



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**İKİ TEKERLEKLİ ELEKTRİKLİ MOTOSİKLET ŞASİSİNİN
YAPISAL DAYANIMININ NÜMERİK İNCELEMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Merve Asena YILDIZ

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Necmettin ŞAHİN**

AKSARAY, 2024

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 212304411 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi Merve Asena YILDIZ tarafından hazırlanan “**İKİ TEKERLEKLİ ELEKTRİKLİ MOTORSİKLET ŞASİSİNİN YAPISAL DAYANIMININ NÜMERİK İNCELEMESİ**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ/OY ÇOKLUĞU ile Makine Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Necmettin ŞAHİN

Üniversite Adı: Aksaray Üniversitesi, Müh. Fak., Enerji ABD

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

Üye: Prof. Dr. Mustafa BAYRAK

Üniversite Adı: N. Ömer Halisdemir Üni., Enerji ABD

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Muhammet ÇELİK

Üniversite Adı: Aksaray Üniversitesi, Müh. Fak. Enerji ABD

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

Tez Savunma Tarihi: 27/06/2024

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Prof. Dr. Mehmet Ali HİNİS
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinallliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Merve Asena YILDIZ

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, yüksek lisans öğrenimim boyunca değerli bilgilerini benimle paylaşan, kullandığı her kelimenin hayatıma kattığı önemini asla unutmayacağım saygıdeğer danışman hocam; Prof. Dr. Necmettin ŞAHİN'e, çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen hocam Dr. Öğr. Gör. Şifa Gül Demiryürek'e teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin imalat aşamasındaki desteklerinde dolayı HTNS-Polikalıp şirketine teşekkür ederim.

Merve Asena YILDIZ
AKSARAY, 2024

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN TARİHİ GELİŞİMİ	2
3. ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN ÇALIŞMA PRENSİBİ	4
4. ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI....	5
4.1 Elektrikli Araçların Avantajları.....	5
4.2 Elektrikli Araçların Dezavantajları	6
5. ELEKTRİKLİ ARAÇLAR İÇİN BATARYA ŞARJ YÖNTEMLERİ.....	8
5.1 Normal Şarj	9
5.2 Hızlı Şarj.....	10
5.3 Batarya Değiştirme.....	10
5.4 Ev Tipi Şarj	10
5.5 Kablosuz Şarj	11
6. ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN TASARIMINDA MALZEME SEÇİMİNİN ÖNEMİ VE YAPIMINDA KULLANILAN MALZEMELER.....	12
6.1 Elektrikli Araçların Tasarımında Malzeme Seçiminin Önemi.....	12
7. ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA BATARYA SİSTEMLERİ VE BATARYA TÜRLERİ.....	15
7.1 Elektrikli Araçların Tasarımında Malzeme Seçiminin Önemi.....	15
7.1.1 Hücreler	15
7.1.2 Katot ve anot.....	15
7.1.3 Elektrolit	15
7.1.4 Ayırıcı	15
7.1.5 Soğutma sistemi.....	15
7.1.6 Yönetim sistemi	16
7.2 Elektrikli Araçların Batarya Türleri	16
7.2.1 Kurşun asit batarya	16
7.2.2 Nikel bazlı batarya.....	18
7.2.3 Lityum batarya.....	19
8. MOTOSİKLET ŞASI TÜRLERİNİN TARİHÇESİ VE ELEKTRİKLİ MOTOSİKLET ŞASI TASARIMI	21
8.1 Motosiklet Şasi Türlerinin Tarihçesi	21
8.2 Motosikletlerde Kullanılan Şasi Türleri	27
8.2.1 Scooter şasi	27
8.2.2 Tek kızıklı şasi tasarımı	28
8.2.3 Çift kızıklı şasi tasarımı	29
8.2.4 İkiz giriş şasi tasarımı	29
8.2.5 Kafes çerçeveli şasi tasarımı.....	30
8.2.5 Monokok çerçeveli şasi tasarımı	31
9. TASARIM GEREKSİNİMLERİ.....	32
9.1 Şasinin geometrisi	32
9.1.1 Tekerlek mesafesi	32
9.1.2 Teker açısı.....	32

9.1.3 İz	32
9.1.4 Ergonomi	33
9.1.5 Kütle dağılımı	34
9.2 Güç Aktarma Organlarının Elektronik Aksamı.....	35
10. MALZEME SEÇİMİ VE ŞASI TASARIMIN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ.	38
10.1 Malzeme Seçimi	38
10.2 Şasi Tasarımı	38
10.3 Literatür Taraması	42
11. BULGULAR	43
12. SONUÇLAR	48
KAYNAKLAR	51
ÖZGEÇMİŞ	54



YÜKSEK LİSANS TEZİ

İKİ TEKERLEKLİ ELEKTRİKLİ MOTORSİKLET ŞASİSİNİN YAPISAL DAYANIMININ NÜMERİK İNCELEMESİ

Merve Asena YILDIZ

**Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Necmettin ŞAHİN

ÖZET

Elektrikli motosiklet şasisinin yapısal dayanımı konusunda standartlaşmamış durumlar olduğu ve bu alanda daha bilimsel yaklaşımlar gerektiği bilinmektedir. Belirlenmiş olan problemin çevresinde çeşitli tasarımsal incelemeler yapılması, bir elektrikli motosiklet şasi modellemesi ve bu modellemenin statik analizi üzerine çalışmalara ihtiyaç vardır. Bu çalışma ile günümüzde kullanımı bulunan elektrikli bir motosiklet şasi modellemesi, şasi yapı tasarımı ve elektrikli motosiklet şasisinin malzeme seçimi için dayanım ile alakalı incelemeler ve araştırmalar yapıp en uygun malzeme ve model seçimi yapılması amaçlanmaktadır. Seçilen modelin üç boyutlu çizimi yapılmıştır. Elektrikli motosiklet şasisinin belli bölümlerinin analizleri Solid Works 2022 programında tamamlanmış olmakla beraber yapılan analiz sonuçları değerlendirilerek elektrikli motosiklet şasisinin tasarımında hafiflik ve dayanım yönünden iyileştirmeler önerilmiştir. Çalışmanın sonucunda elektrikli motosiklet şasisinin yapısal dayanımının artırılması hedeflenmektedir. Hali hazırda yurt dışından getirilen bir elektrikli motosiklet şasisinin ülkemiz şartlarında üretiminin hem daha ekonomik, hem de mühendislik tasarımı açısından daha güvenilir, hem de yerli üretime sağlayacağı destek açısından bu çalışma büyük bir önem taşımaktadır.

