel testler yardımı ile gereken her türlü testten geçirilmiştir. Testler beklentileri karşılamadığı durumlarda ise gerekli değişiklikler yapılmış ya da üreticiden revizyon talep edilmiştir.

4. FİKSTÜR TASARIMI VE ÜRETİMİ

Fikstür, İngilizceden dilimize geçen ve kelime anlamı sabitleyici olan bir kavramdır. Mühendislikte de terim anlamı olarak üretilecek bir ürünün ya da yapının kalıbı, sabitleyicisi şeklinde karşılık bulur. Başka bir deyişle üretimi yapılacak olan tasarımın istenen geometride elde edilmesini sağlayan yapıdır. Tasarım aşamasından sonra oluşturulan fikstür ya da fikstürler, üretim tipine ve adedine göre değişkenlik gösterir.

4.1 Fikstür Amacı ve Şasi Üretim Hassasiyeti

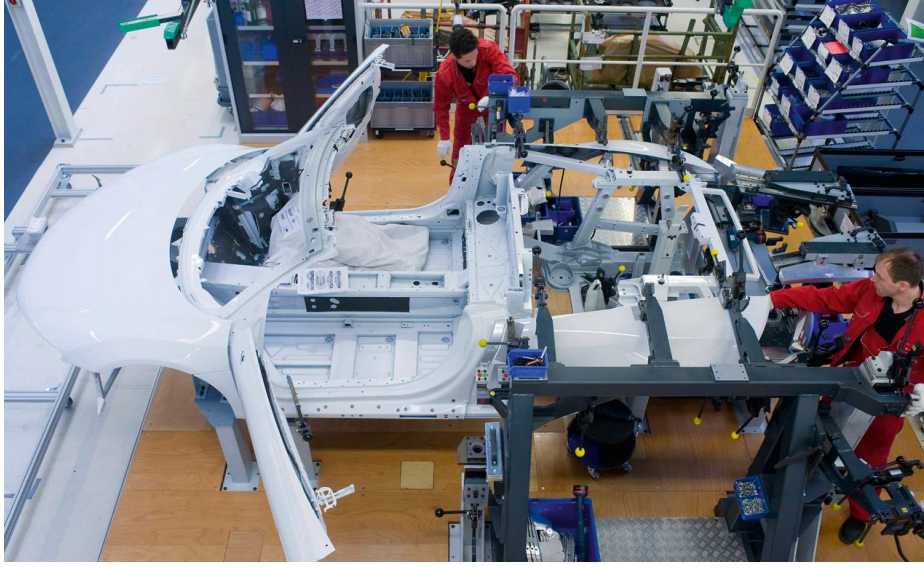
Bir otomobilin üretiminde çok çeşitli fikstür ve benzeri yapılar kullanılır. Bu fikstürler aracı meydana getiren ekipmanların montajında kullanılabileceği gibi yapıların da oluşturulmasında örneğin şasinin bölgesel kaynak işleminde de kullanılır.

Fikstürün temel amacı farklı parçalardan oluşan bir yapıyı hatasız ve hassas bir şekilde bir araya getirmektir. Fikstür üretimi, fikstürden elde edilecek ürünün üretiminden daha zor ve maliyetli olabilmektedir. Bunun sebebi karmaşık yapısından ve çok sayıda parçadan oluşan hassas geometrisinden dolayıdır. Fakat bu maliyet, o fikstürden elde edilecek ürün sayısı hesaba katıldığından ilk yatırım maliyeti gibi düşünülür ve ihmal edilebilir.



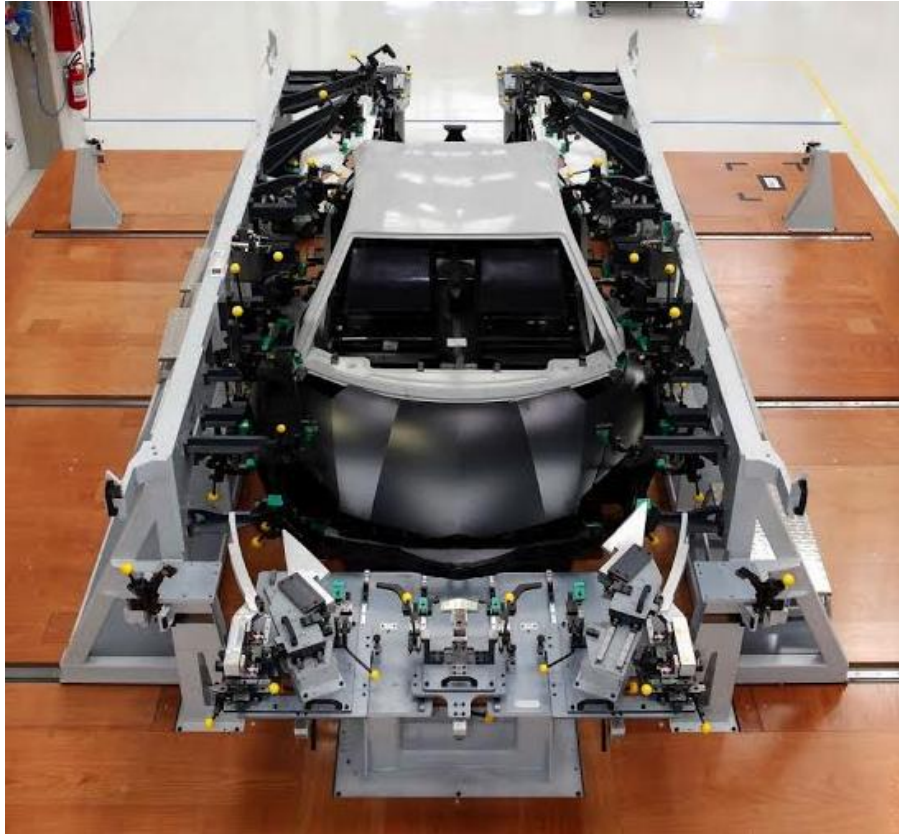
Şekil 4.1 Audi R8 Şasi Modül Fikstürleri

Şekil 4.1’de alüminyum şasiye sahip Audi R8’in farklı şasi modülleri için hazırlanan farklı fikstürler görülmektedir. Bu fikstürler, kullanılacağı modülün her bir profilinin istenen geometride çeşitli sabitleyiciler kullanılarak yerleşimi ile hatasız ve hassas bir kaynak işleminin gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Daha sonrasında farklı fikstürlerde hazırlanan her bir modül ana fikstüre yerleştirilerek aynı mantık ile hatasız bir şekilde birbirine monte edilmektedir.



Şekil 4.2 Audi R8 Şasisinin Final Montaj Fikstürü

Bir araç üretim tesisinde, kaynak gibi işlemler için hazırlanan çok sayıda fikstürün dışında bahsedildiği gibi ekipmanların ve modüllerin hassas bir şekilde montajı içinde çeşitli fikstürler kullanılır.



Şekil 4.3 Lamborghini Aventador Montaj Fikstürü

Bu gibi seri üretim araçların fikstür sistemleri çok çeşitli ve maliyetlidir. Üretim adetlerine göre bazı durumlarda aynı fikstürlerden çok sayıda olabilmektedir. Üretim adedi düşükse ya da prototip üzerinde çalışılıyorsa, daha akılcı, düşük maliyetli ve kolay elde edilebilir hassas üretim tekniklerine ihtiyaç vardır.

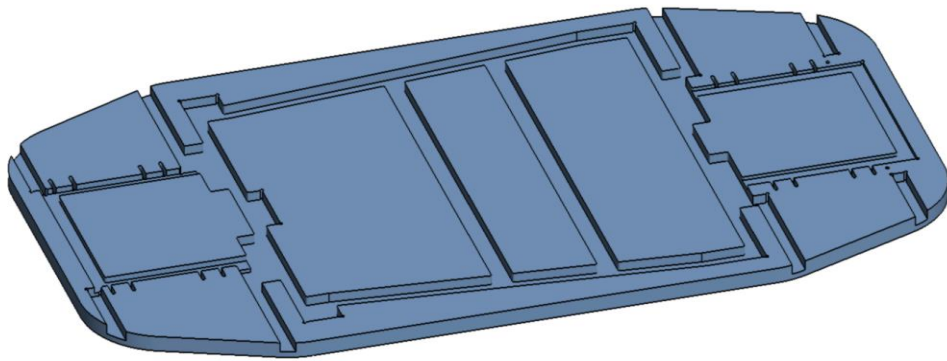
4.2 Özgün Fikstür Tasarımı

Şasinin hassas bir şekilde ve istenen geometride elde edilmesi için EVT bünyesinde özgün fikstür tasarımları yapılmıştır. Ana taşıyıcı iskelet ve kafes yapısı için 2 farklı fikstür düşünülmüştür. Bu fikstürler prototip aşamasında kullanılacak olsa da prototip aşamasının devamında çok adetli üretim de düşünülerek geliştirilebilecek şekilde tasarlanmıştır.

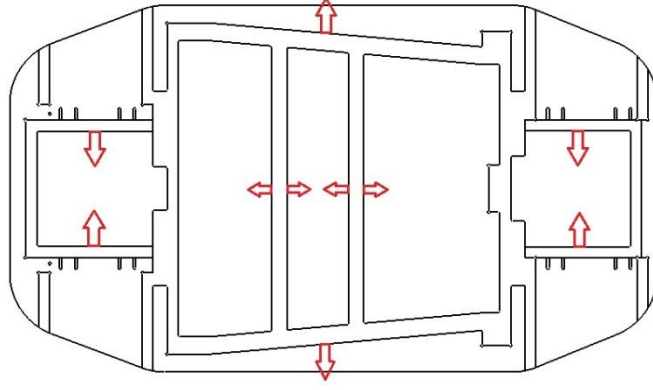
İlk etapta prototipler geliştirildiği için normal şartlarda birden fazla sayıda parçadan oluşan her bir yapı için fikstür gerekirken zorluk içermeyen bazı yapıların montajının basit şablonlar kullanılarak yapılması planlanmıştır.

4.2.1 Fikstür Platform Tasarımı ve Malzeme Seçimi

Şasinin çok sayıda profilden oluşan ana taşıyıcı yapısı temel olarak düzlemsel parçalardan oluşan bir yapıya sahip olduğundan her bir profilin kolayca yerleşebileceği bir platform düşünülmüştür. Şekil 4.4'te yer alan bu platformun, belirlenen kalınlıkta bir plakanın bir yüzeyinin işlenmesi ile elde edilmesi planlanmıştır. İşlenecek yüzey üzerine, şasinin ana taşıyıcı yapısının 3 modülü aynı seviyede olmadığından, farklı seviyelerde ve profil geometrilerine uygun kanallar oluşturulmuştur. Bu kanalların genişlikleri, her bir profilin ekstrüzyon geometrilerinin üst sınır toleransları referans alınarak belirlenmiştir.

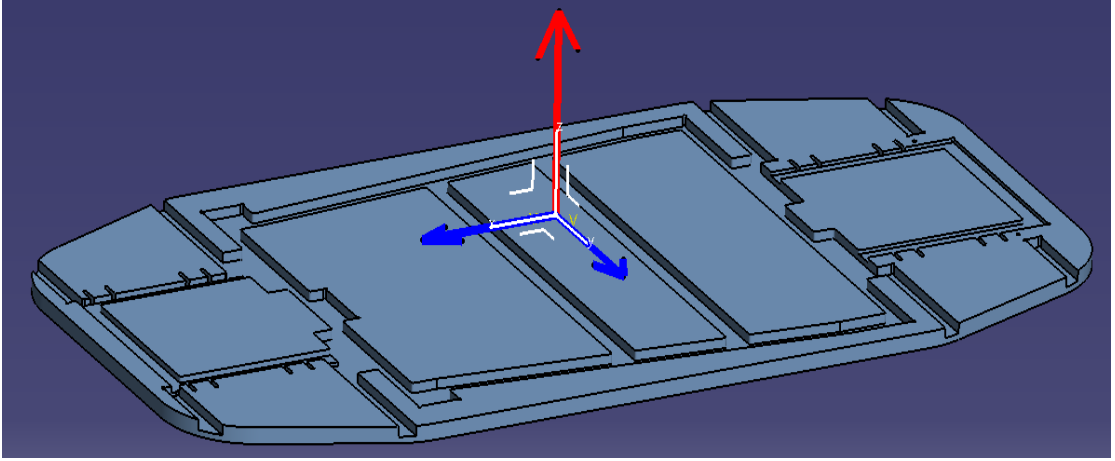


Şekil 4.4 Özgün Fikstür Platform Tasarımı



Şekil 4.5 Platformdaki Bazı Kanalların Tolerans Yönleri

Platformun rijit olmasını sağlayan kesit kalınlığı ve platformun kanalları haricinde kenar kısımlarında bırakılan mesafeler sayesinde şasi profilleri bu kanallara yerleştirildiğinde çeşitli ayarlanabilir sabitleyiciler rahatlıkla kullanılabilir. Platformun kanalları, montaj esnasında yerleştirilen profillerin Şekil 4.6'da mavi oklarla gösterilen doğrultularda hareketini kısıtlarken platforma eklenen sabitleyiciler yardımı ile kırmızı ok ile gösterilen yöndeki harekette engellenmiş olur. Böylelikle montaj, geometride herhangi bir kaçıklığa ihtimal vermeden hatasız bir şekilde yapılabilir.

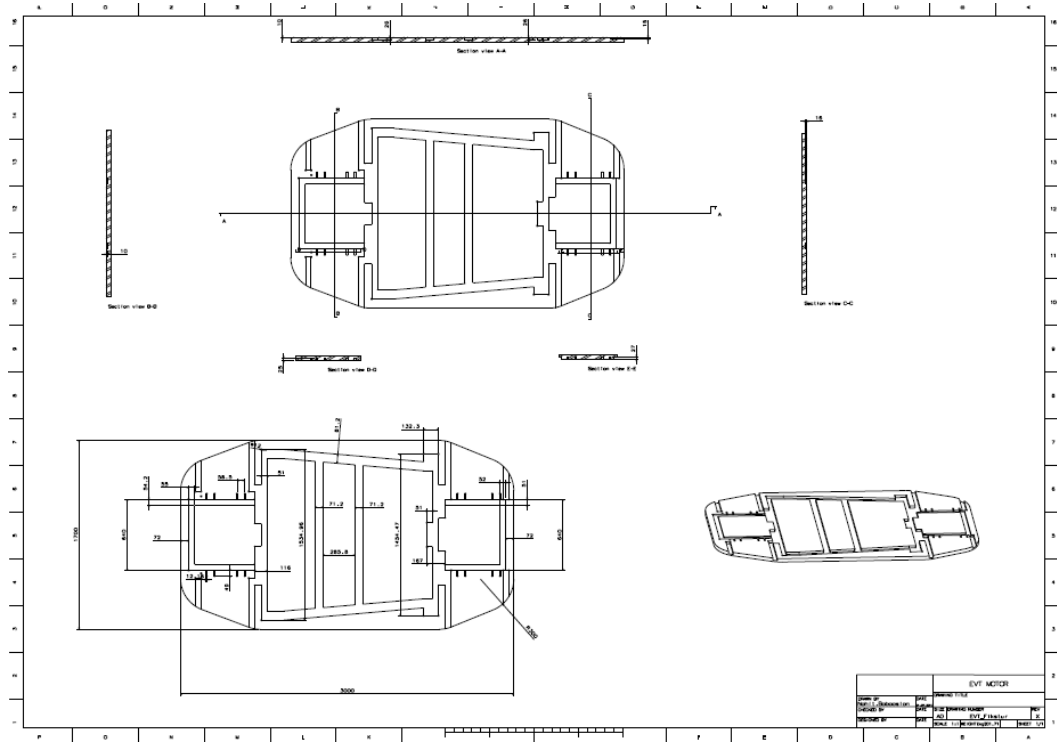


Şekil 4.6 Platformun Hareket Kısıtlamaları

Şasi modüler olduğundan ilk etapta fikstürün de modüler olması düşünülmüştür. Modüler fikstürün hareketli olması gerektiğinden ve fikstürün montaj toleranslarının şasi üretim hassasiyetini etkileyebileceğinden tek parça plakadan oluşmasına karar verilmiştir. Kanalların derinlikleri kuvvet modülünün tabanı baz alınarak belirlenmiş ve her bir modül için farklı olarak tasarlanmıştır.

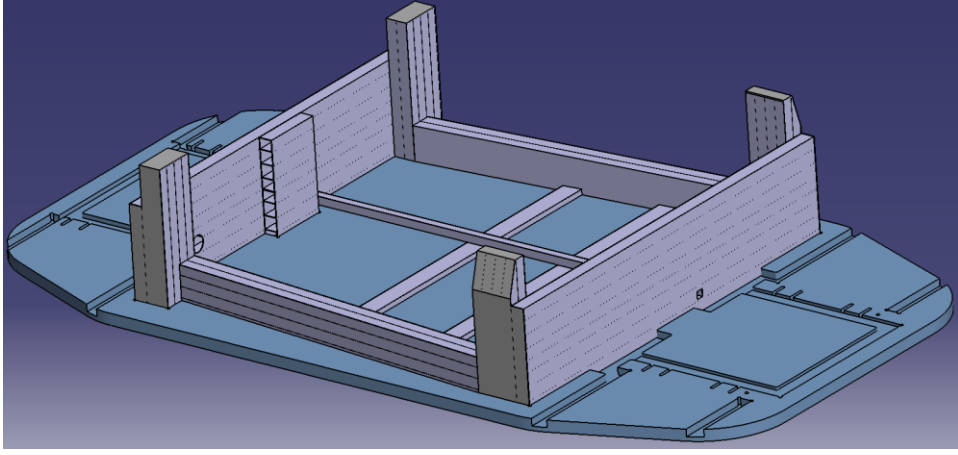
Bu platform, profillerin şasi geometrisinde yerleşimini sağlarken aynı zamanda ön ve arka traverste süspansiyon sistemlerinin alt bağlantı noktalarının da konumunu tayin etmektedir. Süspansiyon bağlantı noktaları, direkt olarak travers profillerine kaynak ile birleştirileceğinden bu bağlantı noktalarının profillerdeki konumları platform üzerine açılan küçük oyuklar ile belirlenecektir. Aynı şekilde her bir bağlantı noktasının oyuk genişliği o bağlantıların kalınlık toleranslarına göre verilmiştir. Ayrıca bu platform üzerinde ön ve arka travers bölgesine fikstür aparatları için kanallar açılmıştır.

Fikstür tasarımı tamamlandıktan sonra bu fikstürün elde edilebileceği plakanın malzemesi belirlenmiştir. Fikstür tek kullanımlık olarak düşünülmediğinden ve üretileceği plakanın işleme kolaylığı açısından malzemenin alüminyum olmasına karar verilmiştir.



Şekil 4.7 Fikstür Platform Üretim Resmi

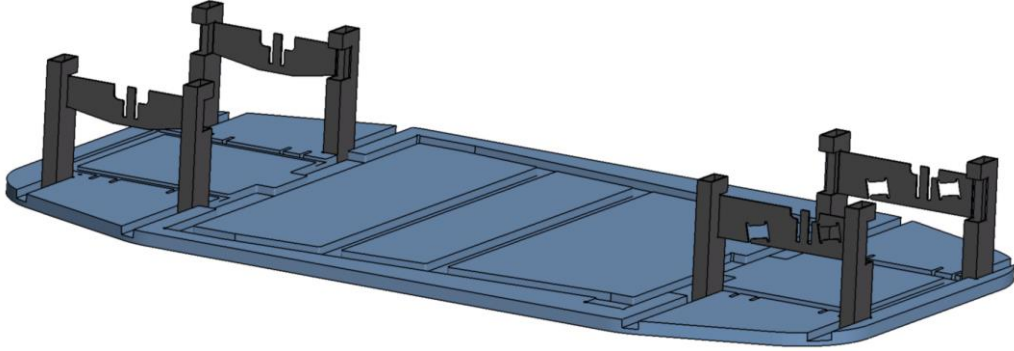
Genellikle plaka türlerinde tercih edilen 5083 serisi alüminyum alaşım seçilmiştir. Bu platformun büyük kapasiteli CNC den üretilmesi planlanmış ve anlaşma sağlanan üreticinin tezgâh boyutları ve ekipmanları hesaba katılarak boyutlandırma yapılmıştır. Ayrıca işleme esnasında sürekliliği sağlamak adına ve profillerin keskin köşeleri hesaba katılarak kanalların dik köşeleri CNC kesici ucun hareket yönüne ve çapına göre tasarlanmıştır.



Şekil 4.8 Kuvet Modülünün çizim modelinde platform içine yerleşimi

4.2.2 Travers Aparat Tasarımları

Şasinin travers modülleri kafes yapısına sahiptir yani farklı geometrideki profiller 3 boyutlu bir yapı meydana getirir. Bu yapının hassas bir şekilde oluşturulması için tasarlanan platform üzerine çeşitli aparatlar hazırlanmıştır. Traverslerin alt profilleri platform içerisine yerleşirken belirli bir mesafede duran üst profilleri bu aparatlar yardımı ile sabitlenecektir. Ayrıca süspansiyon sisteminin üst bağlantı noktaları da bu aparatlar yardımı ile belirlenecektir.

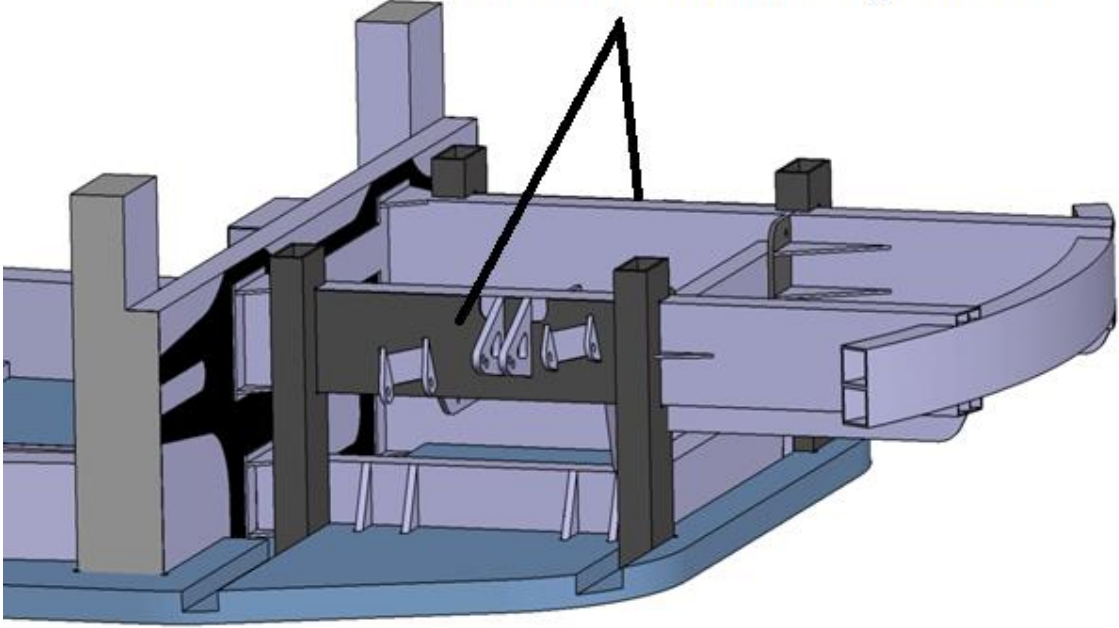


Şekil 4.9 Travers Aparatlarının Platformda Yerleşimi

Travers aparatları, lazer kesimden elde edilmiş çelik plakaların, CNC işleminden geçmiş belirli boydaki yine çelik kutu profiller ile tasarlanan geometride kaynak olması ile elde edilecektir. Bu aparatların yerleşimi için Şekil 4.9’da görüldüğü gibi platform üzerinde kanallar oluşturulmuştur. Her bir kutu profilin altına yerleştirilen somun ve platformda açılan delikler yardımı ile bu aparatların doğru konumunda, platforma cıvata ile sabitlenmesi planlanmıştır.

Kutu profiller üzerinde yer alan oyuklar traverslerin üst profillerin konumunu hassas bir şekilde belirlemektedir. Lazerden elde edilen çelik plakalar, üzerlerindeki oyuklar sayesinde ön traversde üst salıncak ve amortisör üst bağlantı noktasını belirlerken arka traversde ise sadece amortisör üst bağlantı noktasını tayin etmektedir. Bu çelik plakalar üzerinde yer alan kanalların tasarımları, süspansiyon bağlantı kulaklarının ilk sabitleme kaynağı ile konumları sabitlenecek şekilde yapılmıştır.

Ön Travers Fikstür Aparatları

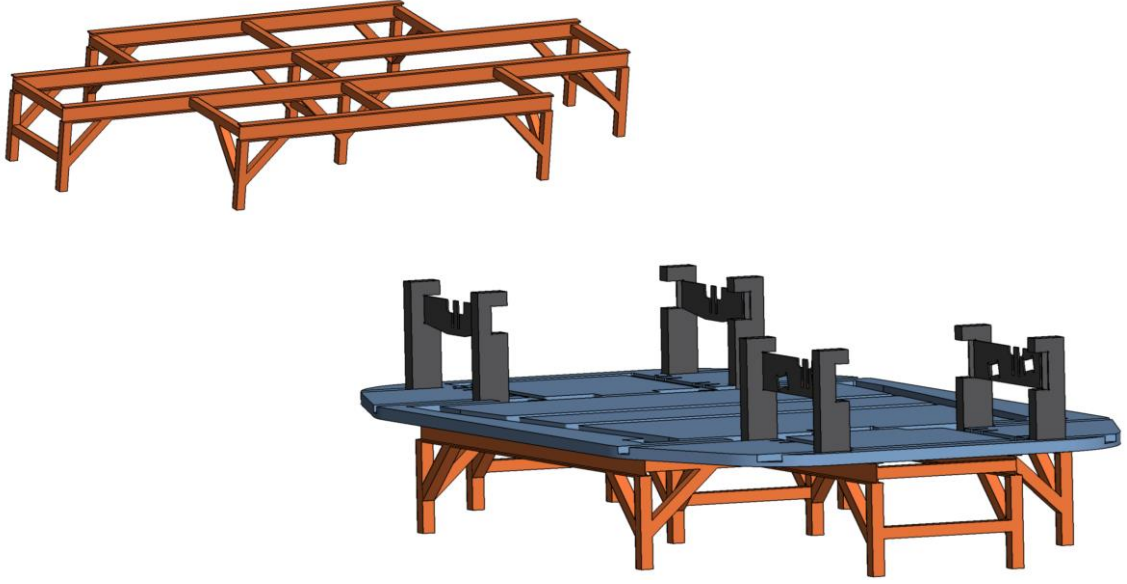


Şekil 4.10 Ön Kısımda Travers Aparatlarının Kullanımı

Şekil 4.10'da görüleceği üzere platform sayesinde ön traversin alt profilleri ve alt süspansiyon bağlantı noktaları doğru konumlarında yerleştirilirken aparatlar yardımı ile traversin üst profilleri ve süspansiyon üst bağlantı noktaları doğru konumlandırılabilir.

4.2.3 Platform Taşıyıcı İskelet Tasarımı

Platform ve üzerinde kullanılacak aparatların tasarımı bittikten sonra bu yapıyı yerden belirli bir yükseklikte güvenle taşıyacak yapının tasarımı yapılmıştır. Yaklaşık 480kg olan platform altına, kenar kısımlarda kullanılacak sabitleyicilerin çalışma alanları da düşünülerek kutu ve I profillerden oluşan çelik bir yapı oluşturulmuştur.

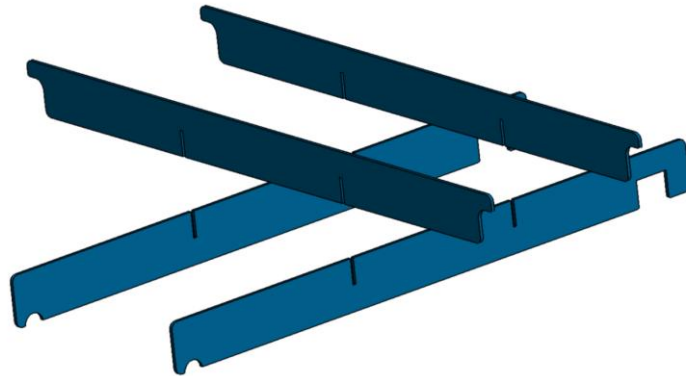


Şekil 4.11 Platform Taşıyıcı İskelet ve Fikstür Final Tasarımı

Tasarımı yapılan taşıyıcı, iskelet üzerinde taşıyacağı ağırlık öngörülenden fazla tanımlanarak gerekli statik analize tabi tutulmuş ve tasarımın uygun olduğuna karar verilip üretimine geçilmiştir.

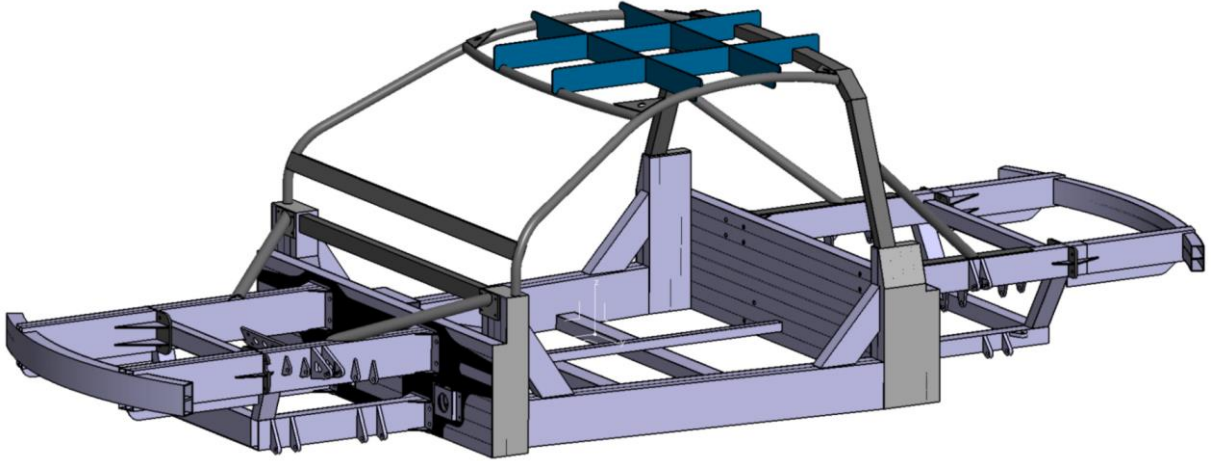
4.2.4 Şasi Kafes Fikstür Tasarımı

Ana taşıyıcı yapının fikstürleri hazırlandıktan sonra kafesin uzaysal ve üç boyutlu yapısı için de bir fikstür tasarımı yapılmıştır. Yine düşük maliyetli ve kolay uygulanabilir çözümler hedeflenerek bu tasarımda, şekil 4.12’de görüleceği üzere lazerden elde edilebilecek dört adet üç farklı geometriye sahip çelik plaka kullanılması düşünülmüştür.



Şekil 4.12 Kafes Fikstürünü Oluşturan Plakalar

Bu plakaların birbirine üzerlerinde açılan kanallar yardımı ile monte edilmesi ve kaynaklanması düşünülmüştür. Yatayda ve dikeyde olmak üzere artı şeklinde bir yapı oluşturması düşünülen bu fikstür uç kısımlarında yer alan oyuklar yardımı ile kafes yapısındaki her bir boru profilin yerini doğru tayin edecektir.



Şekil 4.13 Kafes Fikstürünün Amaçlanan Kullanımı

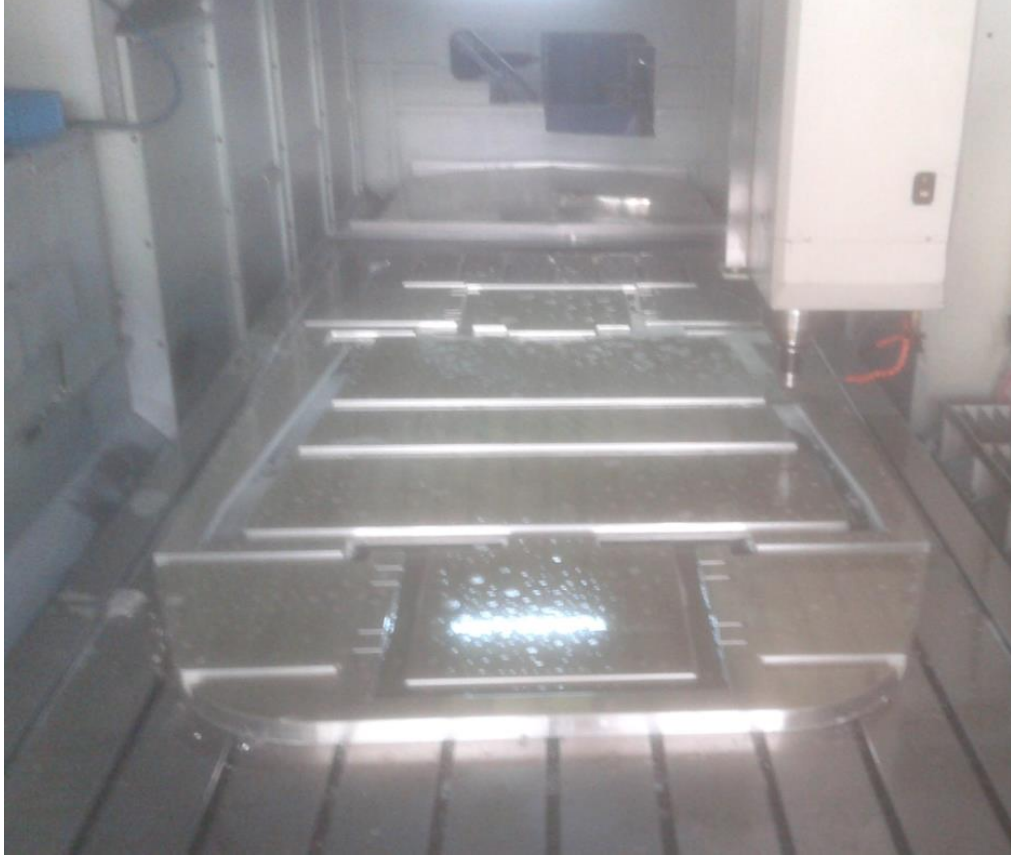
Bu fikstürün, şasinin B sütunu diye tabir edilen kutu profil yapısı şablon üzerinde hatasız elde edilip şasi ana yapısı üzerinde inşa edildikten sonra kullanılması düşünülmüştür. Platform ve aparatların tasarımlarında olduğu gibi bu fikstürde de oyuk ve kanalların geometrileri üretim toleransları göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Şekil 4.13'te kafes fikstürünün yerleşimi gösterilmiştir.

4.3 Fikstür Üretimi

Fikstür ve aparatlarının tasarımı tamamlandıktan sonra şasi üretiminin öncesinde fikstür üretimine geçilmiştir. Gerekli hammadde temini yapıp çeşitli üreticiler ile anlaşılıp süreç başlatılmıştır.

4.3.1 Platform Üretimi ve Kontrolü

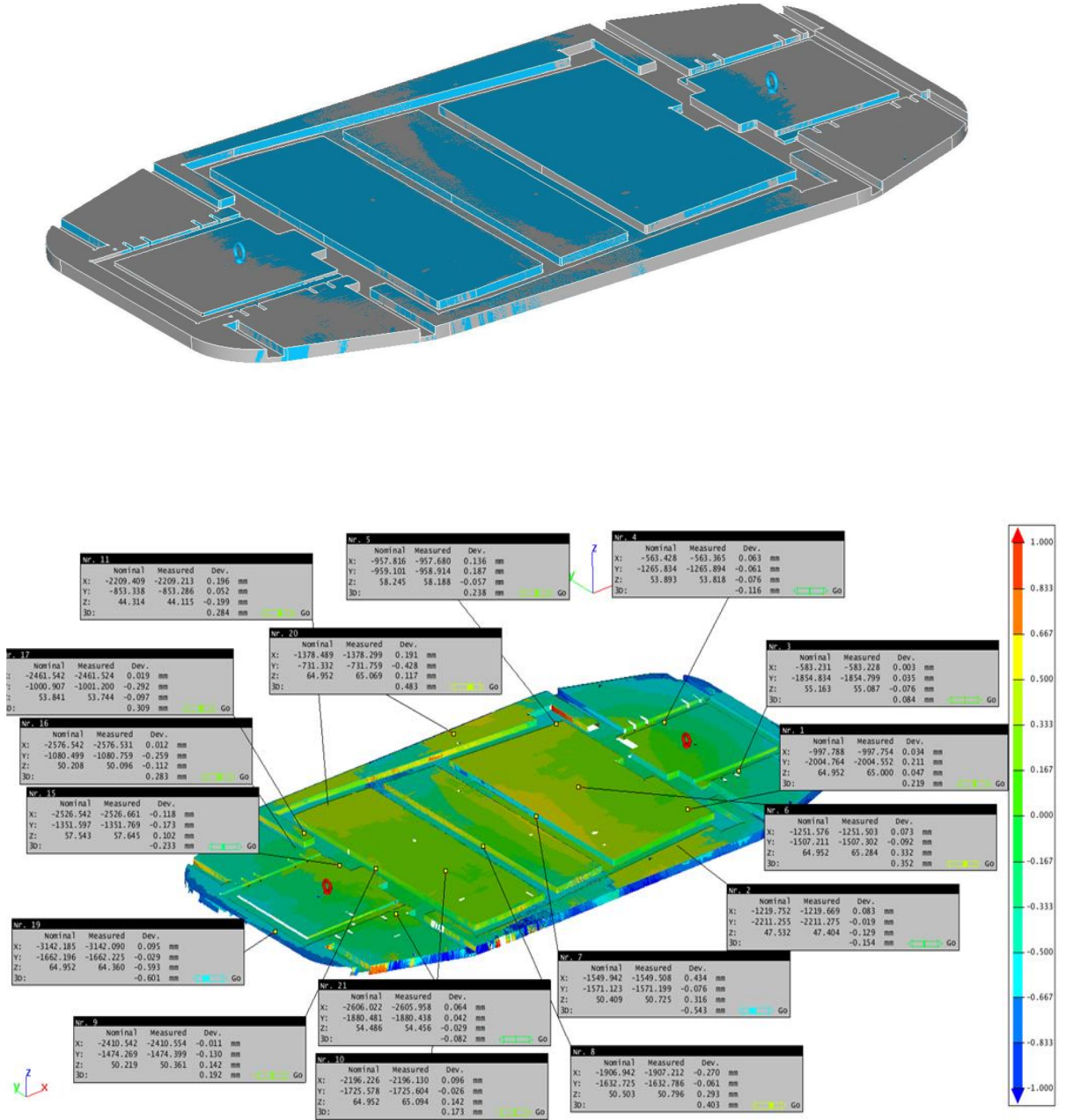
Tasarımı yapılan platformun hammaddesi işleminin yapılacağı CNC tezgah boyutları da düşünülerek üreticiden sipariş edilmiştir. Hammadde olarak 1700x3000mm boyutlarında ve 42 mm kalınlığında sipariş edilen 5083 alaşım plaka işleme yapılacak firmaya katı model ve teknik resimleri ile beraber teslim edilmiş ve üretim başlatılmıştır.



Şekil 4.14 Platformun CNC Operasyonu

Platform, uygun boyutlardaki CNC ile hassas bir şekilde elde edilmiştir. Plaka gerekli yerlerinden tezgâha sabitlenmiş ve değişen boyutlarda kesme kalemli kullanarak toleranslara uygun bir şekilde yaklaşık 3 günde işlenmiştir

Platform temin edildikten sonra detaylı kontrolleri yapılmak üzere işlenmiş yüzeyi şekil 4.15'te görüleceği üzere CMM ile taranmıştır. Bu tarama ile elde edilen veri bilgisayar modeli ile karşılaştırılmış ve hatalar gözlemlenmiştir.