Anahtar kelimeler: Elektrikli motosiklet, yapısal ve statik analiz, motosiklet şasi dayanımı.

Haziran, 2024; 54 sayfa

M.Sc. THESIS

**STRUCTURAL STRENGTH OF TWO-WHEEL ELECTRIC
MOTORCYCLE CHASSIS NUMERICAL INSPECTION**

Merve Asena YILDIZ

**Aksaray University
Institute of Science and Technology
Department of Mechanical Engineering**

Advisor: Prof. Dr. Necmettin ŞAHİN

ABSTRACT

In the recent applications, the structural strength of an electrical motorcycle chassis does not have a standardised research options; therefore, this field requires more attention and scientific approaches. according to the identified problem, more geometrical design options and static strength analysis on these models are required. this research aims to model an electric motorcycle chassis which is commercially available, and conduct several analysis studies regarding the structural strength, material selections and geometrical details in order to qualify the most proper motorcycle chassis for the future of the vehicles. a three-dimensional model has been prepared and specific researches studied using the commercial software of SolidWorks 2022. according to the evaluations, the suggestions have been made to increase the strength of the chassis. As a result of this study, options to increase the structural strength of a motorcycle chassis is introduced. This study has a great importance regarding the fact that producing a motorcycle chassis using the home country's available sources since this brings more economical approaches, more reliable engineering design and positive impacts on domestic production opportunities.

Key words: Electric motorcycle, structural analysis, motorcycle chassis strength.

June, 2024; 54 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. İki Tekerlekli Elektrikli Motosiklet Şasi Tasarımı.....	1
Şekil 2.1. Tarihin İlk Elektrikli Aracı: Electrobat.....	2
Şekil 2.2. Dünyadaki Elektrikli Araçların Satış Sayısı ve Küresel Pazar Payı.....	3
Şekil 3.1. Elektrikli Araçların İç Aksamı.....	4
Şekil 4.1. Elektrikli Araçların Avantajları.....	6
Şekil 4.2. Elektrikli Araçların Dezavantajları.....	7
Şekil 5.1. Batarya Normal Şarj İstasyonu	9
Şekil 5.2. Batarya Değiştirme İstasyonu	10
Şekil 5.2. Ev Tipi Şarj İstasyonu	11
Şekil 5.3. Ev Tipi Şarj İstasyonu	11
Şekil 5.4. Batarya Kablosuz Şarj İstasyonu	12
Şekil 6.1. Elektrikli Araçlarda Ağırlık ve Menzil.....	12
Şekil 7.1. Kurşun-Asit Batarya Gaz Reaksiyonu.....	17
Şekil 7.2. Nikel-Kadmiyum Pil İç Yapısı.....	18
Şekil 7.3. Lityum Pil İç Yapısı	20
Şekil 8.1. İlkel Motosiklet Modeli (Velocipede)	21
Şekil 8.2. Elmas Çerçeveye Uygulanan Beşik Modifikasyonu	22
Şekil 8.3. Benzinli İçten Yanmalı Motorla Çalışan İlk Motosiklet	22
Şekil 8.4. Hildebrand Wolfmülleri Motosiklet Modeli	23
Şekil 8.5. İlk Elektrikli Motosikletin Patentli Çizimi.....	24
Şekil 8.6. Çift Beşik Çerçeve ve erken Üçgen Çerçeve.....	24
Şekil 8.7. Teleskopik Çatal Takılan İlk Motosiklet	25
Şekil 8.8. Magnezyum Şasi İle Üretilen Yarış Motosikleti.....	26
Şekil 8.9. Magnezyum Şasi İle Üretilen Yarış Motosikleti	27
Şekil 8.10. Scooter Motosiklet Şasi Tasarımı.....	28
Şekil 8.11. Tek Kızaklı Motosiklet Şasi Tasarımı.....	28
Şekil 8.12. Çift Kızaklı Motosiklet Şasi Tasarımı	29
Şekil 8.13. İkiz Kiriş Motosiklet Motosiklet Şasi Tasarımı	30
Şekil 8.14. Kafes Çerçevesi Motosiklet Motosiklet Şasi Tasarımı	30
Şekil 8.15. Monokok Motosiklet Şasi Tasarımı.....	31
Şekil 9.1. Şasi Ana Boyutlarının Örneği.....	33
Şekil 9.2. Ergonomi Üçgeni.....	34
Şekil 9.3. Anlık Dönüş Ekseninin Şeması	35
Şekil 9.4. Kontrolör 3D CAD	36
Şekil 9.5. Batarya Paketi 3D CAD.....	36
Şekil 9.6. Süper Kapasitör 3D CAD	37
Şekil 10.1. Tasarımı Tamamlanan Şasi Modellemesi.....	40
Şekil 10.2. Teker Açısı ve İz Mesafesi Teknik Resmi.....	41
Şekil 10.3. Ergonomi Üçgeni Teknik Resmi.....	41
Şekil 11.1. Mesh Modeli.....	43
Şekil 11.2. Tasarımı Tamamlanan Şasi Modellemesi.....	44
Şekil 11.3. Fikstürler.....	46
Şekil 11.4. Yükler.....	46
Şekil 11.5. Etkileşim Bilgisi.....	46
Şekil 12.1. Sonuç Kuvvetleri	48
Şekil 12.2. Etüt Sonucu.....	49
Şekil 12.3. İmalatı Gerçekleştirilen Şasi.....	50