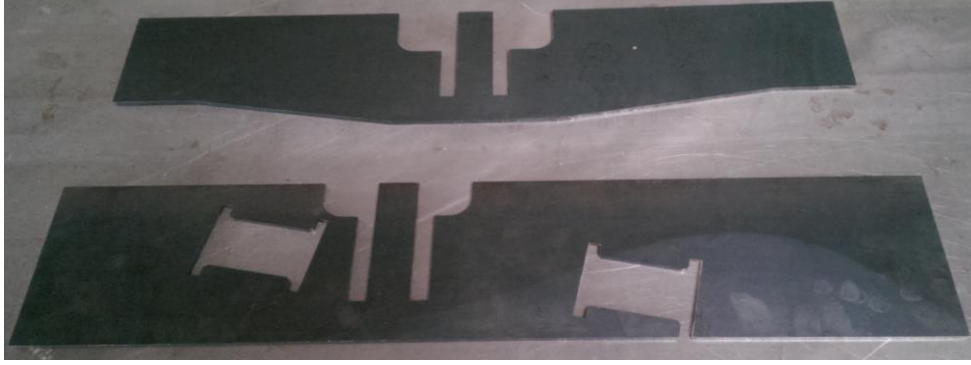


Şekil 4.15 Platformun Tarama Modeli ve Sonuçları

Tarama verisi ile CAD model karşılaştırılmış, bütün kritik bölgeler, kanallar ve süspansiyon bağlantı oyukları sırasıyla kontrol edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre bütün sapmaların tolerans değerlerinin çok altında ve ihmal edilebilir düzeyde olduğu görülmüştür.

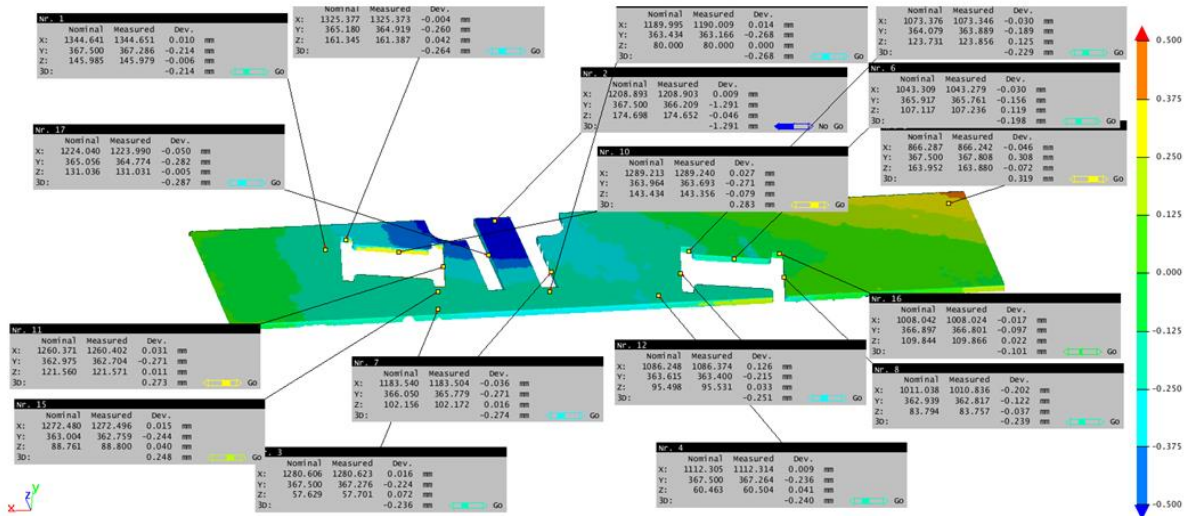
4.3.2 Travers Aparatlarının Üretimi ve Kontrolü

Platform üretildikten sonra aparatların yerleşeceği kanal boyutları da kontrol edilerek aparatların üretileceği malzemeler temin edilmiştir. İlk etapta süspansiyon bağlantı noktaları için şablon görevi görecek 5mm kalınlığında çelik plakalar temin edilmiş ve lazerden üretilmiştir.

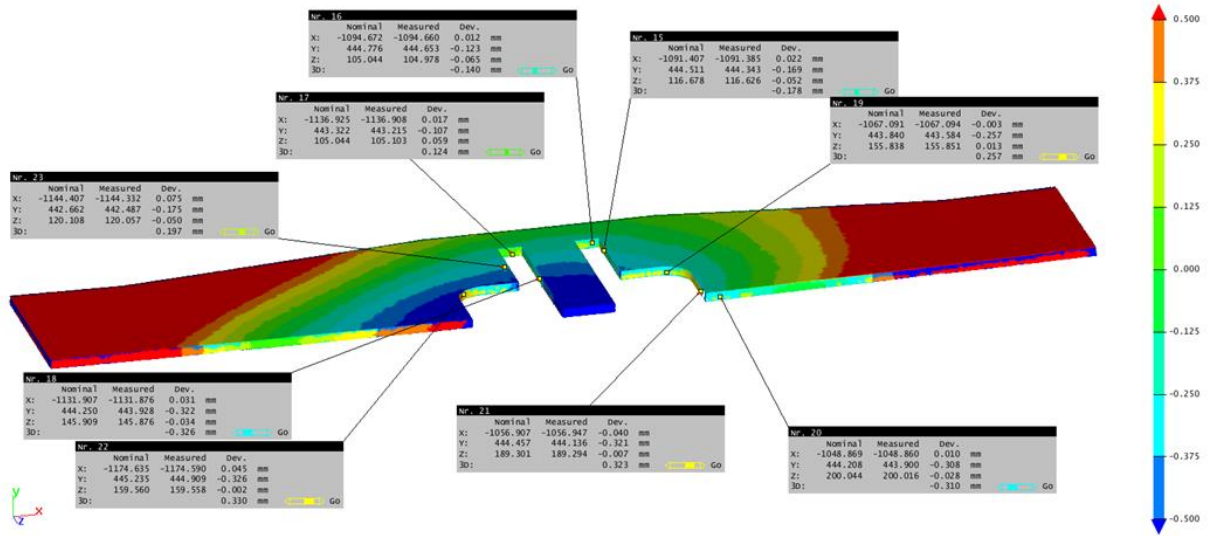


Şekil 4.16 Lazerden Üretilen Plaka Numuneleri

Plakaların üretim hassasiyeti çok önemli olduğundan elde edilen birer adet ön ve arka aparat numunesinin kanal boyutları kontrol edilerek üretim onaylanmıştır. Bu kontrol işlemi yine CMM ile plakalar taranarak yapılmış ardından elde edilen veri CAD model ile karşılaştırılmıştır. Kritik bütün noktalardan veriler alınmış ve elde edilen sonuçlara göre gerekli minör değişiklikler yapılarak ihtiyaç duyulan ön ve arka aparatlar için ikişer adet olmak üzere toplam dört adet plaka üretilmiştir.



Şekil 4.17 Ön Aparat Plaka Kontrolü



Şekil 4.18 Arka Aparat Plaka Kontrolü

Plakaların üretiminden sonra 50x100mm, 4mm kalınlığında ve 500 mm boyda 4 adet çelik kutu profil temin edilmiş ve elde edilen plaka geometrisinin de uygunluğu kontrol edilerek CNC işlem görmek üzere bir firmaya teslim edilmiştir. Bu profiller de temin edildikten sonra üretilmiş plakaların kutu profillere montajı için her bir kutu profil platformda yerlerine sabitlenmiş, aralarına yerleşecek plakalar CMM'in koordinat belirleme ucu yardımıyla konumlandırılmış ve sabitlenmiştir. Bu esnada CAD model ile sürekli veri transferi yapılmıştır. İlk olarak elle konumlandırılan plakalar milimetrenin yüzde hassasiyetinde alınan veriler ile her bir plaka için yaklaşık 10 iterasyonda doğru konumuna ayarlanmıştır. Bu işlem üzerinde önemle durulmuş ve bütün kontrol yaklaşık bir gün sürmüştür.

Travers aparatlarının ön ve arka kutu profillerinin plakaları, kanalları içerisine doğru konumlandırıldıktan sonra kaynakları yapılmıştır. Ardından platform üzerinde yer alan aparat kanallarına civata yardımı ile monte edilebilmesi için profillerin her birinin alt kısımlarına belirli bir mesafede sabitleme somunu kaynatılmıştır. Somunların konumuna göre platformun aparat kanallarında bu somunlara karşılık gelecek ve platformun altından gönderilecek civata için delikler açılmıştır (Şekil 4.19). Tüm bu işlemlerin ardından aparatların hassas kısımları dışındaki bölgeleri korozyona karşı boyanmış ve hazır hale getirilmiştir.



Şekil 4.19 Fikstür Aparatları Üretim Resimleri

4.3.3 Taşıyıcı İskelet Üretimi

Temel olarak yapılan statik analizler neticesinde platform ve şasi ağırlığını üzerinde güvenle taşıyacak yapının üretimine geçilmiştir. İhtiyaç duyulan I ve kutu profiller temin edilmiş, istenen boy ve adetlerde kesimi yapılarak kaynak firmasına teknik çizimler ile teslim edilmiştir. Yaklaşık bir günde üretilen yapının düzlük ve boyut kontrolleri yapılmıştır.

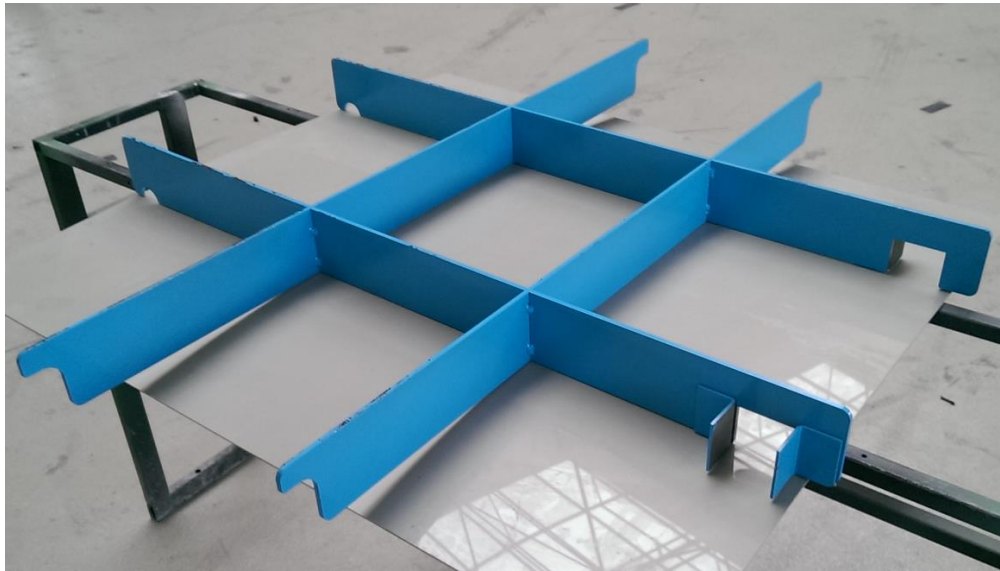
Aparatlarda olduğu gibi yapının her bir bacağına somunlar kaynatılmış ve bu bacakların altına ayarlanabilir ayaklar monte edilmiştir. Bunun sayesinde olası karşılaşılabilecek zemine temas etmeme durumları tolere edilmiştir. Tüm bu işlemler bitince bu yapı yine korozyona karşı boyanarak kullanıma hazır hale getirilmiştir.



Şekil 4.20 Fikstür Taşıyıcı İskeleti

4.3.4 Kafes Fikstür Üretimi

Şasi çizimleri üzerinde oluşturulan ve modüler olarak tasarlanan bu fikstür istenen boyut ve toleranslarda üreticiden temin edilmiştir. Gerekli kontrolleri yapılmış ve montajı esnasında açısal sapmaların önüne geçebilmek için çeşitli aparatlar hazırlanmıştır. 4 adet plaka tasarımda belirlenen kanallar yardımıyla birbirine monte edilmiştir. Ayarlı sabitleyiciler ve düzlüğünden emin olunan hurda profiller yardımı ile bir masa üzerinde sabitlenmiş, diklikleri kontrol edilerek birleşme noktalarından kaynatılmıştır. Kaynak işleminden sonra da fikstürün gerekli kontrolleri yapılarak boyama işlemi de yapılmıştır.



Şekil 4.21 Kafes Fikstür Üretimi ve Final Ürün

4.4 Fikstür Montajı ve Üretime Hazırlık

Fikstürleri oluşturan bütün ekipman ve aparatlar elde edildikten sonra bu fikstürlerin kullanımına yönelik hazırlıklar yapılmıştır. Platform taşıyıcı iskelet üzerine vinç yardımı ile indirilmiş doğru konumuna yerleştirildikten sonra travers aparatları yerlerine monte edilmiştir. Platformun kanal hassasiyetleri önemli olduğundan, kanal içerisinde herhangi bir yabancı madde, toz ve kir olmamasına özen gösterilmiştir.



Şekil 4.22 Fikstür Final Montaj

Hatasız bir üretim için çeşitli fikstürler tasarlanmış, bu fikstürler uygun üretim metotlarına göre üretilmiş ve akabinde detaylı kontrollerden geçip şasi üretimi için hazır hale getirilmiştir. Hassasiyet çok önemli olduğu için fikstür ve aparatlarının montajında titizlikle çalışılmıştır. Montaj sonrasında da fikstürlerin gerekli kontrolleri ve demo çalışmaları yapılmıştır.

Maliyet düşünüldüğünde bu fikstürler, prototip üretimine göre kabul edilebilir düzeyde düşük maliyet ile elde edilmiştir. Konsept olarak bakıldığında ise, özgün ve pratik bir çözüm olması sebebiyle literatürde benzeri bulunmamaktadır. Benzer yapıya sahip şasi tipleri için gerektiğinde çeşitli değişiklikler yapıp rahatlıkla kullanılabilir. Sonuç olarak, duyulan ihtiyaca göre yenilikçi ve düşük maliyetli bir çözüm geliştirilmiş ve bu çözümün bir sonraki bölümde yer alacak şasi üretimleri ile uygulanabilirliği ispat edilmiştir.

5. EVT S1 ŞASI ÜRETİMİ

Üretim, en temel anlatımla tasarımı ve analizi yapılan bir malzemenin somut olarak elde edilmesidir. Üretilecek nihai parça ya da yapının kalitesi, tasarım ve analizlerin kusursuzluğuna bağlı olmakla birlikte yapılan üretim planlamasına da bağlıdır. Üretim sürecinde altyapıyı doğru oluşturmak, kullanılacak ekipman seçimini doğru yapmak ve sistematik üretim planlaması hazırlamak çok önemlidir. Üretimde maliyet ve zaman parametreleri de çok etkilidir çünkü olası her bir hata ek maliyet ve zaman israfına sebep olabileceği gibi hataları önceden öngörüp gerekli tedbirleri almak ve planlamaları yapmakta istenen ürünün istenen süre ve maliyet ile elde edilmesine olanak sağlayacaktır.

Bir yıldan fazla süren yoğun bir tasarım sürecinin ve detaylı analizlerin ardından şasinin üretim aşamasına geçilmiştir. Üretilmesi düşünülen her bir tasarım standartlara uygun bir şekilde çeşitli testlere tabi tutulmuş ve gerektiğinde farklı şekillerde değişikliğe uğramıştır. Üretim aşamasına geçildiğinde ise planlama yapabilmek adına ilk etapta bir hazırlık sürecine girilmiştir.

5.1 Üretim Hazırlık Süreci

Hazırlık sürecinin en önemli adımı kullanılacak ekipman ve malzemelerin eksiksiz temin edilmesidir. Bu doğrultuda kullanılacak yapıştırıcı ve uygulama ekipmanları, çeşitli kimyasallar, kaynak makinesi ve ekipmanları, alet takımları, üretim kontrol bilgisayarı gibi sıralanabilecek birçok ekipman eksiksiz bir üretim için kullanılmaya hazır hale getirilmiştir.

Şaside kullanılacak malzemeler farklı üreticilerden temin edilmiştir. En temel şasi iskeletini oluşturan alüminyum profiller de temin edilerek geometri kontrolleri yapıp stoklanmıştır. Şaside kullanılacak her bir cıvataya kadar bütün parçalar üretim sahasında belirli konumlara stoklanmış bu sayede üretim esnasında meydana gelebilecek karışıklıkların önüne geçilerek aynı zamanda oluşabilecek eksikliklerin tespit edilebilmesi kolay hale getirilmiştir. Üretim sürecinde düzenli çalışma prensip edinilmiştir.

5.1.1 Şasi Parça Listesi ve Kodlama

Şasinin temel iskeletini oluşturan bütün parçalar kontrol edilip stoklandıktan sonra geliştirilen bir kodlama yöntemi ile her bir parça kodlanmıştır. S1 şasisinde değişen boy ve adetlerde 32 farklı profil ve yine değişen boy ve adetlerde 37 farklı düzlemsel parça kullanılacağı için her bir parçanın şasideki konumuna göre kodlanması bir ihtiyaç haline gelmiştir.

Kodlama yapılırken ilk etapta parçaların geometrisini, boy ve adedini içeren bir liste hazırlanmış ve bu listede yer alan her bir parça şasideki konumuna göre anlaşılabilir şekilde kodlanmıştır. Parçalar, bu listedeki sıralarına göre de şasinin modüler resimleri üzerinde numaralandırılmıştır.

| ŞASI NO | EVT KODU | GEOMETRİ (mm) | ADET / UZUNLUK (1Şasi) | ŞASI NO | KALINLIK (mm) | ADET (1Şasi) |
|---------|----------|-----------------|------------------------|-----------|---------------|--------------|
| 1 | CFB001 | 50 x 50 x 3 | 2 / 1200mm | L1 | 10 | 1 |
| 2 | EXF001 | 40 x 50 x 2 | 2 / 1200mm | L2 | 8 | 4 |
| 3 | EXF002 | 50 x 100 x 2 | 2 / 500mm | L3 | 12 | 4 |
| 4 | CFB005 | 50 x 95 x 2 | 2 / 500mm | L4 | 8 | 4 |
| 5 | CFB002 | 40 x 50 x (3,2) | 1 / 1200mm | L5 | 4 | 2 |
| 6 | CFB004 | 50 x 50 x (3,2) | 1 / 1200mm | L6 | 4 | 2 |
| 7 | CFB003 | 50 x 50 x 1,5 | 1 / 500mm | L7 | 4 | 2 |
| 8 | EXM001 | 50 x 100 x 2 | 2 / 1452mm | L8 | 4 | 2 |
| 9 | EXM003 | 50 x 150 x 2 | 2 / 500mm | L9 | 4 | 20 |
| 10 | CMB001 | 50 x 95 x 2 | 2 / 380mm | L10 | 4 | 2 |
| 11 | EXM004 | 50 x 150 x 2 | 2 / 1300mm | L11 | 4 | 15 |
| 12 | CMB006 | 50 x 95 x 1 | 2 / 340mm | L12 | 4 | 2 |
| 13 | EXM005 | 50 x 150 x 2 | 2 / 500mm | L13 | 4 | 2 |
| 14 | EXM006 | 50 x 100 x 2 | 2 / 1532mm | L14 | 4 | 2 |
| 15 | EXM002 | 50 x 100 x 2 | 2 / 110mm | L15 | 4 | 2 |
| 16 | CMB003 | 45 x 70 x 2 | 1 / 1200mm | L16 | 4 | 2 |
| 17 | CMB004 | 45 x 70 x 1 | 1 / 1140mm | L17 | 2,5 | 2 |
| 18 | CMB005 | 40 x 50 x 1,5 | 15 / 70mm | L18 | 10 | 2 |
| 19 | CRB007 | 50 x 40 x 2 | 2 / 1300mm | L19 | 10 | 2 |
| 20 | CRB006 | 50 x 95 x 2 | 2 / 480mm | L20(Grup) | 6 | 2 |
| 21 | CRB001 | 50 x 95 x 2 | 2 / 500mm | L21(Grup) | 2 | 2 |
| 22 | CRB003 | 50 x 50 x 3,5 | 2 / 500mm | L22 | 10 | 2 |
| 23 | CRB002 | 40 x 50 x 1,5 | 1 / 780mm | L23 | 10 | 2 |
| 24 | CRB004 | 40 x 40 x (3,2) | 2 / 380mm | L24 | 2 | 2 |
| 25 | CRB005 | 50 x 50 x 2,5 | 1 / 380mm | L25 | 4 | 4 |
| 26 | RLT002 | 50 x 2 | 2 / 1300mm | L26 | 4 | 4 |
| 27 | RLB001 | 50 x 25 | 1 / 1300mm | L27 | 2 | 2 |
| 28 | RLT001 | 50 x 2 | 2 / 560mm | L28 | 2 | 2 |
| 29 | RLB002 | 35 x 55 x 3 | 1 / 1500mm | L30 | 2 | 2 |
| 30 | RLB003 | 50 x 50 x 3 | 1 / 1200mm | L31 | 8 | 2 |
| 31 | RLT003 | 50 x 2 | 1 / 1100mm | L32 | 4 | 2 |
| 32 | RLT004 | 50 x 2 | 2 / 750mm | L33 | 1 | 2 |
| | | | | L34 | 4 | 2 |
| | | | | L35 | 4 | 2 |
| | | | | L36 | 4 | 2 |
| | | | | L37 | 11 | 20 |