ÇİZELGELER DİZİNİ

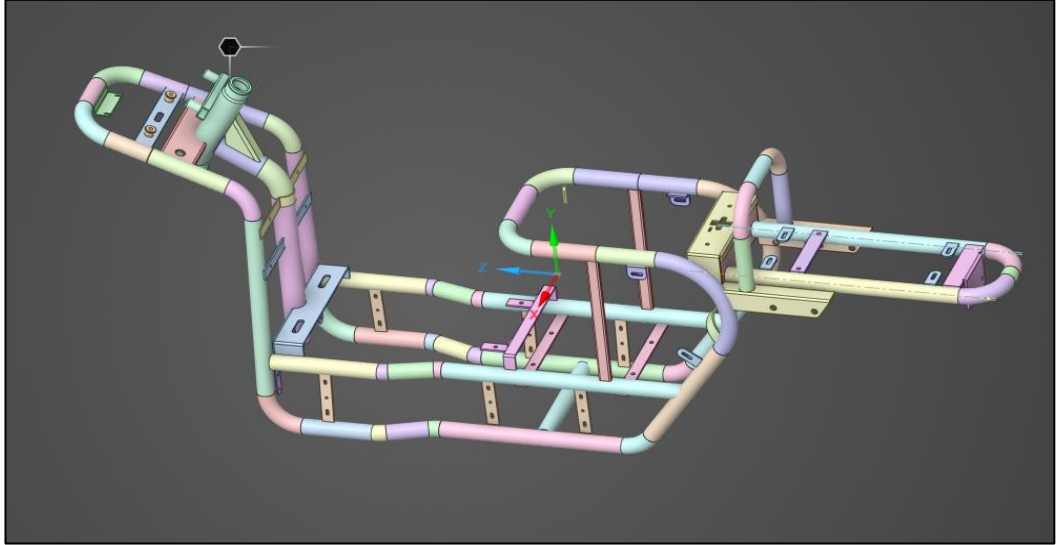
Çizelge 5.1. Batarya Şarj Soket Tipleri.	8
Çizelge 5.2. Güç Seviyelerine Göre Şarj Tipleri	9
Çizelge 6.2. Otomotiv Endüstrisinin Malzemelerden Beklentileri.....	14
Çizelge 10.1. ST-37 Malzeme Özellikleri.	39
Çizelge 10.2. ST-37 Malzeme Kimyasal Özellikleri.....	39
Çizelge 10.3. ST-37 Malzeme Mekanik Özellikleri.	40
Çizelge 11.1. Birimler.....	45
Çizelge 11.2. Malzeme Özellikleri..	45
Çizelge 11.3. Etüt Özellikleri.....	45
Çizelge 11.4. Mesh Bilgisi.....	47
Çizelge 11.5. Mesh Bilgisi-Detaylar.....	47



1. GİRİŞ

Şasi araçlardaki iskeleti oluşturmaktadır. Bununla beraber yük taşımak şasinin görevidir ve belli elemanlar şasi üzerine montajlanmaktadır. Bu sebeplerden dolayı araçlarda şasi büyük yüklere maruz kalacaktır. Bu durumlar göz önünde bulundurulduğunda şasi tasarımı yeterli rijitliğe sahip olmalıdır. Ayrıca tasarım gerçekleştirilirken en az malzeme ile taşıt ağırlığının azaltılması önem kazanmıştır. Özellikle elektrikli taşıtlar gibi yeni konseptte sahip araçların hafif şasi ile üretilmesi, bu sayede yakıt tüketimini azaltmak ve minimum maliyet ile yüksek dayanım sağlamak açısından önemlidir. Burada bahsi geçen birçok faktörün dengelenmesi tasarlanacak şasinin çok kriterli olarak analizi ile mümkündür.

Şasi üzerindeki yapılan analizlerde kritik bölgelerde meydana gelen deformasyonların belirlenerek bu bölgeleri iyileştirilmesi sayesinde meydana gelecek yapısal sorunların önüne geçilmesi bu çalışmanın esasını teşkil etmektedir. Bu amaçla şasi katı modeli oluşturulmuş, Solid Works 2022 programı kullanılarak elektrikli motosiklet şasisinin yapısal analizleri gerçekleştirilmiştir. Şasi kalınlığının optimum değerinin belirlenmesi için ise şasi ana taşıyıcısı üzerinde et kalınlıkları parametrik olarak modellenmiştir. Tasarlanan şasinin görünümü Şekil 1.1’de gösterildiği gibidir.

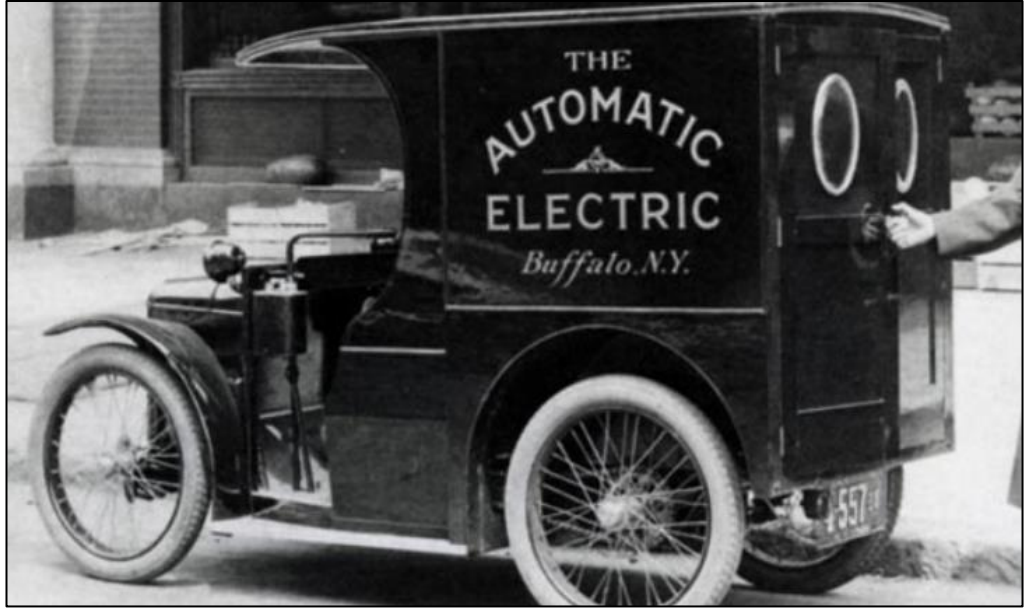


Şekil 1.1. İki Tekerlekli Elektrikli Motosiklet Şasi Tasarımı (Ansys, 2023)

2. ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN TARİHİ GELİŞİMİ

Elektrikli araçların tarihçesi 19. yüzyılın başlarında küçük ve basit mekanizmalardan başlayarak bugünün yüksek performanslı araçlarına kadar uzanır. Elektrikli araçların evrimi; teknoloji, toplum ve çevre arasındaki dinamik etkileşimin mükemmel bir örneğidir.

1835 yılı, elektrikli araç tarihinde bir dönüm noktasıdır. Amerika'nın Vermont eyaletinde Thomas Davenport isimli bir mucit, elektrik enerjisiyle çalışan ilk motoru icat etmiştir. Elektrikli araç ise İskoçya'nın Aberdeen şehrinde, Robert A. tarafından 1839 yılında keşfedilmiştir. Robert A. tarafından keşfedilen bu araç şarj edilme özelliğine sahip değildi. İlk elektrikli araçlar New York caddelerinde taksi olarak kullanılmaya başlandı. 1900 yıllarda elektrikli araçlar en iyi dönemini yaşamaya başlamıştır. Amerika Birleşik devletinde o yıllarda üretilen araçların %28'i elektrikli araçlardan oluşmaktadır. İlk elektrikli araç Şekil 2.1.'de gösterildiği gibidir (URL-2).

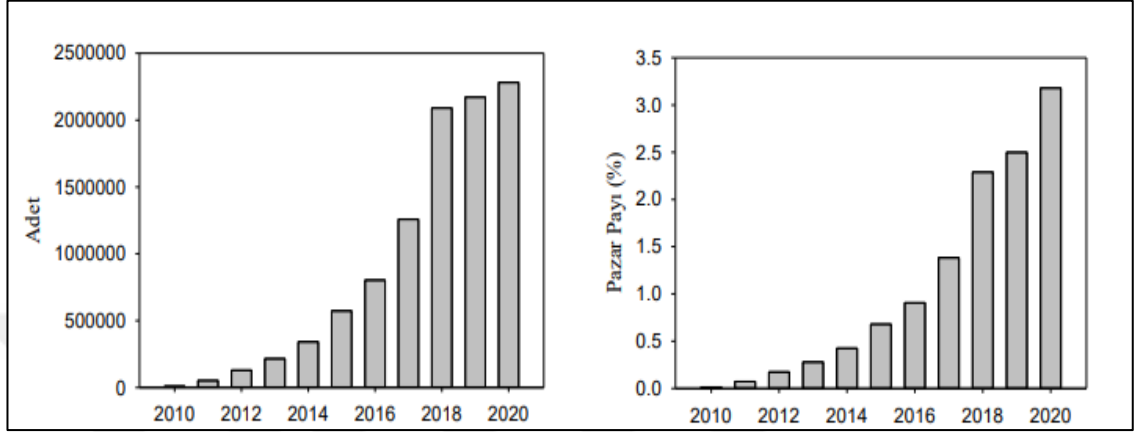


Şekil 2.1. Tarihin İlk Elektrikli Aracı: Electrobat (ev.heffilo)

Bu dönemde benzinli araçların tercih edilmemesindeki en büyük etkenler; gürültü, titreme ve ses problemleridir. Ancak buna rağmen 1912 yılında, satış rakamları en yüksek olan elektrikli araçların yerini seri üretimde daha hızlı bir şekilde üretim yapılan ve hız açısından daha iyi olup uzun yollar kat edebilen benzinli motorlu araçlar almıştır. 19. yüzyıldaki icadının ardından 20. yüzyılın başlarına kadar epey revaçta olan elektrikli araçlar, içten yanmalı motor teknolojisindeki hızlı ilerleyiş karşısında

geriye düşmüştür. Petrol kullanan araçların hem hızlı hem de az maliyetli olarak üretilmeye başlaması ise elektrikli araç üretimini sekteye uğratan asıl nedeni olmuştur.

Dünya'daki elektrikli araçların satış sayısı ve küresel payı Şekil 2.2'de gösterildiği gibidir.