C : Chassis RL : Rollcage F : Front R : Rear M : Middle
B : Box T : Tubular EX : Extrusion

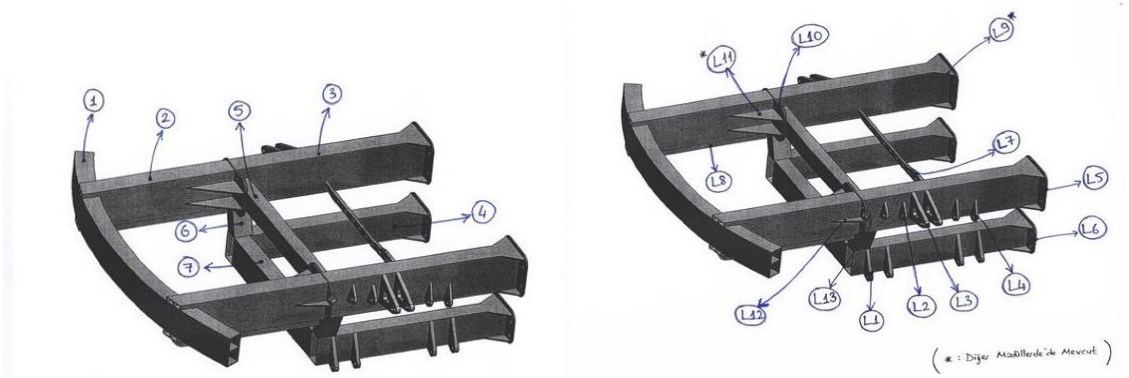
Şekil 5.1 Hazırlanan Profil ve Düzlemsel Parça Listeleri

Profil listesinde kodlama yapılırken, 3 haneli harf bölümündeki ilk harf o profilin ilk bakışta ekstrüzyon olup olmadığını belirlerken daha sonrasında ana taşıyıcı yapıda mı

yoksa kafes yapısında mı olduğunu belirler. O profil kafes yapısında değil ise 2. Harf profilin ana taşıyıcı yapıda, hangi modülde olduğunu belirler. Harf hanesindeki son harf ise profilin daire kesit mi yoksa dörtgen kesit mi olduğunu tayin eder. Sayı hanesi ise aynı kategoride yer alacak profillerin birbirinden ayrılması için kullanılır. Örneğin EXM001 şasinin kuvvet modülünde kullanılacak 1 numaralı özel üretim ekstrüzyon profil olarak kodlanırken, CRB001 şasinin ana taşıyıcı yapısının arka travers modülünde kullanılan 1 numaralı kutu profil olarak kodlanmıştır.

Düzlemsel parçalarda kodlama yapılırken daha sade bir şekilde L harfi ve sayı kullanılmıştır. Düzlemsel parçalar birbirinden temel olarak kalınlıkları ve şasideki konumlarıyla değişkenlik göstereceğinden bu kodlama yeterli görülmüştür. Listedeki sıralama ön travers modülü, kuvvet modülü, arka travers modülü ve kabin kafesi olarak 1'den 37'ye kadar yapılmıştır.

Kodlanan her bir profil ve parça resimler üzerinde listedeki sıralarına göre numaralandırılmıştır. Bu sayede hangi parçanın şasinin hangi bölgesinde kullanılacağı kolaylıkla tespit edilmiştir. Şekil 5.2'de ön travers için resimli anlatım örneği verilmiştir.



Şekil 5.2 Ön Traversin Profil ve Düzlemsel Parça Konumlandırılmaları



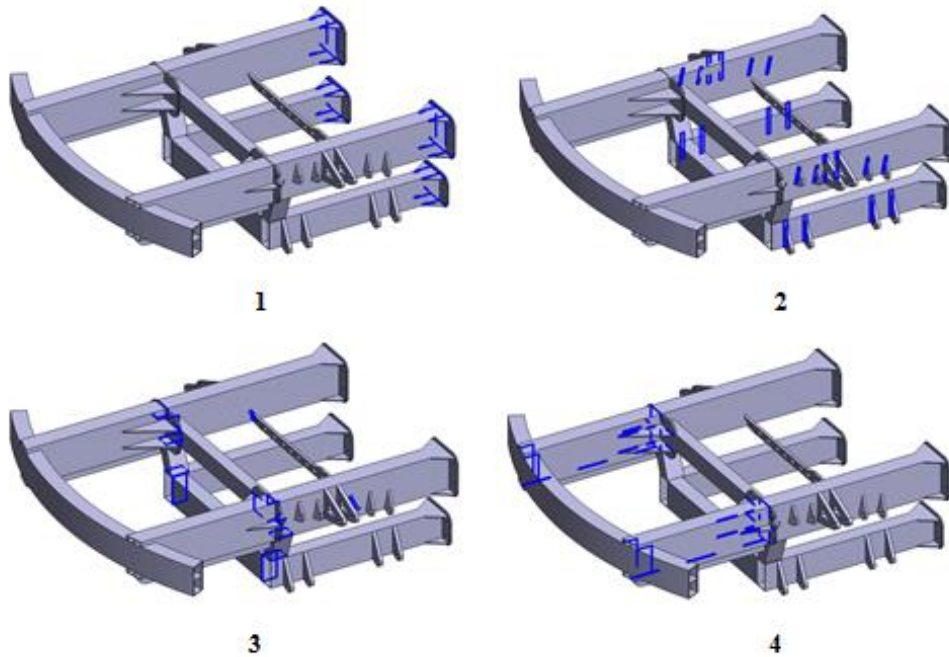
Şekil 5.3 Şasi Profil, Parça ve Ekipman Stokları

Stoklar hazırlanırken küçük çaplı parçalar paketlenmiş ya da raf sistemiyle bir arada istiflenmiştir. Listeler hazırlandıktan sonra verilen kodlar stokta yer alan her bir profilin ve parça bölmesinin üzerine yazılmıştır. Böylelikle üretim esnasında yaşanabilecek kargaşanın önüne geçilmiş ve istenen malzemeye erişim pratik hale getirilmiştir. Ayrıca stoklarda herhangi bir eksiklik oluşmaması adına ihtiyaç duyulan adetten bir miktar fazla malzeme bulundurulmuştur.

5.1.2 Kaynak Modellemesi ve Kaynak Hazırlığı

Tasarım ve analiz sürecinde kaynak optimizasyonu için bir kaynak prosesi hazırlanmıştır. Bu proses, şasinin kaynak ile birleştirilmesi düşünülen bölgelerinin analizler neticesinde elde edilen gerilim değerleri kullanılarak hazırlanmıştır. Örneğin küvet modülünde kaynak ile birleşecek iki profil arasında şasi analizlerinde oluşan en yüksek gerilimler referans alınmıştır. Bu değer, malzemenin dayanımının belirli bir güvenlik katsayısı ile çarpılması sonucu elde edilen değer ile kıyaslanarak o bölgedeki ideal kaynak uzunluğu belirlenmiştir.

Kaynak prosesi üretim esnasında uygulanacak işlem sırası düşünülerek hazırlanmıştır. Ayrıca her bir kaynak bölgesindeki kaynak uzunluğu belirlenirken varsa o bölgedeki ya da yakınındaki yapışma alanları da dikkate alınmıştır.



Şekil 5.4 Ön Travers Kaynak Prosesi

Şekil 5.4'te görüleceği üzere montaj sırası dikkate alınarak bölgelere göre değişen kaynak uzunluklarında dört aşamadan oluşan bir proses hazırlanmıştır. Bu proses şasinin küvet modülü, arka travers modülü ve kabin kafesi için de aynı felsefe ile hazırlanmıştır. Kaynak prosesi üretim esnasında kaynak operatörünün rahatlıkla takip edebileceği şekilde olup üretim sonrasında planlanan kaynağın elde edilmesini sağlamıştır

Kaynak işlemi için en önemli parametre uygun cihaz ve ekipman seçimidir. Üretimde TIG kaynak kullanılmasına karar verildikten sonra cihaz araştırması yapılmıştır. Bilineceği üzere bu cihazlar akım değerlerine, kapasite ve kalitelerine göre çeşitlilik göstermektedir. Uygun cihaz seçildikten sonra TIG kaynak işleminde kullanılmak üzere şasi alışımına uygun kaynak telleri ve kaynak işlemi için argon gazı tüpleri temin edilmiştir.



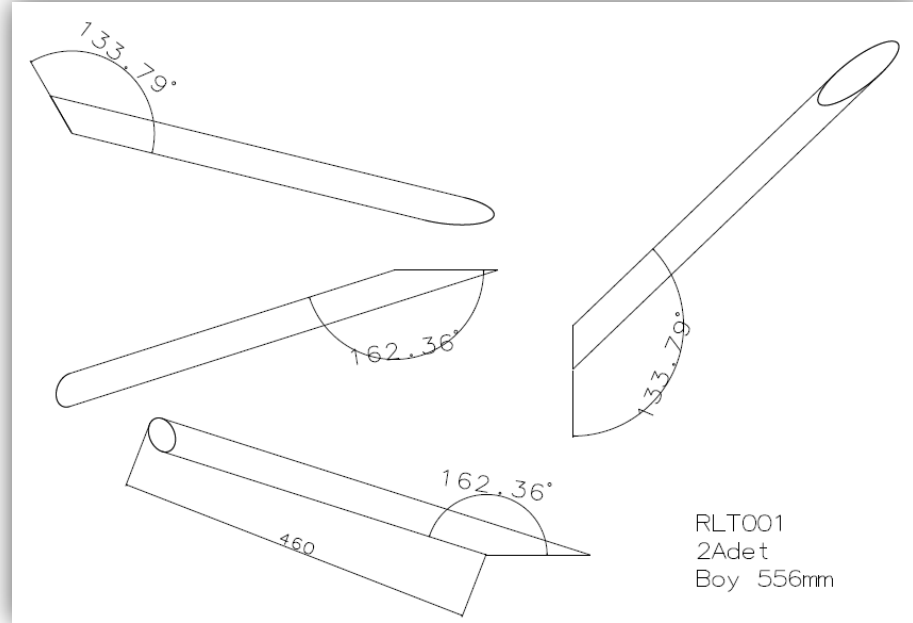
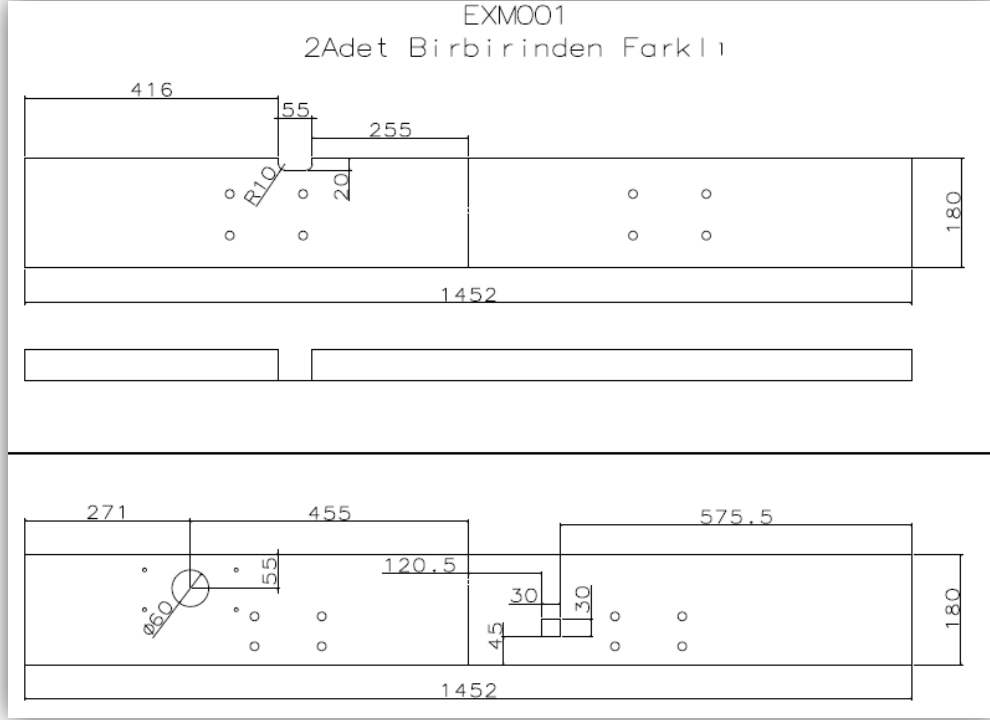
Şekil 5.5 Kullanılan Kaynak Cihazı ve Argon Tüpleri

Şaside kaynak olacak maksimum kesit kalınlığı baz alınarak katalogdan 220A akım verebilen ve farklı uygulamalarda da kullanılabilen cihaz seçimi yapılmıştır. Bu cihaz üreticiden temin edildikten sonra beraber kullanılacağı ekipmanlar da hazırlanmış ve kaynak hazırlığı tamamlanmıştır.

5.1.3 Profil Kesimleri

Şaside kullanılacak olan her bir profil üreticiden kesim toleransları düşünülerek sipariş edilmiştir. Bazı profiller ise kesime uğramayacağı için ihtiyaç duyulan boyda sipariş edilmiştir. Kesim işleminden geçecek profiller ise işlem göreceği mekanik tezgah toleransları düşünülerek yaklaşık yüzde 10 ile 20 arasında daha uzun boyda sipariş edilmiştir. Normal şartlarda detaylı kesimlerin üretici firma tarafından yapılabilmesi mümkün iken üretimde hassasiyet temel parametre olduğundan detaylı kesimlerin EVT kontrolünde yapılması düşünülmüştür.

Üretici firma tek bir defada profil geometrisine göre değişecek şekilde minimum 6 ile 36m arasında ekstrüzyon yapmaktadır. Profil siparişi verilirken üreticinin bir defada üretebileceği minimum boy miktarları referans alınarak 5 şasi için kullanılabilen profil siparişi verilmiştir. İlk etapta 3 adet şasi üretilmesi planlandığından stokta yedek malzeme bulundurulması düşünülmüştür.



Şekil 5.6 Örnek Profil Kesimleri

Şekil 5.6'da verilen örneklerden görüleceği üzere kesim işleminden geçecek 16 farklı profilin kodlarına ve şaside kullanılacağı adetlere göre teknik resimleri çıkarılmış ve uygun tezgahlarda kesilmek üzere hazırlanmıştır.

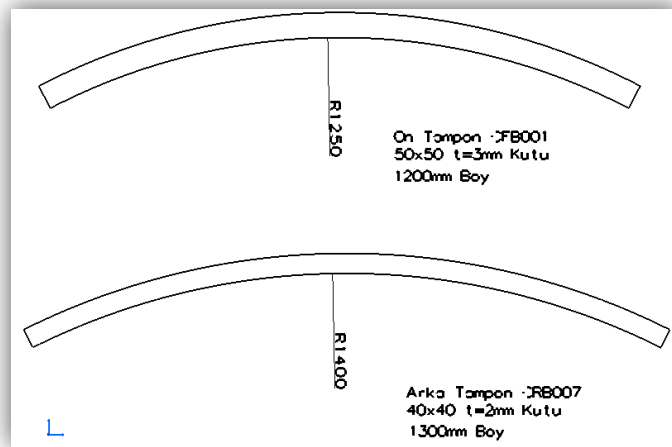
Şaside kullanılacak olan boru profiller 3 boyutlu kesimlere sahiptir yani normal şartlarda gelişmiş lazer kesim tezgahlarında açısız kesimlerinin yapılması gerekmektedir. Fakat üretilecek olan prototip sayısı düşünüldüğünde bu kesimlerin maliyetli olacağı görülmüş ve bu boru kesimlerinin standart tezgahlarda uygun ekipmanlar yardımı ile yeni bir kesim yöntemi geliştirilerek yapılmasına karar verilmiştir.

Profillerin kesim sürecinde boy kesimlerinin dışında profiller üzerinde gereken bölme, delme işlemleri de yapılmıştır. Neticede bütün profillerin mekanik işlemleri hassas bir şekilde yaklaşık 2 iş gününde gerçekleştirilmiş, bu işlemler sonrası gerekli kontrolleri yapılarak üretimde kullanılmak üzere hazır hale getirilmiştir.

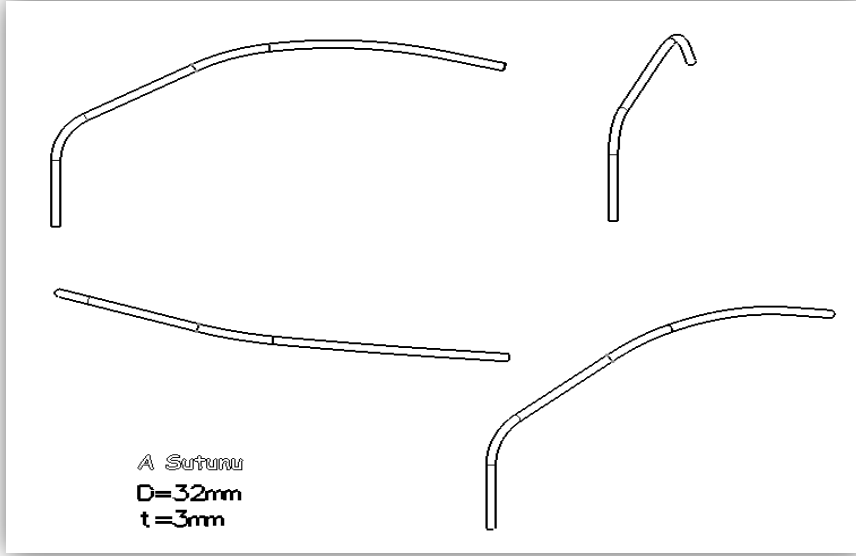
5.1.4 Profil Bükümleri

Şasi tasarımında bazı profiller çeşitli şekillerde bükümlere sahiptir. Bu bükümler aracın gövde hatlarına uygunluk ve montaj düşünülerek tasarlanmıştır. Tasarım sürecinde profilin alaşımına ve geometrisine göre standartlara uygun bir şekilde belirlenen bu bükümler, üretim aşamasına geçildiğinde alüminyum büküm yapan bir firma ile anlaşılarak gerçekleştirilmiştir.

Üretici firmadan profil sipariş edilmeden önce bükümlerin yapılacağı firma ile görüşülmüş ve her bir bükümde verilmesi gereken boy toleransları belirlenmiştir. Profiller tedarik edildikten sonra her bir büküm için teknik resimler ve detaylı anlatımlar hazırlanıp büküm yapacak firmalara teslim edilmiştir.