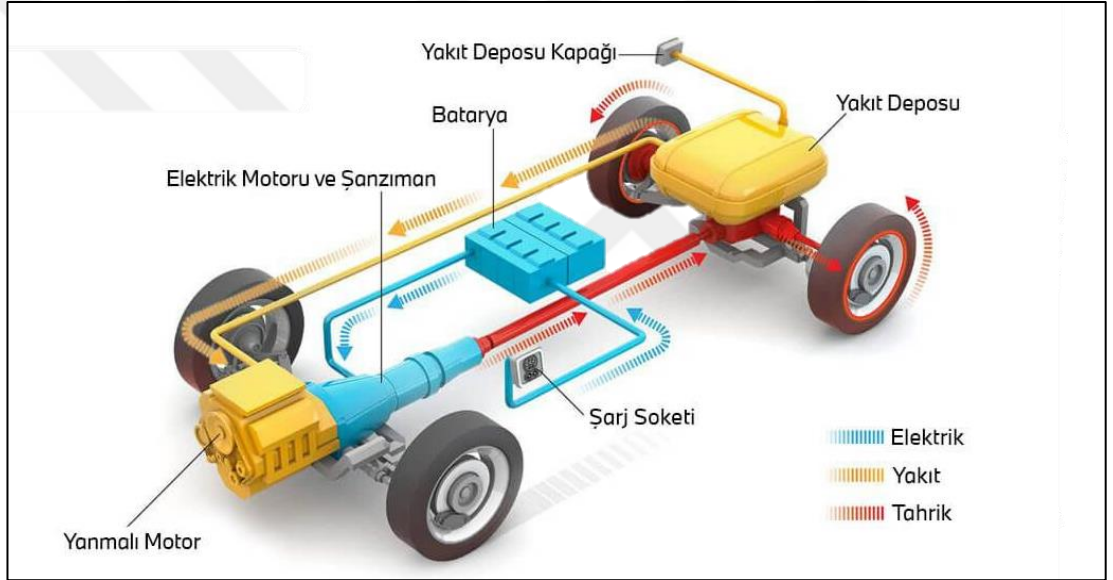


Şekil 2.2. Dünya'daki Elektrikli Araçların Satış Sayısı ve Küresel Pazar Payı

1990'larda çevre politikalarının ve teknolojinin gelişimiyle birlikte elektrikli araçlar, tekrar önem kazanmıştır. 2000'li yıllara yaklaşırken yaşanan enerji kaynaklarındaki olağanüstü fiyat artışları, elektrikli araçlara olan ilgiyi yeniden artırmaya başladı. Bugün ise elektrikli araçlar, küresel çapta büyük bir pazar haline gelerek kişilere ve ülkelere, özellikle de çevresel ve finansal boyutta avantajlı bir seçenek sunar hale geldi. Bugüne kadar gelen yolculukta dünyanın ilk elektrikli aracı Electrobat, kuşkusuz ki bir dönüm noktasıydı. 200'li yıllara yaklaşırken üretilen elektrikli araçlar ise uzun menzil ve yüksek performans sunarak elektrikli araçların sadece çevreci bir alternatif olmadığını, aynı zamanda her açıdan rekabetçi olduğunu kanıtlamıştır (URL-3).

3. ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN ÇALIŞMA PRENSİBİ

Elektrikli arabalar yakıt verimliliği, yüksek performans ve çevreye duyarlılık bakımından yeni deneyimler sunan bir teknolojidir. Bu kapsamda yeni ve güçlü bir motor teknolojisiyle çalışmaktadır. Elektrikli arabaların motorunda mekanik bir parça bulunmamaktadır. Elektromanyetik bir alan oluşturularak hareket enerjisini elde etmek için bir çaba varken klasik motor sistemi bulunmamaktadır. Elektrikli otomobillerin elektrikli motorları, şarj edilebilir bataryadan güç almaktadır. Elektrikli arabaların motor sisteminde rotor ve stator adı verilen iki ana bileşen ve ona ek olarak birçok yardımcı bileşenler bulunmaktadır. Elektrikli araçların iç aksamı Şekil 3.1’de gösterildiği gibidir.



Şekil 3.1. Elektrikli Araçların İç Aksamı (bmw.com)

Elektrikli araçlar denilince akla ilk olarak elektrik motoru ile her türlü tekerli araçları hareket ettiren sistemlere gelmektedir. Elektrikli araçların bataryadan aldığı elektriği elektrik motorları yardımı ile mekanik enerjiye çevirirler. Bu enerjiyi araç üzerindeki tahrik organları sayesinde tekerlere ileterek aracın hareket etmesini sağlarlar. Elektrikli araçların ana parçaları; araç enerji depolama için batarya, tahrik sistemi hareket ettirmek için elektrik motoru, mekanik iletim ve güç kontrol sistemleridir (URL-3).

4. ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

Elektrikli araçlar, benzinli ve içten yanmalı araçlara göre motorları daha basit bir yapıya sahip araçlardır. 2000’li yıllara yaklaşırken yaşanan enerji kaynaklarındaki fiyat artışları ile beraber elektrikli araçlara olan ilgi yeniden artırmaya başlamıştır. 2000’li yıllarda üretilen elektrikli araçlar ise modern çağdaki yükselişinin temsilcileri haline gelmiştir. Bununla birlikte elektrikli araçların batarya teknolojisinin gelişmesi sonucunda elektrikli araçlara verilen önem daha da artmıştır. Elektrikli araç motorlarında parça sayısı benzinli ve mazotlu araçlara göre daha az sayıdadır.

4.1 Elektrikli Araçların Avantajları

Elektrikli araçların en büyük avantajı çevreye duyarlı ve sıfır emisyon özelliğinin olmasıdır. Benzin ya da mazotla çalışan motorların yerine elektro mıknatıslar ile çalışan elektrikli motorların kullanıldığı elektrikli araçlar egzoz gazı salınımı yapmayarak çevre dostu bir çözüm sunmaktadır.

Elektrik motorları ile çalışan elektrikli araçlar konfor ve performans gibi konularda da rakipsiz özelliktedir. Elektrikli motorların sahip olduğu anlık tork üretebilme yeteneği ile elektrikli araçlar hızlı bir ivmelenmeye sahiptir. Bu özellikleri sayesinde seri şekilde hızlanıp yavaşlayabilirler. Elektrikli araçlar yüksek performanslarının yanı sıra geleneksel araçlara göre sessiz çalışarak yüksek konfor performansı da sağlamaktadır.

Elektrikli araçların konforunu ve sürüş deneyimini arttıran bir diğer özellik ise ağırlık merkezlerinin düşük olmasıdır. Düşük ağırlık merkezine sahip olmasının nedeni bataryanın konumundan kaynaklıdır. Elektrikli araçlarda batarya aracın altına konumlandırılmıştır. Bu özellik sayesinde elektrikli araçlar sürücüler için daha dengeli ve kolay yönetilebilirlik sunmaktadır. Elektrikli araçların avantajları Şekil 4.1’de gösterildiği gibidir (URL-2).



Şekil 4.1. Elektrikli Araçların Avantajları (teknolojioku.com)

Genel anlamda elektrikli araçların avantajlarını şu şekilde sıralamak mümkündür:

- Çevreye duyarlı
- Daha konforlu sürüş deneyimi
- Sessiz çalışma
- Yüksek performans
- Düşük yakıt maliyeti
- Düşük bakım masrafları
- Uzun ömürlü motor

4.2 Elektrikli Araçların Dezavantajları

Elektrikli araçların en büyük dezavantajı, şarjı tam kapasite dolu olduğunda uzun yollar gidebilmesine rağmen söz konusu şarj dolum istasyonu bulmak olduğunda yarı yolda kalma riski taşımaktadır. Bu riski ortadan kaldırmak için seyahate çıkılacağı zaman rotanın iyi ayarlanması gerekmektedir. Şarj dolum istasyonlarının konumu göz önüne alınarak rota belirlenmelidir. Ülkemizde günümüz şartlarındaki şarj dolum noktalarına göre rota belirlemek istersek maalesef elektrikli araçlar ile gidilebilecek yerler kısıtlı olabilir.

Elektrikli araçlarda öne çıkan bir diğer dezavantaj ise şarj dolum sürelerinin uzun olmasıdır. Elektrikli araçların şarjlarını ev elektriği kullanarak doldurmak bile

mümkündür. Ancak bunun için 24 saati aşan süreler gerekecektir. Ancak elektrikli araçların şarj istasyonlarında daha kısa sürede şarj dolumu sağlanmaktadır. Hızlı şarj istasyonlarında bu süre 30-40 dakikaya kadar düşmektedir. Ancak geleneksel araçlarla kıyaslandığı zaman bu dolum süresi elektrikli araçlar açısından dezavantaj oluşturmaktadır. Elektrikli araçların dezavantajları Şekil 4.2’de gösterildiği gibidir (URL-5).



Şekil 4.2. Elektrikli Araçların Dezavantajları (arabam.com)

Genel anlamda elektrikli araçların dezavantajlarını şu şekilde sıralamak mümkündür:

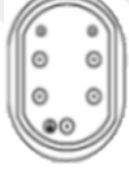
- Kısıtlı menzil
- Uzun şarj dolum süresi
- Şarj istasyonu yetersizliği
- Sınırlı batarya ömrü
- Yüksek Fiyat

Dünyaca tanınmış birçok markanın gelecek yatırımlarını yönlendirdiği ve rekabetin yaşandığı sektörün gelişimi ile beraber elektrikli arabaların çok uzak olmayan bir zamanda tüm bu dezavantajlardan kurtulması beklenmektedir.

5. ELEKTRİKLİ ARAÇLAR İÇİN BATARYA ŞARJ YÖNTEMLERİ

Elektrikli araçların kullanımında kritik noktalardan bir tanesinde araçların şarj edilme durumudur. Elektrikli araçlar için kullanım menzili tükenmeden aracın şarj istasyonuna ulaşması gerekmektedir [1]. Şarj istasyonuna ulaşmak kadar şarj istasyonunda kaybedilecek sürede önemlidir. Elektrikli araçların geleneksel araçlara göre geri planda kaldığı noktalardan biriside şarj olma süresidir. Şarj tipine göre bu sürede değişiklik göstermektedir. Şarj edilme durumunda batarya şarj soket tiplerinin de önemi vardır [2]. Batarya şarj soket tipleri Çizelge 5.1.'de gösterildiği gibidir (URL-5).

Çizelge 5.1. Batarya Şarj Soket Tipleri (arabam.com)

	Tip1	Tip2	Tip3	Tip4
Faz	Tek Faz	Tek/Üç Faz	Üç Faz	DC
Akım	32 A	70 A/63 A	32 A	400 A
Voltaj	250 V	500 V	500 V	1000 V
Pin Sayısı	5	5	5.Tem	10
Soket				

Batarya şarj yöntemlerini aşağıdaki şekilde sınıflandırmak mümkündür;

- Normal şarj
- Hızlı şarj
- Batarya değiştirme
- Ev tipi şarj
- Kablosuz şarj

Batarya şarj yöntemlerini kısaca incelemek elektrikli bir aracı tasarlamadan önce önemli bir adımdır. Bu durumu göz önüne alarak kısaca batarya şarj yöntemlerinin özelliklerinden bahsedilmesi gerekmektedir [3]. Güç seviyelerine göre şarj tipleri Çizelge 5.2.'de gösterildiği gibidir (URL-5).

Çizelge 5.2. Güç Seviyelerine Göre Şarj Tipleri (arabam.com)

Güç Seviye Tipi	Şarj Yeri	Tipik Kullanım	Enerji Kaynağı Ara Yüzü	Çıkıştaki Yük	Şarj Süresi
Seviye 1 (Yavaş)	Ev Tipi Tek Faz	Ev veya Ofis Şarjı	Kolaylaştırılmış Çıkış	1.4 kW	4-11 s
Seviye 2 (Normal)	Normal Tek-Üç Faz	Özel veya Kamu Alanları Şarjı	Şarj İstasyonu	4 kW	2-6 s
Seviye 3 (Hızlı)	Hızlı Üç Faz	Ticari Dolum Merkezi	Şarj İstasyonu	50 kW	1 s

5.1 Normal Şarj

Batarya şarj yöntemleri arasında yer alan normal şarj yöntemi elektrikli bir aracın kamuya açık bir alanda şarj edilmesini sağlar. Normal şarj yöntemi ile şarj edilen elektrikli aracın bataryasını doldurmak yaklaşık 6-8 saat sürmektedir [4].

Batarya normal şarj istasyonu Şekil 5.1’de gösterildiği gibidir (URL-3).



Şekil 5.1. Batarya Normal Şarj İstasyonu (hedef filo.com)

5.2 Hızlı Şarj

Hızlı şarj istasyonları elektrikli aracın bataryasını dakikalar içinde doldurabilmesine olanak sağlamaktadır. Güvenlik açısından hızlı şarj istasyonları ön plana çıkar. Elektrikli araçlarda bataryayı hızlı şarj metodu ile şarj ederken istasyona pin ile kendini tanıtmak gereklidir. Böylece araç için güvenli durum oluşturulmuştur [5].

5.3 Batarya Değişirme

Elektrikli araçların tam dolu batarya ile gidebilecekleri menzil yaklaşık 100-150 km'dir. Batarya değişirme yöntemi ile elektrikli aracın bataryasının şarj dolumunu beklemek yerine yaklaşık üç dakikada bataryasını değiştirmek mümkündür [6]. Batarya değişirme istasyonu Şekil 5.2'de gösterildiği gibidir (URL-3).