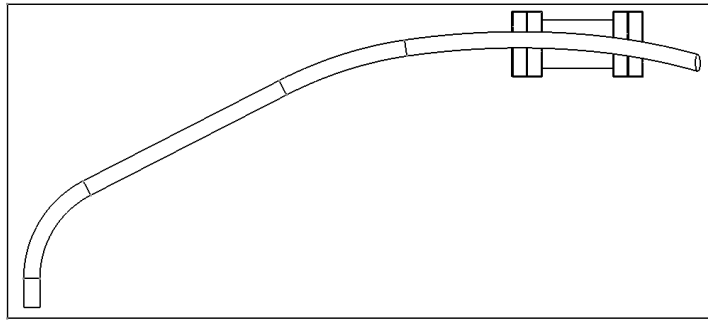
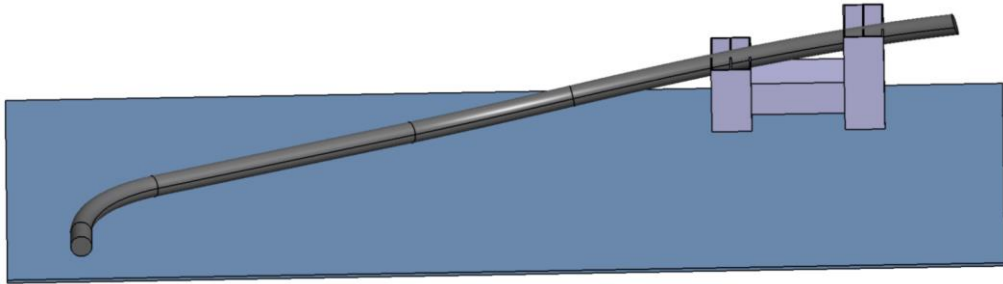


Şekil 5.7 Ön ve Arka Tampon Bükümleri



Şekil 5.8 A Sütunu Büküm Resimleri

Türkiye’de büküm firmaları yalnızca iki boyutta büküm yapabilmektedir. Şaside farklı bükümlere ve ölçülere sahip iki boru ve üç farklı kutu profil bulunmaktadır. Büküm işleminden geçmesi gereken boru profillerden Şekil 5.8’de görülen A sütunları diğer profillerin aksine 3.boyutta büküme sahiptir. Bu tarz bükümler üst düzey cihazlarla yapılabildiği için A sütununun bükümü çözülmesi gereken bir problem olmuştur.



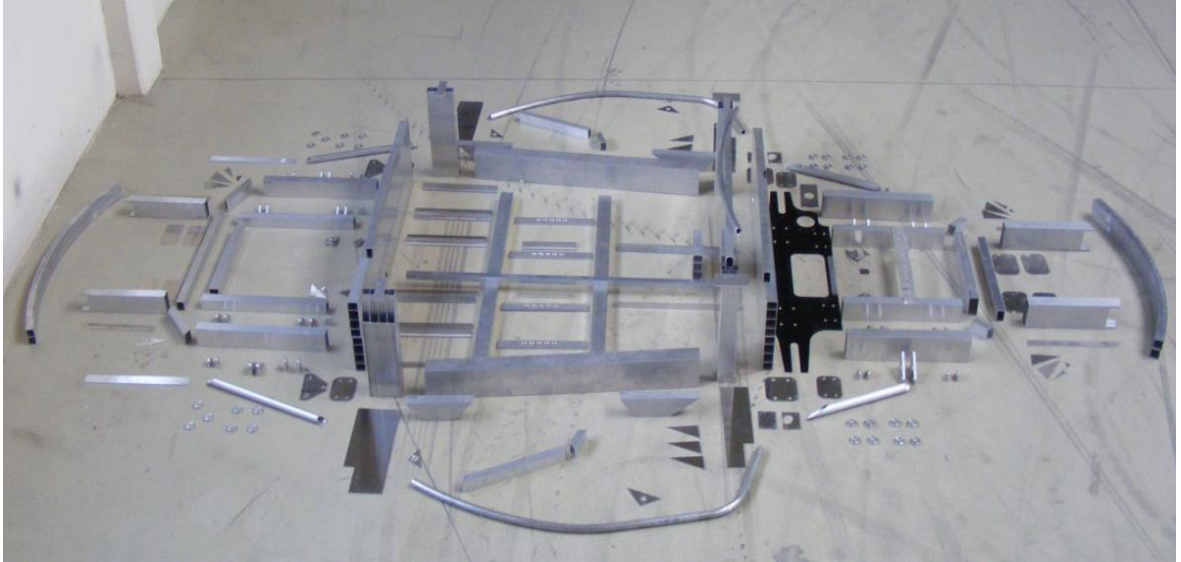
Şekil 5.9 A Sütunu 3 Boyutlu Büküm ve Şablonu

A sütunu, aracın gövde hatlarına uygun bir şekilde tasarlanan, prototip aşamasında bu yapıda olması gereken ve seri üretimde parçalara ayrılıp özel fikstürler yardımı ile elde edilmesi düşünülen üç boyutlu bir yapıya sahiptir. Bu yapıyı elde etmek için ilk etapta profilin iki boyutlu bükümü hatasız bir şekilde elde edilmiştir. Bu ilk bükümün şablonlar üzerinde kontrolü yapıldıktan sonra ortada yer alan büküm bölgesinden, geliştirilen bir yöntem ile 12,4 derecelik final büküm elde edilmek istenmiştir. Bu 3. boyuttaki büküm, şekil 5.9’da görüldüğü gibi özel olarak hazırlanan ve açısal doğruluğundan emin olunan bir platform üzerinde şablon yardımı ile yapılmıştır.

5.1.5 İşlem Sırası ve Planlama

Üretim sürecinde bütün ön aşamalar tamamlandıktan sonra elde edilen bütün yapı ve profillerin montajı için bir plan hazırlanmıştır. Bilineceği üzere şaside yapıştırma, cıvatalama ve kaynak olmak üzere 3 farklı montaj metodundan yararlanılması düşünülmüştür. Bu doğrultuda bu metotların bir düzen içerisinde birbirini takip etmesi ve işlem öncelik sıralarının belirlenmesi gerekmektedir.

Üretim öncesi şaside kullanılacak bütün parça ve profiller gereken ön işlemlerden geçirilip şekil 5.10’da görüleceği üzere şaside kullanılacağı bölgenin konumuna göre kullanılmaya hazır halde dizilmiştir.



Şekil 5.10 Şaside Kullanılacak Bütün Parça ve Profiller

Şasi için detaylı bir montaj planlaması hazırlanmıştır. Bu planda her bir profilin kodları kullanılarak hangi profilin hangi sıra ile fikstüre yerleştirileceği ve hangi sıra ile montajının yapılacağı belirlenmiştir. Bu sıra hazırlanırken yapıştırma ve kaynağın birbiri ile etkileşimi, kaynak esnasında oluşabilecek çekme kuvvetleri ve işlem kolaylığı gibi parametreler dikkate alınmıştır. Şasinin bütün işlem sırası hazırlanırken her bir adım madde madde sıralanmıştır. Böylelikle maddeler sırasıyla takip edilerek hatasız bir üretim hedeflenmiştir.

Montaj sürecinde ilk aşamada bütün yapıştırıcıların tamamlanması gerekmektedir. Bu işlem yapılırken yapıştırıcının ideal film kalınlığı olan 0,5 mm'nin sağlanmasına özen gösterilmiş ve bütün yapıştırıcılar çeşitli ekipmanlar kullanılarak temiz bir ortamda hassasiyetle yapılmıştır. Yapıştırma işlemi ön ve arka tamponun bükümlü profilleri ile başlamıştır. Ardından kuvvet modülünde yer alan diğer bölgelerde yapıştırma işlemi uygulanmıştır. Epoksi yapıştırıcı yüzeylere uygulanırken o yüzeylere yakın uygulanacak kaynaklarda hesaba katılmıştır. Kaynak bölgeleri işaretlenerek yapıştırıcının o kısımlara nüfuz etmemesine özen gösterilmiştir.

Epoksi yapıştırıcı ilk sertliğine kısa bir sürede ulaşırken tam olarak kullanılabilir hale gelebilmesi oda koşullarında 24 saat sürmektedir. Bu sebeple yapıştırıcı uygulanan bölgeler bir gün süre ile sabit konumunda tutulurken bu sürenin sonunda kullanıma hazır hale gelmiştir. Her bir yapıştırma işlemi süreyi en ideal şekilde kullanmak adına uygun bir sıralama ile yapılmış ve şaside uygulanan bütün yapıştırma işlemi yaklaşık 2 iş günü sürmüştür. Yapıştırma işleminin ardından her bir yapı ve profil birleştirme işlemi öncesi fikstüre yerleştirilerek son kontrollerden geçmiştir.

Bütün yapıştırma işlemleri tamamlandıktan sonra kaynak işlemine geçilmiştir. Profiller işlem sırasına göre ve tolerans yönlerine dikkat edilerek fikstüre yerleştirilip kaynakları kaynak prosesine uygun bir şekilde yapılmıştır. Şasideki bütün kaynak işlemi yaklaşık 3 iş günü sürmüştür.

Şasi üretimi, kendi içerisinde bölümlere ayrılan taşıyıcı ana yapı ve kabin kafesin üretimi şeklinde iki temel aşamadan oluşmaktadır.

5.2 Taşıyıcı Ana Şasi Üretimi

Taşıyıcı ana şasi yapısı adından anlaşılacağı üzere şasinin omurgasını meydana getiren ve üç modülden oluşan şasinin temel kısmıdır. Şasinin üretimine bu kısımdan başlanmıştır. Ana taşıyıcı yapı fikstür platformundan elde edilmektedir. Profillerin ve yapıştırılan yapıların fikstüre yerleşimi yapılır. Bu yerleşimde platformun kanallarında ve travers aparatlarındaki tolerans yönlerine dikkat edilir. Üretim planında belirlenen işlem sırasına göre modüller oluşturulur ve bu modüllerin montajı ile bu yapının üretiminde sona gelinir.

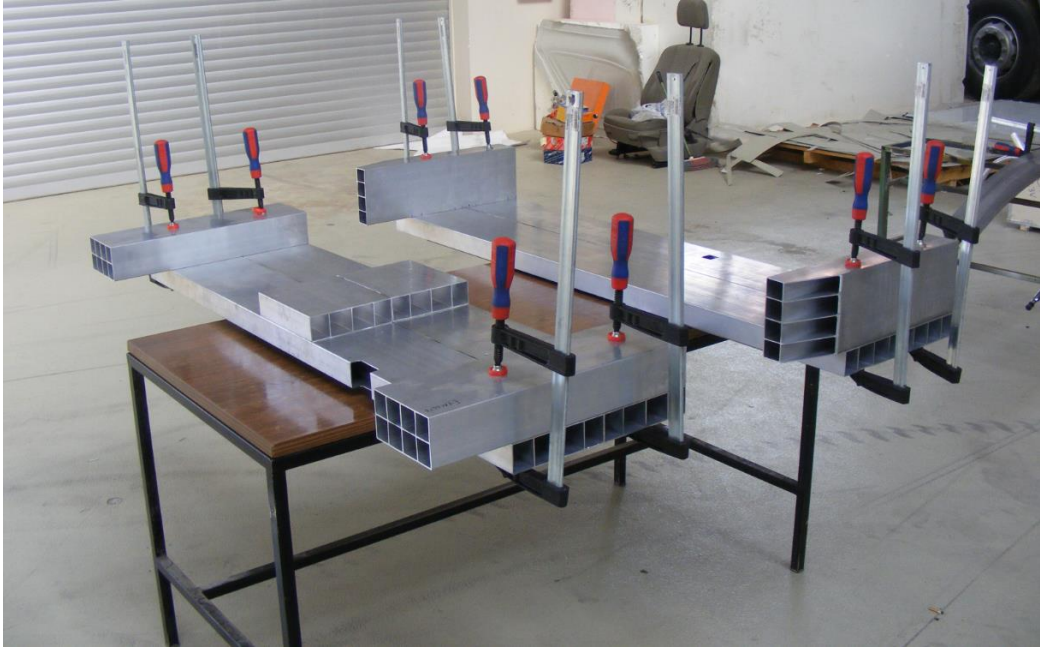
5.2.1 Yapıştırma İşlemi

Şaside yapıştırılacak bölgeler uygun ekipmanlar ve sabitleyiciler yardımı ile yapıştırılmıştır. Yapıştırılacak profiller kesim ve büküm işlemlerinden istenen doğrulukta ve geometrilerde elde edildiği için bu işlem fikstür dışında uygun koşullarda yapılmıştır. Yapıştırma işlemine ön ve arka tampon profillerinden başlanmıştır.



Şekil 5.11 Tampon Profillerinin Yapıştırılması

Büküm işleminden aynı büküm çapında çift şekilde elde edilen ön ve arka tampon profilleri yapışma yüzeyleri temizlenerek birbirine hizalanıp yapıştırılmıştır. Yapıştırıcı malzeme gereken kurlenmesini tam olarak sağlayana kadar sabitlenmiştir (Şekil 5.11). Tamponların ardından kuvvet modülünün ön ve arka kısımlarına geçilmiştir.



Şekil 5.12 Küvet Modülündeki Yapıştırma İşlemi

Bu işlemdeki her bir profilin yapışma yüzeyleri hazırlanarak uygun konumlarda yapıştırılıp sabitlenmiştir. Sabitleme esnasında profillerin konumları yapıştırıcının ilk kurlenme süresine kadar kayma ihtimaline karşılık kontrol edilmiştir. İlk kurlenme süresini tamamladıktan sonra ideal yapışmanın sağlanabilmesi için 24 saat beklenmiştir. Bu yapıları oluşturan ana profillerin yapıştırılması dışında, motor bağlantı plakaları, çelik ve alüminyum plakalarda yapıştırılmıştır. Yapıştırma işlemi tamamlandıktan sonra şasinin ön ve arka travers üretimine geçilmiştir.

5.2.2 Ön ve Arka Travers Üretimi

Ana taşıyıcı yapının oluşturulmasına travers modüllerinden başlanmıştır. Yapıştırma işlemiyle elde edilen küvet modülüne ait profiller referans alınarak traversler oluşturulur. Süspansiyon bağlantı noktaları şasinin travers modülleri üzerinde yer aldığından bu modüllerin üretiminde ekstra hassasiyet gösterilmiştir.



Şekil 5.13 Ön Travers Üretimi

Küvet modülünün ön kısmında yer alan yapının üzerine çelik plakanın da yapıştırılmasından sonra bu yapı tolerans yönüne göre fikstüre yerleştirilmiştir. Ardından platforma göre dikliği sağlanıp sabitlenmiştir. Ön traversin alt profilleri fikstür platformuna, üst profilleri de travers aparatlarına yerleştirilip sabitleme kaynakları yapılmıştır. Bu ilk sabitleme yapılırken küvet modülünün ön yapısı üzerinde hazır olan deliklerle traversin basma plakalarının delikleri eşleştirilerek sabitlenmiştir. Bu plakalar üzerine travers profilleri dik bir şekilde sabitlenip ilk kaynakları yapılmıştır. Ön travers ilk etapta uygun konumunda sabitlendikten sonra aynı işlem arka travers için gerçekleştirilmiştir. Ana taşıyıcı yapının üretiminde traverslerden başlanmasının sebebi ise bu yapıların yer konumuna göre paralelliğinin önemli olmasıdır. Başka bir deyişle amaç küvet modülüne bağlandıkları noktadan itibaren herhangi bir açısal sapmaya ihtimal vermemektir.



Şekil 5.14 Arka Travers Üretimi

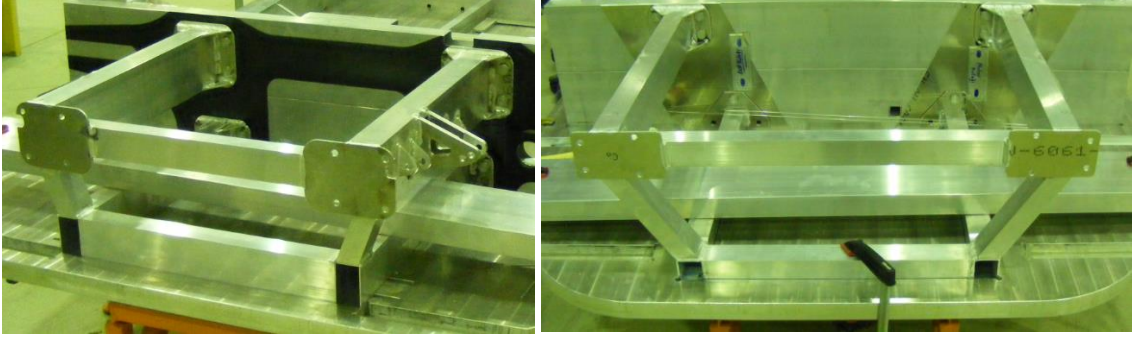
Ön ve arka travers profilleri doğru konumunda sabitlendikten sonra kaynak prosesinde belirtilen şekillerde ve uzunluklarda kaynakları tamamlanmıştır. Kaynağın her kritik aşamasında profillerin konumları, diklik ve paralellikleri kontrol edilmiştir. Travers yapılarının ana hatlarıyla oluşmasından sonra süspansiyon bağlantı noktalarının ve direksiyon kutusunun bağlantı parçasının montajına geçilmiştir.



Şekil 5.15 Ön Süspansiyon Bağlantılarının Montajı

Ön ve arka traversste süspansiyon sisteminin üst bağlantı noktaları travers aparatları kullanılarak monte edilirken, alt bağlantı noktaları da platform üzerinde yer alan oyuklar yardımı ile monte edilmiştir. Üst bağlantı noktalarının profildeki konumları travers aparatlarının plaka şablonu kullanılarak belirlenip şablon dışında kalan kısımlarına aralıkları sabitleyecek özel hazırlanmış aparatlar yerleştirilmiştir. Alt bağlantıların platformdaki oyukları ise sabitleme kaynağı düşünülerek belirli bir derinlikte verildiği için özel aparatlara ihtiyaç duyulmamıştır.

Bağlantı noktalarının da kaynağı yine kaynak prosesine uygun bir şekilde tamamlandıktan sonra ulaşılamayan bölgelerdeki kaynağı tamamlamak ve tampon bağlantı noktalarını oluşturmak için travers aparatları fikstür platformundan ayrılmıştır.



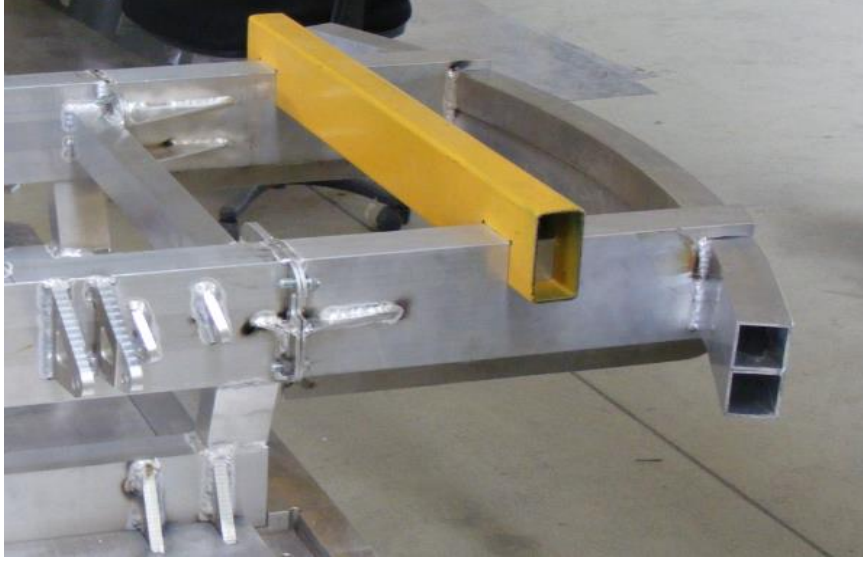
Şekil 5.16 Ön ve Arka Traversin Son Aşamaları

Traverslerin yapısı oluştuktan sonra ilk çarpışma bölgelerinin ya da başka bir deyişle şasinin tampon bölgelerinin üretimine geçilmiştir. Kaynak aşaması öncesinde yapıştırma ile elde edilen çift katlı tampon profillerini traverslere bağlayacak yapılar hazırlanmıştır. Bu yapılar açısız kesimler ile elde edilen profillerin şekil 5.17’de görüleceği üzere belirli bölgelerden kaynak prosesine uygun bir şekilde güçlendirilmesi ile elde edilir.