Şekil 5.2. Batarya Değişirme İstasyonu (hedefilo.com)

5.4 Ev Tipi Şarj

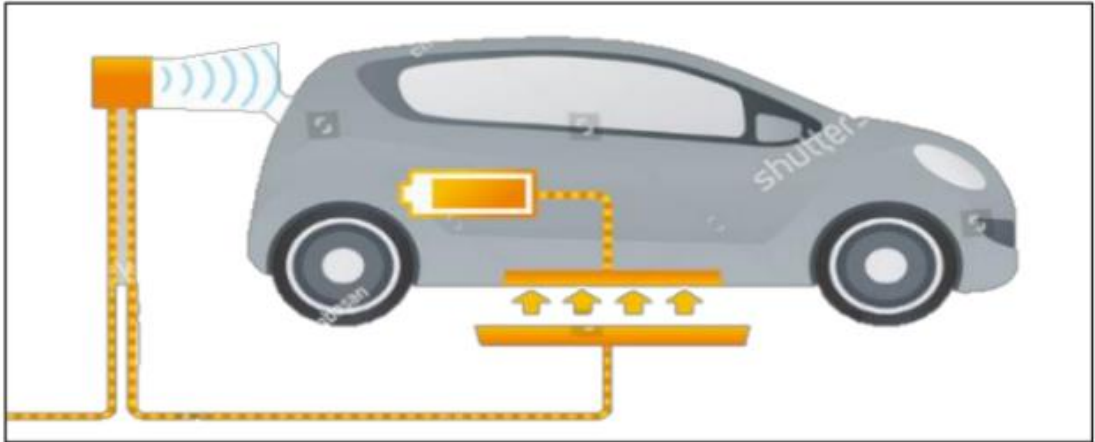
Elektrikli araçları ev tipi şarj yöntemi ile şarj etmek isteyen kullanıcı güvenliği ihmal etmemeli ve aracı şarj ederken yeterli kapasitede akıma sahip ve kaçak akım koruması olan prizde aracını şarj etmelidir [7]. Elektrikli aracın şarja takılacağı prizin topraklanmış olması da önemlidir. Ev tipi şarjlarda aracın şarj olması gece boyunca sürecektir. Uzun süreye ihtiyaç duyulsa da ev tipi şarj aracın ev koşullarında şarj edilebilmesi için önerilmektedir [8]. Ev tipi şarj istasyonu Şekil 5.3'de görüldüğü gibidir (URL-3).



Şekil 5.3. Ev Tipi Şarj İstasyonu (hedeffilo.com)

5.5 Kablosuz Şarj

Elektrikli araç kullanıcıları tarafından tercih edilmesinin en önemli etkeni diğer şarj yöntemleri gibi kablolu bağlantılar içermemesidir [9]. Kablosuz şarj yönteminde araç şarj noktasına bırakılır ve şarj işlemi otomatik şekilde gerçekleşir. Diğer yöntemler gibi deforme olan kablolar, fişler ve prizler ortadan kaldırılmış olacaktır [10]. Batarya kablosuz şarj istasyonu Şekil 5.4’de görüldüğü gibidir (URL-3).



Şekil 5.4. Batarya Kablosuz Şarj İstasyonu (hedeffilo.com)

6. ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN TASARIMINDA MALZEME SEÇİMİNİN ÖNEMİ VE YAPIMINDA KULLANILAN MALZEMELER

6.1 Elektrikli Araçların Tasarımında Malzeme Seçiminin Önemi

Elektrikli araçlar menzilinın kısa olması ve batarya dolum süresinin uzunluğu gibi dezavantajlar elektrikli araçların yaygınlaşmasının önünde büyük bir engeldir. Elektrikli araçların menzilinı arttırmak için düşük yoğunluğa sahip malzemeler kullanılarak araç ağırlığı azaltılmalı ve araç hafifletilmelidir. Bu sayede araç aynı batarya kapasitesi ile daha uzun yol gidilebilecek hale gelmektedir. Araç imalatında kullanılan malzemenin seçiminde bulunabilirlik, dayanım ve maliyette dikkate alınmalıdır. Elektrikli araçlarda ağırlık ve menzil Şekil 6.1’de görüldüğü gibidir (URL-15).



Şekil 6.1. Elektrikli Araçlarda Ağırlık ve Menzil (elektriğinyolu.com)

Elektrikli araçlar hareket enerjilerini elektrikten sağlamaktadır. Bu yönden tasarruf sağlarken üretim fiyatları ve pazar fiyatları yüksektir. Tasarımın hafifletilmesi ve tasarımda kullanılacak malzemedен maliyet anlamında tasarruf edilmesi hem araç satış fiyatını düşürecek hem de bataryanın tam dolumu ile tek seferde gidilecek yol mesafesini arttıracaktır. Bu açıdan bakılarak yapılan analiz çalışmaları menzil artırma ve maliyeti düşürmeye katkı sağlaması için aracı hafifletme yönünde yapılmalıdır.

Elektrikli araçlar yakıt ekonomisi ile maliyetini amorti edebilse de uzun şarj süresi nedeniyle tek seferlik tam kapasite batarya dolum işlemi sonrası alacağı yol önemlidir. Kısa menzil ve uzun şarj süreleri tercih edilmesinin önünde engel oluşturmaktadır. Bu noktalarda iyileşme sağlamak için tasarım aşamasında diğer elektrikli araçların özelliklerini de göz önünde bulundurmak gereklidir.

Elektrikli araçların menzilinı arttırmak için batarya kapasitesini arttırmak maliyeti yükseltecektir. Bu sebeple kullanılan bataryayı optimumda seçerek aracın hafifletilmesi ile menzil arttırılmalıdır. Aracın ağırlığının %10 azalmasıyla %3-%7 oranında yakıt tasarrufu sağlandığı görülmüştür. montajına büyük bir katkı sağlayacaktır. Bu, sadece çevresel sürdürülebilirliği artırmakla kalmayacak, aynı zamanda kullanıcı deneyimini daha etkileyici hale getirecektir (URL-2).

Genel anlamda elektrikli araçların hafifliğinin önemini şu şekilde sıralamak mümkündür:

- Azaltılmış Toplam Sahip Olma Maliyeti; hafif elektrikli araçların avantajı göz önüne alındığında, azaltılmış toplam sahip olma maliyeti, bireysel olanlar da dahi olmak üzere çok çeşitli otomobil kullanıcıları için önemli bir etkidir. Filo sahipleri için de azaltılmış toplam sahip olma maliyetinde önemli bir azalma, teslimat başına maliyetin kısaltılmasına yol açar ve sonuçta elektrikli kargo araçlarının ana değer teklifi olarak kabul edilebilir.
- Artırılmış Menzil; daha hafif bir otomobil gövdesi, daha düşük kütlesi nedeniyle daha ağır bir birime göre daha kısa sürede hızlanabilir. Bu nedenle otomotiv sektörü, araç verimliliğini artırmak ve otomobilin menzilinı arttırmak amacıyla dökme demir ve geleneksel çelik bileşenler yerine magnezyum alaşımları, alüminyum alaşımları, yüksek mukavemetli çelik, karbon fiber gibi hafif malzemeleri kullanmayı tercih etmektedir. Ek olarak, şarj pillerinin potansiyel ağırlığı göz önüne alındığında, aracın geri kalanının daha uzun bir kullanım ömrü ve menzil sunması için hafif malzemelerden yapılması gerekmektedir.