Şekil 5.17 Ön ve Arka Tampon Bağlantı Yapıları

Tampon bağlantı yapılarının bitiminde yer alan plakalar traverslerde yer alan bağlantı plakaları ile aynı geometriye sahiptir. Bu sayede bu yapılar oluşturulup traverslere cıvatalar ile bağlanır ve bükümlü tampon profilleri yapı üzerinde hazırlanan oyuklara yerleştirilir. Paralellik özel olarak hazırlanan çelik bir ekipman ile kontrol edilerek profillerin ve bağlantı yapılarının kaynağı gerçekleştirilir (Şekil 5.18).



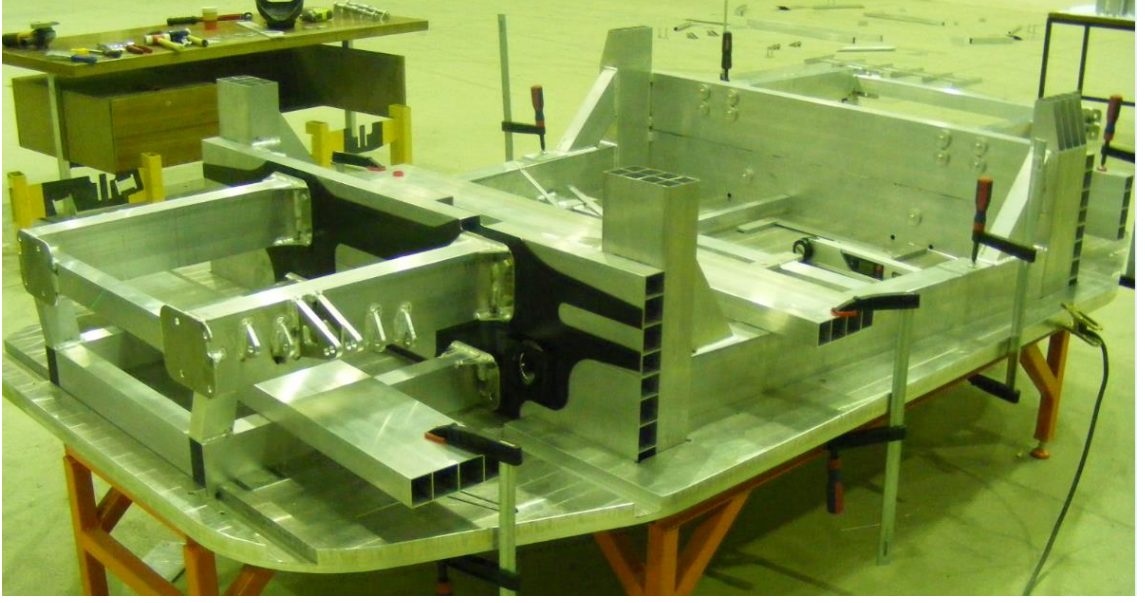
Şekil 5.18 Şasi Ön Tampon Bölgesi Oluşumu

Tampon bölgeleri traversler üzerinde oluşturulduktan sonra bağlantı yerlerinden sökülerek final montajda bağlanmak üzere ayrılmıştır. Ardından traverslerin platforma teması korunarak doğrusalığından emin olunmuştur. Bu şekilde sabitlenerek küvet modülünün kaynağı esnasında oluşabilecek çekme kuvvetlerinin ve bu kuvvetler sebebiyle oluşabilecek açılmalara önüne geçilmiştir.

5.2.3 Küvet Modül Üretimi

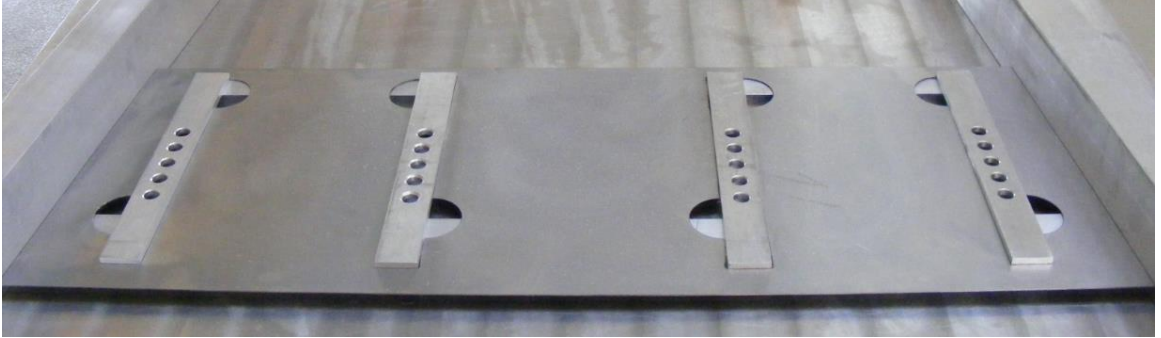
Küvetin modülünün traverslerle bağlantısını sağlayan ön ve arka yapılarının traversler ile geçici bağlantıları yapıp fikstür platformuna göre diklikleri kontrol edilmiştir. Böylelikle küvet modülünün üretim aşamasına geçilmiştir.

Bu modülün kesim işleminden elde edilen yan profilleri ve koltuk bağlantı profilleri fikstür platformunda tolerans yönlerine göre yerleştirilmiştir. Yan profiller platform kenarlarından sabitlenip ilk sabitleme kaynakları yapılmıştır. Diklikler kontrol edilerek yan profiller ile küvet ön yapıları arasına çaprazda konumlandırılan profillerinde kaynağı yapılarak diklik korunmuştur.



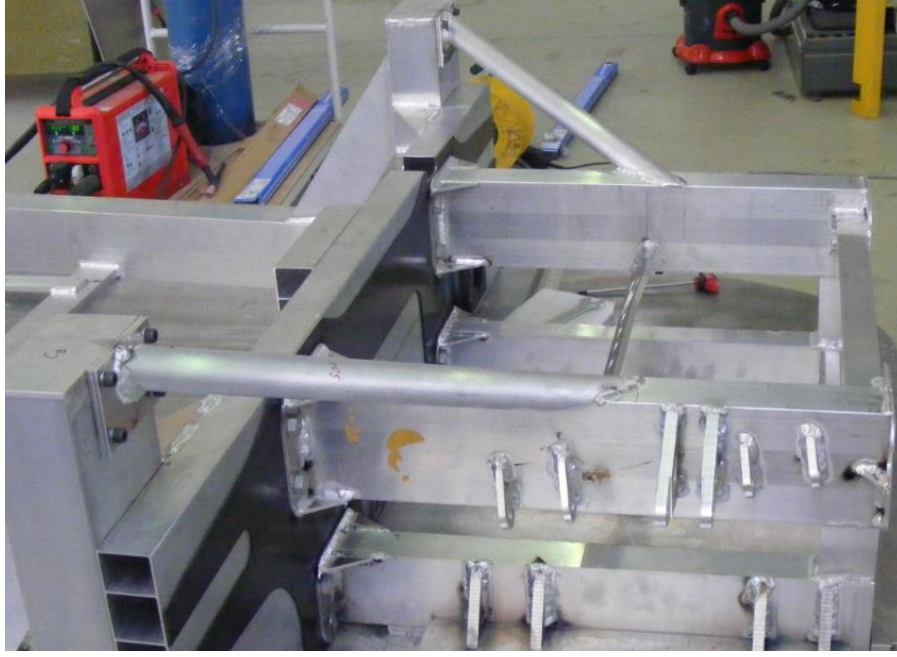
Şekil 5.19 Kuvet Modül Üretimi

Bu işlemler tamamlandıktan sonra koltuğun bağlanacağı yatay profillerde platformdaki kanallarına yerleştirilmiştir. Koltukların bağlanacağı noktaları güçlendirmek adına hazırlanan plakalar doğru konumlarına Şekil 5.20’de görüleceği üzere bir şablon yardımıyla yerleştirilip ilk sabitleme kaynakları yapılmıştır. Ardından şablon çıkarılıp yatay profiller de kuvet modülüne kaynaklanmıştır.



Şekil 5.20 Koltuk Bağlantılarının Şablon ile Hazırlanması

Kuvet modülünde profillerin sabitleme kaynaklarının ve son açılı kontrollerinin ardından belirli bölgelere güçlendirme plakaları kaynatılmıştır. Bütün bu işlemlerin ardından ana taşıyıcı şasinin fiyestür platformu üzerinde kalan bütün bölgelerinin kaynakları kontrol edilerek kaynak prosesine uygun bir şekilde tamamlanmıştır.



Şekil 5.21 Ön Travers – Küvet Ek Bağlantısı

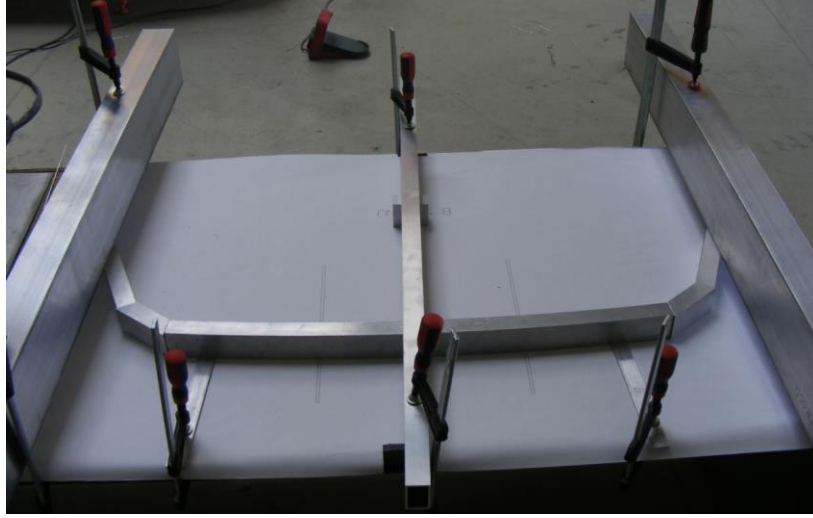
Modüllerin montajı ve fikstürden çıkarma işleminden önce son olarak ön travers ile küvet modülünün arasına çaprazda konumlandırılan boru profillerin montajı yapılmıştır. Bu profiller travers üzerine kaynatılırken küvet modülüne ise özel bir tasarımla civatalanmıştır. Bu bağlantı ön traversin modülerliğini sağlarken aynı zamanda travers ile küvet modülünün yapısal anlamda bütünlüğünü sağlamaktadır.

5.3 Kabin Kafes Üretimi ve Son Aşamalar

Şasinin kabin kafes yapısı kutu ve boru profillerden oluşan ve ana taşıyıcı yapı üzerine kaynak yöntemiyle monte edilecek yapıdır. Ana taşıyıcı yapının fikstür üzerinde oluşmasından sonra bu yapıyı fikstürden ayırmadan kabin kafes üretimine geçilmiştir.

5.3.1 B sütunu Üretimi ve Montajı

Kabin kafes üretiminin ilk aşaması olan B sütunu inşa edilmiştir. Aracın B sütunu bir adet bükümlü ve dört adet kesim işleminden geçmiş beş parça kutu profilden meydana gelmektedir. Bu parçaların her biri istenen geometri ve boyda elde edildikten sonra hazırlanan bir şablon üzerinde sabitlenerek birbirine kaynatılmış ve aracın B sütunu istenen geometride elde edilmiştir (Şekil 5.22).



Şekil 5.22 B Sütunu Üretimi

B sütunu şablon yardımıyla hassas bir şekilde elde edildikten sonra ana taşıyıcı yapı üzerine inşa edilmek üzere konumlandırılmıştır. Bu konumlandırma yapılırken gerekli ölçüler alınıp sütunun dikliği sağlanmış ve ilk sabitleme kaynağı yapılmıştır. Ardından ön travers ve küvet bağlantısındaki gibi özel olarak hazırlanan boru profilleri arka travers ve B sütunu arasında konumlarına yerleştirilerek sabitleme kaynakları yapılmıştır. Açı ve ölçüler tekrar kontrol edilerek herhangi bir hataya yer vermeden kaynaklar tamamlanmıştır.



Şekil 5.23 B Sütunu Montajı

5.3.2 Fikstürden Ayırma Aşaması

Şasinin B sütunu da ana taşıyıcı yapı üzerine inşa edildikten sonra şasi vinç yardımı ile fikstürden çıkarılmıştır. Şasinin fikstür kanalları içerisinde kalan bölgelerinin kaynakları tamamlanmıştır. Travers üretimleri için ilk aşamada geçici olarak sıkılan önde 16 ve arkada 14 adet olan modüler bağlantı cıvataları 2. aşamada 25 Nm tork değerinde sıkılmıştır. Bu 2. aşama sıkma işleminde modüler bağlantı cıvatalarını kuvvet modülü içerisinde karşılayacak ve geniş temas yüzeyi oluşturacak silindirik plakalar da cıvata bölgelerine kuvvet içerisinde yapıştırılarak sabitlenmiştir.



Şekil 5.24 Ana Taşıyıcı Yapının Son İşlemleri

Her bir birleşme bölgesinin kaynakları kaynak prosesine uygunluğu dikkate alınarak kontrol edilmiştir. Traverslerin modüler bağlantısı da tamamlanıp batarya taşıyıcı iskeletin montajına geçilmiştir.

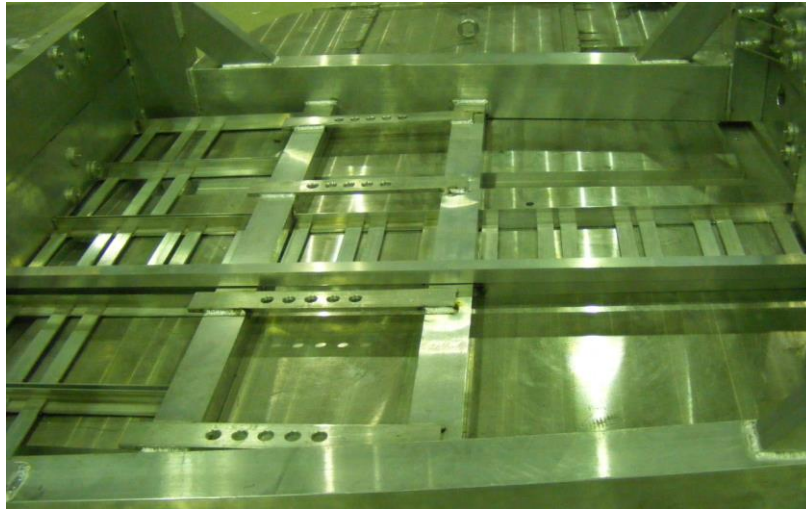
5.3.3 Taşıyıcı İskelet Montajı

Değişen uzunluklarda 14 adet L profil ve 30 adet düzlemsel parçadan oluşan taşıyıcı iskelet bir platform üzerinde oluşturulmuştur. L profiller şablon üzerinde konumlarına yerleştirilmiştir. Sabitleme amaçlı çok az miktarda yapıştırıcı kullanılarak düzlemsel parçalar bu L profiller arasına batarya dağılımına göre konumlandırılmıştır.



Şekil 5.25 Batarya Taşıyıcı İskelet ve Tampon Bölgeleri

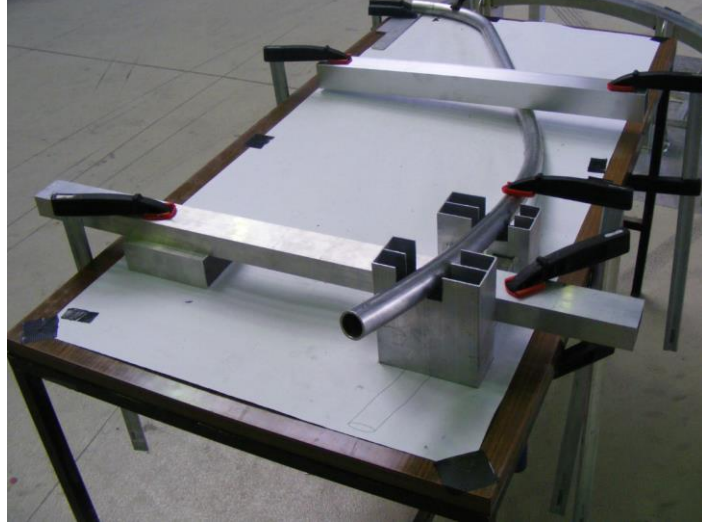
Taşıyıcı iskeletin yedi farklı ünitesi ilk sabitlemenin ardından belirlenen şekilde kaynatılarak şasiye monte edilmek üzere hazır hale getirilmiştir. Şasi ters çevrilerek her bir ünite belirlenen konumlarına yerleştirilerek ilk kaynakları yapılmıştır. Daha sonrasında şasi içerisinden ulaşılamayan bölgelerin de kaynağı kaynak prosesine uygun bir şekilde tamamlanmıştır.



Şekil 5.26 Taşıyıcı İskelet Montajı

5.3.4 A Sütunları Üretimi

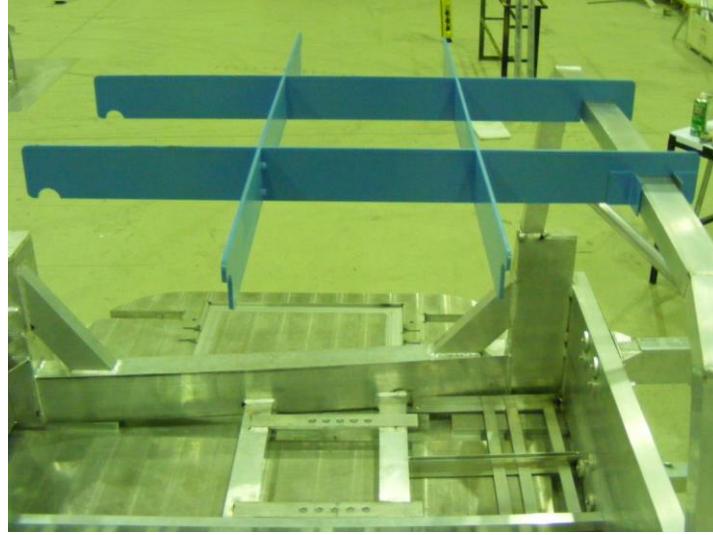
2 boyutlu bükümden elde edilen boru profiller 3. boyuttaki bükümü elde edebilmek için bir platform ve şablon üzerine sabitlenmiştir. Şablon, platform ve profilin konumlarını belirlerken platform ise 3. boyuttaki bükümü hassas bir şekilde elde edebilmek için kullanılmıştır. Şaside simetrik bir şekilde ve iki adet yer alacak A sütunları şekil 5.27'de görüleceği üzere büküm yerlerinden simetrik kesikler açılmak suretiyle 12,4 derecelik açıyla sabitlenmiş ve kaynatılmıştır.



Şekil 5.27 A Sütunu Üretimi

5.3.5 Kabin Kafes Üretimi

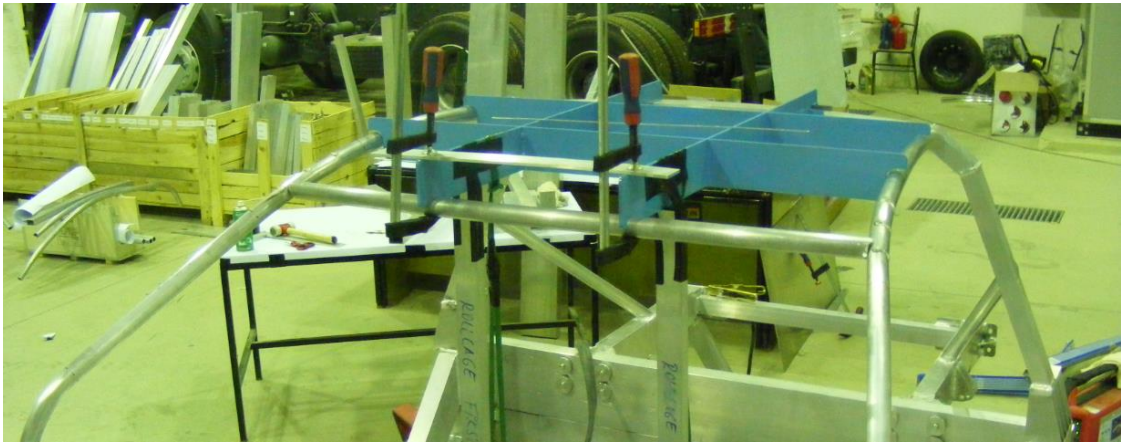
B sütununun ana taşıyıcı yapı üzerine monte edilmesi ve A sütunlarının da hatasız bir şekilde elde edilmesi ile kafesin montajına geçilmiştir. Montaj için özel olarak hazırlanan mavi renkli fikstür kullanılmıştır. Bu sayede doğru bir şekilde inşa edilen B sütunu referans alınarak A sütunlarının ve bu sütunlar arasına yerleştirilecek bükümlü boru profilin konumları doğru tayin edilmiştir.



Şekil 5.28 Kafes Fikstür Konumlandırması

Fikstürün, B sütununa işaretlenen konumuna yerleştirilip yer konumuna göre de paralelliği kontrol edilerek montaja geçilmiştir.

İlk etapta A sütunlarının küvet modülüne basma konumları belirlenerek doğru açıda sabitleme kaynakları yapılmıştır. Daha sonra bu sütunlar mavi fikstürde yer alan oyuklarına yerleştirilip B sütununa kaynak ile sabitlenmiştir. İlk kaynakların ardından konum ve açıları kontrol edilerek fikstüre sabitlenip kaynakları tamamlanmıştır. A sütunlarının oluşturulmasından sonra yine fikstür yardımı ile ara bağlantı elemanı da doğru konumuna yerleştirilmiş ve kaynak prosesine uygun olarak kaynağı yapılmıştır.



Şekil 5.29 A Sütunlarının ve Ara Bağlantının Yerleşimi

Boru profillerin konumlandırılıp kaynatılmasının ardından direksiyon sisteminin ve aracın orta konsolunun monte edileceği kutu profiller şasiye monte edilmiştir. Bu profiller, biri A sütunları diğeri de küvet modülünde olmak üzere hazırlanan aparat yardımı ile şasiye kaynatılmıştır. Bu son işlem ile şasinin ilk hali ortaya çıkmıştır.

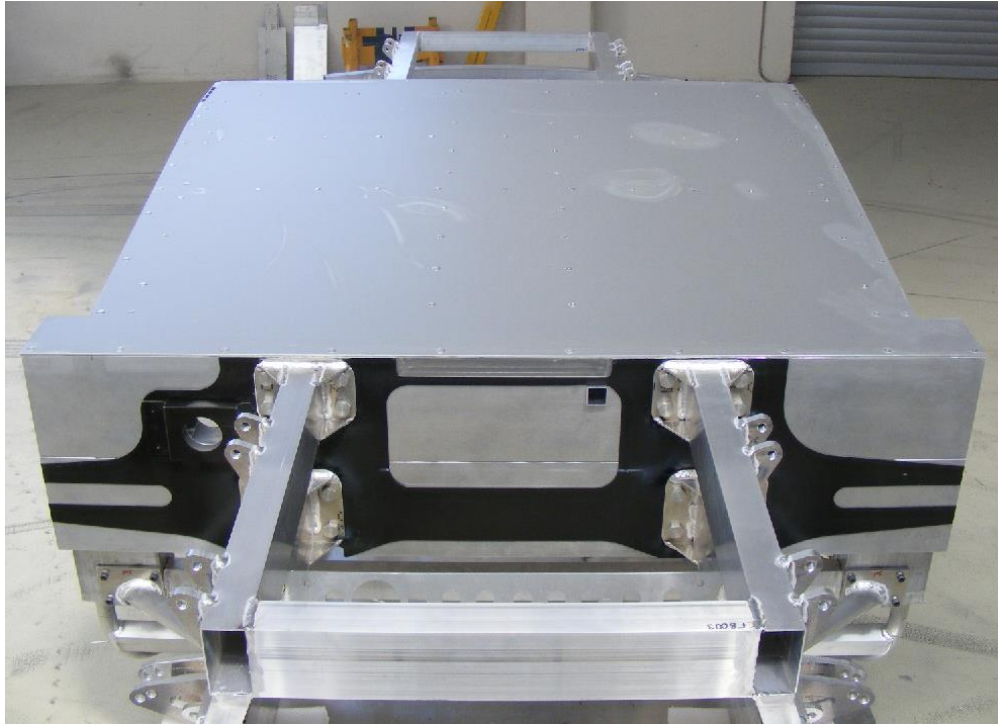
Profillerin montajı bittikten sonra kabin kafesinin düzlemsel destek parçaları da yerlerine kaynatılarak mavi fikstür sökülmüştür. Tampon bölgeleri de traverslere monte edildikten sonra şasi, taban montajı için hazır hale gelmiştir.



Şekil 5.30 Kabin Kafes Oluşumu ve Şasinin İlk Hali

5.3.6 Taban Montajı

Şasi, bir platform üzerinde ters çevrilerek taban montajına geçilmiştir. CNC de hazırlanan eloksal kaplamalı alüminyum levha şasinin tabanına konumlandırılmıştır. Levha sabitlenerek üzerinde yer alan delik konfigürasyonuna göre şaside 102 adet delik açılmıştır. Levha kaldırılıp deliklerin dağılımı kontrol edildikten sonra şasinin tabanına sızdırmazlık amaçlı silikon uygulanmıştır. Ardından levha tekrar tabandaki konumuna göre yerleştirilerek şasiye 102 noktadan perçinlenmiştir.



Şekil 5.31 Taban Montajı

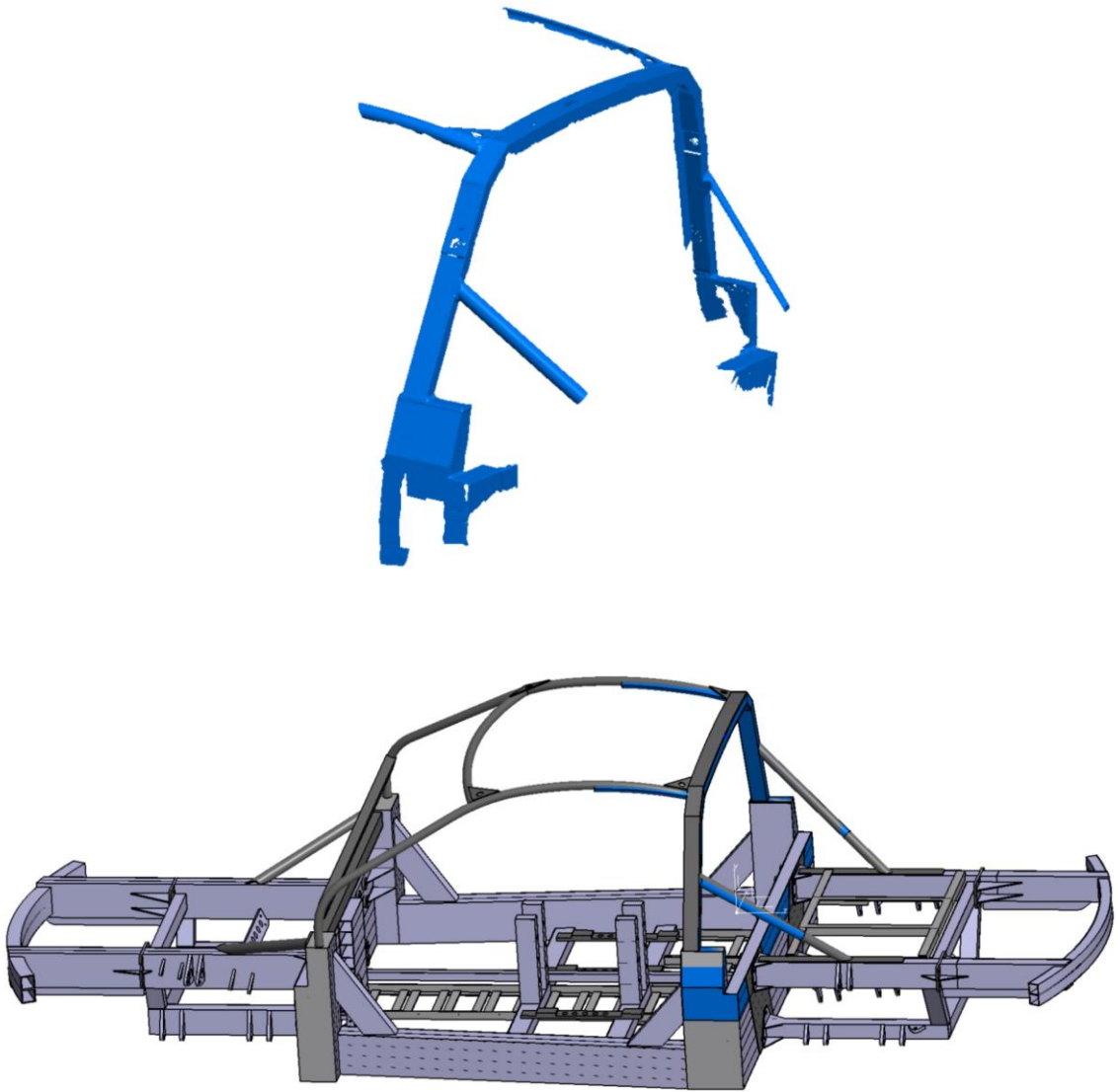
Taban da monte edildikten sonra bütün detaylar ve bağlantı noktaları kontrol edilmiştir. Ardından şasinin ağırlığı ölçülmüş ve 18 kg taban ağırlığı olmak üzere toplamda 132 kg olduğu görülmüştür.

Şasinin üretimi tamamlanana kadar geçirilen bütün aşamalar göz önüne alındığında, S1 şasisinin üretimi kolay, hafif ve güçlü bir şasi olduğu görülmüş ve sonuç olarak her yönüyle literatüre geçebilecek başarılı bir şasi elde edilmiştir.

5.4 Şasi Üretim Kontrolü

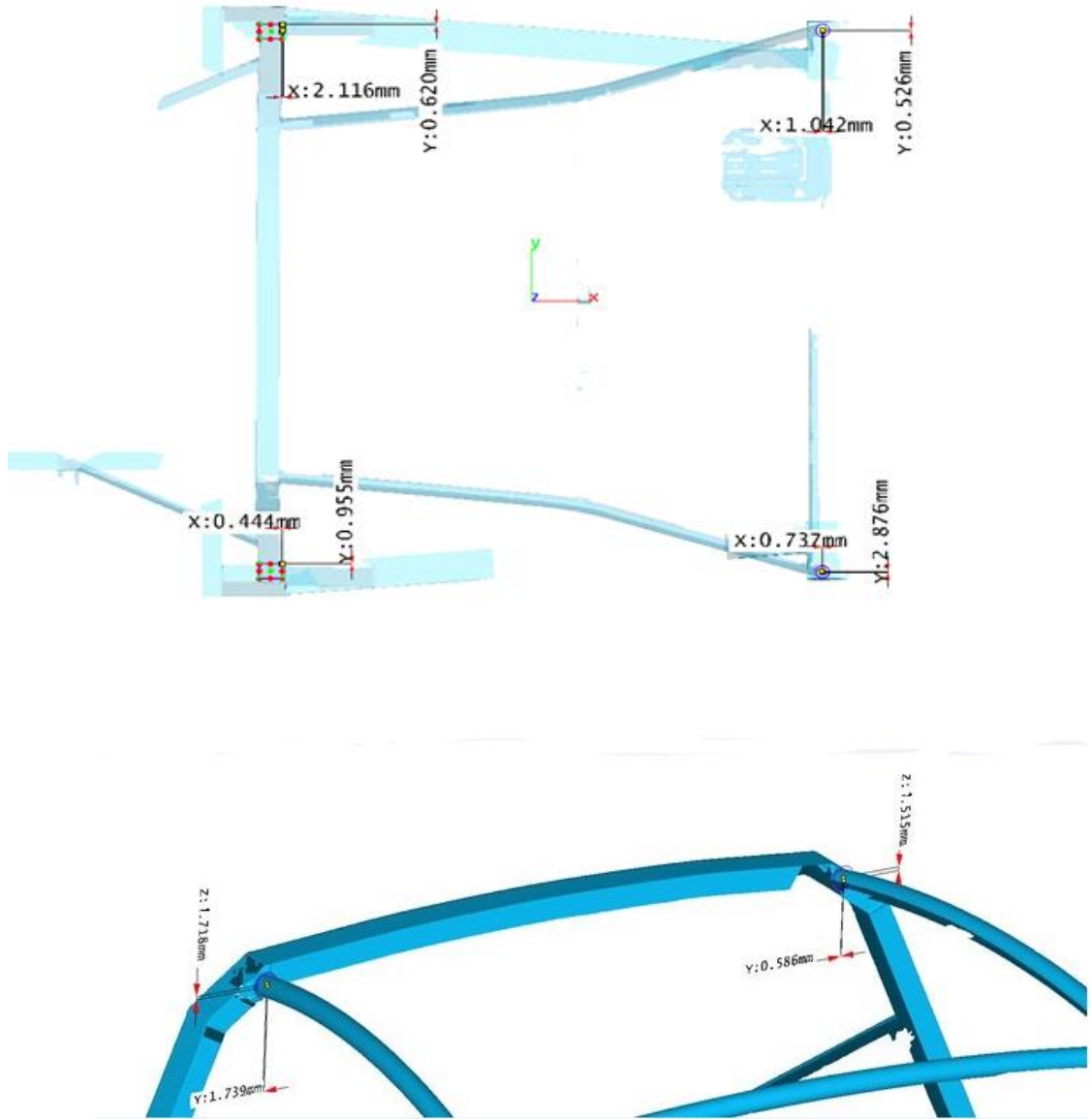
Şasi üretimi tamamlandıktan sonra üretim kontrol aşamasına geçilmiştir. Fikstür üretimi sonrası fikstürün her bir parçasının kontrol edilip kullanıma hazır hale getirildiği gibi, şasi de final montaj öncesi bazı kontrollerden geçmiştir. En kritik kontrol olan kabin kafes yapısı ilerleyen süreçlerde gövde panellerinin montajı için kontrol edilmiştir.

Şekil 5.32’de görüleceği üzere B sütunu ve bağlantı bölgeleri lazer ile taranarak bilgisayar üzerine aktarılmıştır. Daha sonra bu tarama verisi modellenerek şasinin CAD modeli ile bilgisayar üzerinde karşılaştırılmıştır.



Şekil 5.32 Kabin Kafes Tarama Verisi ve CAD Model Karşılaştırması

Bilgisayar üzerinde yapılan karşılaştırmalarda CAD model ve üretim modeli belirlenen orijinde üst üste oturtulmuştur. Kritik öneme sahip bağlantı bölgeleri arasında oluşan farklar ölçülmüştür. Bu ölçümler neticesinde elde edilecek veriler şasinin sonraki üretimleri için referans olacağı gibi ilerleyen süreçte üretilecek gövde panellerinin de hatasız bir şekilde montajı için zemin hazırlayacaktır.



Şekil 5.33 Ölçüm Sonuçları

Seri üretim araba şasilerinde oluşabilecek hatalar 4mm'e kadar tolere edilebilmektedir. Yapılan ölçümler neticesinde S1 şasi üretiminde oluşan maksimum sapmanın 2,8 mm civarında olduğu görülmüş ve üretim onaylanmıştır.

5.5 Final Montaj

Şasi üretimi tamamlanıp gerekli testlerden de geçtikten sonra final montaj aşamasına geçilmiştir. Tasarım sürecinde etkili olan süspansiyon sistemleri, batarya ünitesi ve motor gibi parametreler şasiye monte edilmeye başlanmıştır.

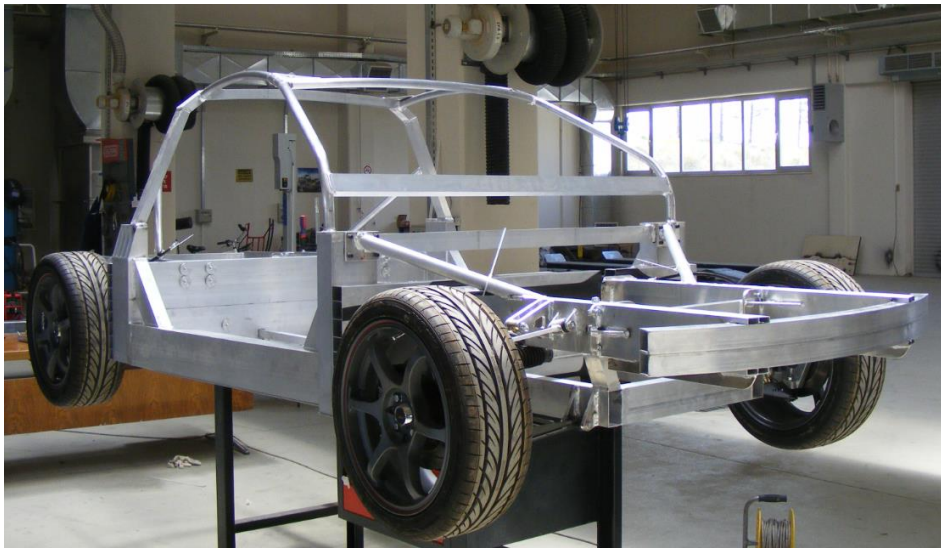
5.5.1 Süspansiyon Sistemlerinin Montajı

EVT bünyesinde farklı bir birim tarafından tasarımı yapılan, üretilen ya da tedarik edilen süspansiyon parçaları dışarıda birleştirilerek şasi üzerine monte edilmek için hazır hale getirilmiştir.



Şekil 5.34 Ön ve Arka Süspansiyon Sistemi

Şekilde 5.34'te görülen sistemler şasi traversleri üzerinde hazırlanan bağlantı noktalarına monte edilmiş ve ardından araçta kullanılacak jant ve lastik te takılarak şasinin 4 tekeri üzerinde zemine basması sağlanmıştır.



Şekil 5.35 Şasi - Süspansiyon Sistemleri Montajı

5.5.2 Koltukların Montajı

Şasi üzerinde belirlenen bağlantı noktalarına kullanılacak civataların yuvası açılarak koltukların montajı yapılmıştır. Sürücü tarafı ileri-geri konum ayarlı ve yolcu tarafı sabit olmak üzere iki koltuk, belirlenen ideal sürüş ve yolculuk konumlarına göre bağlantı noktalarına konumlandırılmış ve 4'er civata ile şasiye bağlanmıştır.



Şekil 5.36 Koltukların Montajı

Şasi üzerine koltukların da monte edilmesi ile beraber özel olarak ürettirilen emniyet kemerlerinin de bağlantıları yapılmıştır. Emniyet kemeri normal araçlardaki gibi 3 noktadan bağlıdır. Şasi üzerinde bağlanacağı noktalar güçlendirilerek standartlara göre sürücü ve yolcu için bağlantıları yapılmıştır.

5.5.3 Direksiyon Sisteminin Montajı

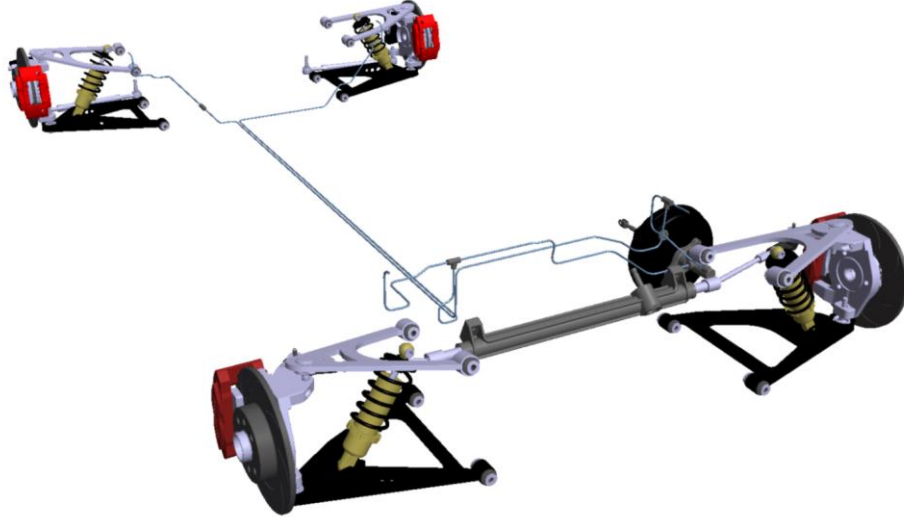
Ergonomik parametreler ve ideal sürüş göz önünde bulundurularak yere dik eksen ile 18 derece yapacak şekilde konumlandırılan direksiyon, kabin kafesin ön kısmında yer alan kutu profiller üzerine bağlantı elemanı kaynatılarak şasiye tasarlanan konumunda yerleştirilmiştir.



Şekil 5.37 Direksiyon Sistemi Montajı

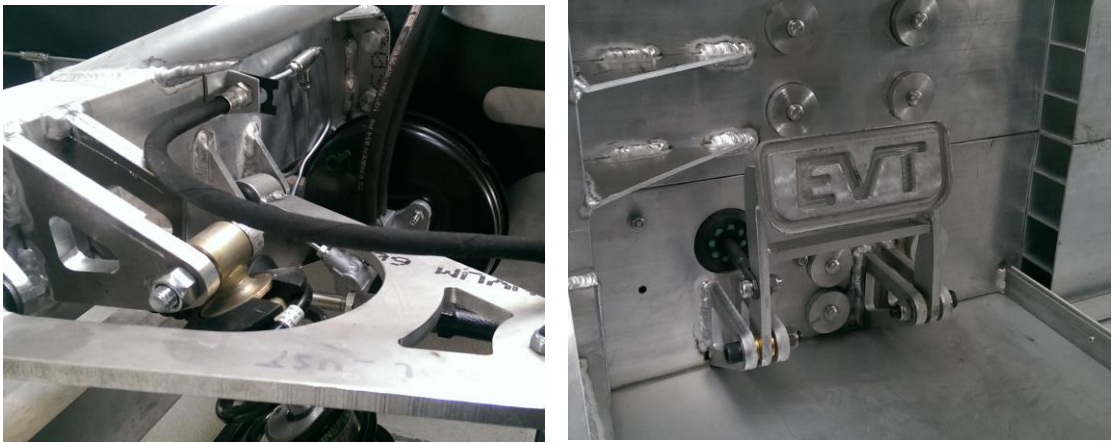
5.5.4 Fren Sistemi Montajı

Gerekli fren hesapları yapıldıktan sonra aracın fren hattı tasarımı yapılmıştır. Yapılan fren hesaplarına göre tasarlanan fren pedalı üretilerek şasiye kaynaklı bağlantı noktalarına monte edilmiştir.



Şekil 5.38 Fren Tesisat Tasarımı

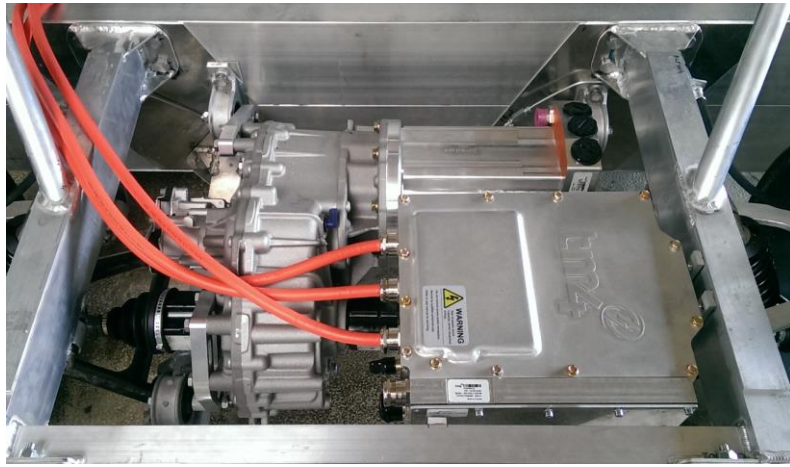
Tasarımı yapılan fren tesisatı üretilerek şasiye monte edilmiştir. Tesisatın fren merkezinden dağılıp arka tekerlere giden hattı şasinin hidrolik hattı içerisinde geçmektedir. Montajı tamamlanan tesisat içerisine hesaplanan miktarda fren hidroliği doldurularak fren sistemi çalışır hale gelmiştir.



Şekil 5.39 Fren Merkezi ve Fren Pedalı Montajı

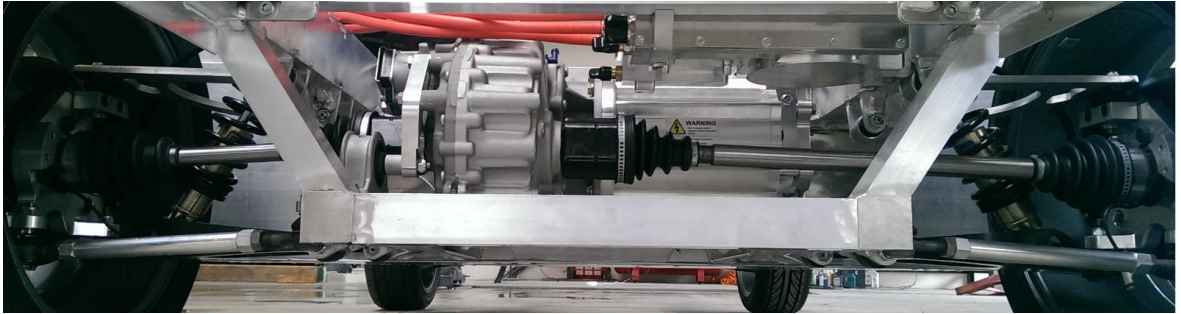
5.5.5 Motor, Kontrolcü ve Aktarma Montajı

Motor ve ekipmanları şasiye tasarlanan şekilde hatasız bir şekilde monte edilmiştir. Şasiye toplam üç bölgeden bağlantısı tasarlanan motor ve dişli kutusu için bu bölgelerde gerekli güçlendirmeler yapılmıştır. Ardından özel olarak tasarlanan bağlantı elemanları motor ve dişli kutusuna monte edilmiştir. Bu yapı vinç yardımı ile konumuna indirilerek şasiye bağlantısı yapılmıştır. Motorun pozisyonu gerekli açı kontrolleri yapılarak kontrol edildikten sonra kontrolcü de üretilen bağlantı elemanları yardımı ile arka travers içerisindeki konumuna monte edilmiştir.



Şekil 5.40 Motor ve Kontrolcü Montajı

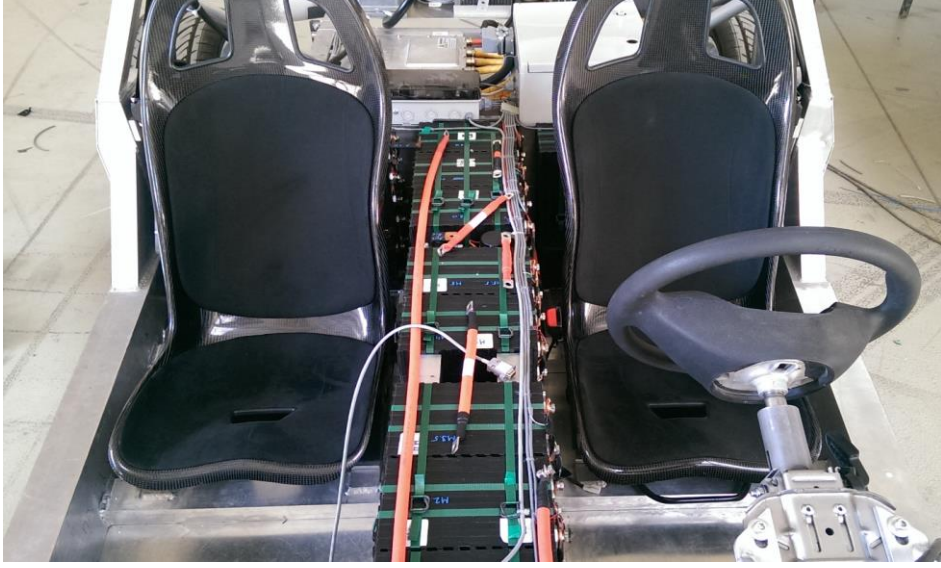
Dişli kutusundan tekerleklere hareket aktaracak olan aks milleri tasarlanan şekilde ürettirilip temin edildikten sonra kendi içerisinde aks başlarına monte edilmiştir. Daha sonrasında bu aktarma elemanı şaside dişli kutusu ile tekerlek göbekleri arasına monte edilerek dişli kutusunun yağ haznesi doldurulmuştur.



Şekil 5.41 Aktarma Sistemi Montajı

5.5.6 Batarya Elektronik Montajı

Mekanik ekipmanların montajı tamamlandıktan sonra batarya ünitesinin montajına geçilmiştir. Her bir batarya modülü elektronik departmanında planlanan şekilde birbirine bağlanarak 6 şar modülden oluşan 9 ünite ve 7 şer modülden oluşan 4 ünite olmak üzere toplam 250 kg ağırlığındaki batarya ünitesi şasinin batarya taşıyıcı iskeleti üzerine monte edilmiştir.



Şekil 5.42 Batarya Ünitesi ve Elektrik Tesisat Montajı

Batarya ünitesinin gerekli izolasyonlar yapılarak şasiye monte edilmesinin ardından aracın elektrik ve elektronik sistemlerinin oluşturulmasına başlanmıştır.



Şekil 5.43 Üretilen Şasiler

SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında M1 sınıfı elektrikli spor araçlar için özgün bir şasi, bütün tasarım ve üretim süreçleri ile ele alınmıştır. Detaylı bir literatür taraması ve konsept çalışmaları ile başlayan süreç dünya standartlarında bir tasarım elde edilerek ve bu tasarımın detaylı analizleri gerçekleştirilerek devam etmiştir. Ardından üretime yönelik çalışmalar başlamış ve tasarımı hatasız üretebilmek adına literatüre kazandırılacak yeni, ekonomik ve özgün fikstür sistemleri geliştirilmiştir. Bu sistemler sayesinde istenen geometride, düzlemsel parçalardan oluşan modüler yapıya sahip şasi üretimleri yapılmış ve gerekli üretim kontrolleri sayesinde nihai ürünün hedeflenen kalitede olduğu görülmüştür.

S1 model adı verilen aracın şasisi, EVT Motor Otomotiv San. Tic. A.Ş. bünyesinde çekirdek bir Ar-Ge ekibi tarafından, alanında uzman akademisyenler önderliğinde yürütülen yerli elektrikli spor araç projesi kapsamında geliştirilmiştir. Bu özgün proje sayesinde Türkiye’de bir ilk gerçekleştirilmiş, düşük maliyetli, üretimi kolay, hafif ve dünya standartlarında güvenli bir şasi tasarımı yapılmıştır.

Yurtdışından yerli üretim temin edilebilir ekipmanlar tespit edilmiştir. Yerli üretim temin edilemeyen ya da Türkiye’de altyapısı bulunmayan ekipmanlar ise ilerleyen zaman diliminde yerlileştirilebilecek şekilde sadece prototipler için yurtdışından temin edilmiştir. Bu doğrultuda belirlenen her bir ekipman tasarımının şekillenmesinde etkili rol oynamıştır. Bazı durumlarda tasarımın geometrisine göre ekipman seçimi yapılırken gerektiğinde ise seçilen ekipmana göre tasarım değişim geçirmiştir. En temelde ise ihtiyaca göre standartlara ve hesaplamalara uygun seçim yapılmıştır. Kullanılacak her malzeme ve parça ise üst standart ve kalitede seçilmiştir. Tasarım sürecini doğrudan etkileyen bu aşama tamamlandıktan sonra maliyet kavramı göz önünde bulundurularak uygun üretici ve firmalarla görüşmeler yapılmıştır.

Tasarımın her aşamasında güvenlik ve performans öngörüldüğünden, uygun yazılımlar kullanılarak bilgisayar üzerinde gerçeğe en yakın şekilde simülasyonlar gerçekleştirilmiştir. Şasinin, burulma, şasi-süspansiyon, önden ve arkadan çarpışma analizleri, takla simülasyonu, koltuk ve taban analizi tasarımın her kritik aşamasında ve final modele kadar uygulanmıştır. Analizler yardımıyla tasarım süreci tamamlanmış ve neticede dünya standartlarında güvenliğe ve performansa sahip bir şasi tasarımı elde edilmiştir.

Kontrollü bir tasarım, analiz ve test aşamasının ardından üretime yönelik kolay uygulanabilir ve ekonomik çözümler geliştirilmiştir. Bu pratik çözümler, tasarımın geometrik yapısına ve montaj metodolojisine göre geliştirilen fikstür sistemleridir. Her bir fikstür sistemi tasarlanıp üretildikten sonra detaylı kontrolleri yapılmış ve üretimde kullanılmak üzere hazırlanmıştır. Bu aşamalardan sonra şaside kullanılacak her bir profil ve parça temin edilmiş, üretimde kullanılacak ekipman, araç ve gereçler de tamamlandıktan sonra üretim aşamasına geçilmiştir.

Birçok tasarım ürüne dönüşemediği gibi bazı tasarımlar vardır ki beklenen ürün elde edilemez ya da çok hatalı elde edilir. Bu sebeple üretim süreci öncesinde detaylı planlamalar yapılmıştır. Hatasız bir ürün elde etmek adına yapılan testler, analizler ve hazırlanan fikstürlerde olduğu gibi üretim sürecinde de karşılaşılabilecek her zorluk ya da sorun öngörülmüş, detaylı bir üretim hazırlığı ve planlaması yapılmıştır.

Bir buçuk yıl süren tasarım ve analiz sürecinin ardından, ilk etapta çok düşük hata oranı ile bir adet şasi üretilmiştir. Bu şasinin çeşitli kontrolleri yapılmış ve bilgisayar üzerinde ya da üretim öncesinde öngörülemeyen bazı değişimler yapılarak belirlenen zaman aralıklarında iki şasi daha üretilmiştir. Başka bir deyişle prototip araçlarda kullanılacak iki şasinin öncesinde bu şasilerin de bir prototipi yani deneme üretimi yapılmıştır. Hazırlanan iki prototip şasi üzerine farklı zaman dilimlerinde süspansiyon sistemleri ve ekipmanların montajları yapılmıştır. Tasarım süreci ile eş zamanlı yürüyen gövde tasarımı da tamamlanmış, üretim aşamasına geçilmiştir. Gövde panellerinin üretiminden sonra şasi üzerinde, gövde panellerinin bağlantısı, kapı, bagaj ve kaput detayları başta olmak çeşitli mekanik ve estetik çalışmalar devam edecektir. Ayrıca aracın elektronik altyapısı oluşturularak, gövde panelleri olmaksızın şasinin yol ve sürüş testlerine başlanacaktır.

Sonuç olarak bütün aşamalar yoğun bir Ar-Ge ve mühendislikle kusursuz tamamlanmış, bu aşamaların her birinde karşılaşılan problemlere çözümler geliştirilmiş, öngörülemeyen parametreler ise ilk üretilen şasinin ardından değişime uğramıştır. Üretilen seri üretime uygun birebir aynı iki prototip şasisi ile gelinen noktada Türkiye'nin ilk yerli spor otomobili olma yolunda önemli adımlar atılmıştır. Üzerinde çalışılan iki prototipin gerekli testleri yapıldıktan sonra uygun koşulların oluşması durumunda seri üretime geçilmesi hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Kirsch A. D., *The Electric Vehicle and the Burden of History*. Rutgers University Press, **2000**.
- [2] Anonim, Five myths about green energy, <http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2010/04/23/AR2010042302220.html> (Ekim, **2013**)
- [3] Anonim, http://www.old-print.com/mas_assets/full2/J0661888/J0661888218.jpg (Ekim, **2013**)
- [4] Hodkinson R. , Fenton J., *Lightweight Electric/Hybrid Vehicle Design*, Butterworth Heinemann, **2001**.
- [5] Nunney M. J., *Light and Heavy Vehicle Technology*, Fourth edition, Butterworth Heinemann, **2007**.
- [6] Larminie J., Lowry J., *Electric Vehicle Technology Explained*, John Wiley & Sons, **2003**.
- [7] Kumar H. , Patnaik P.R. , *A Text Book on Automobile Chassis and Body Engineering*, A textbook for vocational and diploma students of mechanical engineering, **2007**.
- [8] Wallentowitz H. , Leyers J. , Parr T. , *Materials for Future Automobile Body Structures*, **2003**
- [9] The Aluminum Association, Inc. , *Aluminum The Corrosion Resistant Automotive Material*, Mayıs **2001**.
- [10] Karl-Heinz von Z., *Aluminum in Cars- Light and Easy?*, Benteler Automotive, **2008**
- [11] Anonim, <http://www.hydro.com/en/About-aluminium/Aluminium-life-cycle/Primary-production/> (Şubat, **2014**)
- [12] Anonim, *Extruded Products*, The Aluminum Association, Inc., <http://www.alueurope.eu/aam/> (Kasım, **2013**)
- [13] Anonim, *Body Structures*, The Aluminum Association, Inc., <http://www.alueurope.eu/aam/> (Kasım, **2013**)
- [14] Anonim, <https://www.tse.org.tr/> (Aralık, **2013**)
- [15] Anonim, *Design With Aluminum*, The Aluminum Association, Inc., <http://www.alueurope.eu/aam/> (Aralık, **2013**)
- [16] Anonim, <http://www.nalco.co.nz/technical.aspx> , (Aralık, **2013**)
- [17] Anonim, *Aluminum in Commercial Vehicles*, The Aluminum Association, Inc. <http://www.alueurope.eu/aam/> (Aralık, **2013**)
- [18] Türk Alüminyum Sektörü, <http://www.sanayi.gov.tr> (Aralık, **2013**)
- [19] Can O., *Alüminyum ve Alaşımların Kaynağı*, ASKAYNAK, **2007**.
- [20] Ambriz R.R., Mayagoitia V., *Welding of Aluminum Alloys*, www.intechopen.com , **2008**
- [21] Anonim, <http://www.adhesiveandglue.com/epoxy-adhesive.html> (Ocak, **2014**)
- [22] Anonim, Kochan A., *Lotus: Aluminum Extrusions and Adhesives*, <http://www.sandsmuseum.com/cars/elise/information/technical/asauto.html> (Şubat, **2014**)
- [23] Anonim, http://enterprise.astm.org/filtrexx40.cgi?+REDLINE_PAGES/D1002.htm (Şubat, **2014**)
- [24] Anonim, <http://www.lotuscars.com/gb/engineering/lightweight-assemblies> (Şubat, **2014**)
- [25] Anonim, <http://www.arslanaluminyum.com/> (Eylül, **2013**)

- [26] Thompson L., Raju S., Harry Law E., *Design of a Winston Cup Chassis for Torsional Stiffness*, SAE International, **1998**
- [27] Anonim, <https://www.wikipedia.org/> (Ekim 2013)
- [28] Anonim, http://web.iitd.ac.in/~achawla/public_html/736/11-Crash_Safety_practices.pdf (Aralık, **2013**)
- [29] Anonim, National Highway Traffic Safety Administration, <http://www.nhtsa.gov/> (Ekim, **2013**)
- [30] Krafft M., Kullgren A., Tingwall C., *Crash Pulse Recorders In Rear Impacts - Real Life Data*, <http://www.nhtsa.gov/> (Ocak, **2014**)

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı : Nahit BABAARSLAN

Doğum Yeri : YOZGAT

Medeni Hali : Bekar

E-posta : nahit66@gmail.com

Adresi : Kentkoop Mah.Harbiş5 Sit. 16/13 Batıkent/Yenimahalle/ANKARA

Eğitim

Lise : Gaziantep Vehbi Dinçerler Fen Lisesi

Lisans : Çukurova Üniversitesi - Makine Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans : Hacettepe Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü

Doktora : -

Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce - İyi

İş Deneyimi

Tübitak 1021 Proje Asistanı(1 Yıl), EVT Motor Makine Mühendisi (2 Yıl)

Deneyim Alanları

Otomotiv, Mekanik Tasarım, Üretim

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

-

Tezden Üretilmiş Yayınlar

-

Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar

-