Ayrıca, daha az emisyon üretme potansiyeli olan hafif malzemelere olan talebin artması, hafif malzeme üreticilerini daha hafif malzemeler geliştirmeye zorlamıştır. Daha hafif araç yapılarının ve daha küçük boyutlu akülerin

kullanılması işletme maliyetlerini en aza indirmektedir. Bu faktör, son kullanıcılar için tüketici odaklı ve aynı zamanda karbon azalması teşvik eden sürdürülebilir araçlara doğru ilerlemesine olanak sağlamaktadır.

Elektrikli araçlarda motor ve vites kutusu bulunmasa da, akü paketinin mevcut ağırlığı motor ve vites kutusunun ağırlığını aşmaktadır. Elektrikli bir aracın menzili, aracın ağırlığından doğrudan etkilenmektedir (URL-4). Otomotiv endüstrisinin malzemenin beklentileri Çizelge 6.2.'de gösterildiği gibidir (URL-3).

Çizelge 6.2. Otomotiv Endüstrisinin Malzemenin Beklentileri (hedefillo.com)

İhtiyaç	Eylem	Malzemenin Önemi
Kaynakların ve Çevrenin Korunması	Araç ağırlığının azaltılması	Hafif metallerin kullanımı
	Kirletici gazların azaltılması	düşük emisyonlu işlem
	Geri dönüşüm	Geri dönüştürülebilir malzeme
Düşük Fiyat	Maliyetin düşürülmesi	Düşük maliyetli malzeme kullanımı

Geleneksel bir araçta, ortalama ağırlık dağılımı tipik olarak şu şekilde olacaktır: 1 gövde yapısı (%25), güç aktarma organları (%25), şasi ve süspansiyon (%21), iç kısımlar (%14), kapaklar (%8) ve cam, elektrik ve sıvılar (%7). Gövde ve kapakları birleştiren metal levha, aracın ağırlığının kabaca üçte birini oluşturmaktadır (URL-5).

Elektrikli bir araçta bu değerlerin ağırlık dağılımı ise şu şekilde olacaktır: Batarya (29%); motor, tahrik sistemi, frenler ve süspansiyon (23%); şasi (17%); iç mekan (14%); kapılar (4%); elektrik sistemi (4%); ve diğer bileşenler (9%) (URL-5).

Bu değerlerin doğrultusunda ağırlık kaynağının ana etmeninin batarya bölümünden gelse de şasi tasarımının da önemli rolü olduğu görülmektedir. Elektrikli motosiklet şasi tasarımının yapılmasında bu faktör göz önüne alınarak nümerik incelemesi tamamlanmıştır. Ancak bu durumdan önce elektrikli araçlar için kritik olan batarya faktörünü de incelemek gereklidir.

7. ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA BATARYA SİSTEMLERİ VE BATARYA TÜRLERİ

7.1 Elektrikli Araçlarda Batarya Sistemleri

Elektrikli araç bataryaları genellikle lityum iyon pillerinden oluşur. Bu piller, aracın güç kaynağını sağlar ve elektrikli motorun enerji gereksinimini karşılar. Elektrikli araç bataryalarının genel yapısını oluşturan elemanlar incelenecektir (URL-6).

7.1.1 Hücreler

Elektrikli araç bataryaları, birçok hücreden oluşur. Her hücre, katot, anot, elektrolit ve ayırıcıları içerir. Bu hücreler genellikle seri ve paralel bağlantılarla bir araya getirilerek bir batarya paketi oluşturulur (URL-6).

7.1.2 Katot ve anot

Lityum iyon pillerinde genellikle katot olarak lityum nikel mangan kobalt oksit (NMC) veya lityum demir fosfat (LiFePO₄) kullanılır. Anot olarak ise genellikle grafit kullanılır (URL-6).

7.1.3 Elektrolit

Elektrolit, katot ve anot arasında lityum iyonlarının hareketine izin verir. Genellikle organik çözücüler ve lityum tuzlarından oluşur (URL-6).

7.1.4 Ayırıcı

Ayırıcı, katot ve anot arasında elektriksel olarak yalıtılmıştır, ancak lityum iyonlarının geçişine izin verir (URL-6).

7.1.5 Soğutma sistemi

Elektrikli araç bataryaları genellikle bir soğutma sistemi ile donatılmıştır. Bu sistem, bataryaların optimum sıcaklıkta çalışmasını sağlar ve aşırı ısınmayı önler (URL-6).

7.1.6 Yönetim sistemi

Bataryalar genellikle bir batarya yönetim sistemi (BMS) ile kontrol edilir. BMS, bataryaların şarj edilmesini, deşarj edilmesini ve sıcaklığını izler ve denetler [11].

Elektrikli araç bataryaları, yüksek enerji yoğunluğu, uzun ömür, hızlı şarj/deşarj yetenekleri ve düşük bakım gereksinimleri gibi avantajları nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır (URL-6).

7.2 Elektrikli Araçların Batarya Türleri

Elektrikli araçlardaki motorların dönmesi için kullanılan elektrik enerjisi bataryalarda depolanır. Elektrikli araçlarda çok büyük önem taşımaktadırlar [12]. Bataryalar çok çeşitli yapılarda bulunmaktadır. Çeşitleri; kurşun-asit batarya, nikel bazlı batarya ve lityum bataryadır (URL-6).

7.2.1 Kurşun asit batarya

Elektrikli araçlarda en çok tercih edilen bataryalar kurşun asit bataryalardır. Özellikle hibridli araçlarda daha çok tercih edilir, elektrikli araçlarda derin çevrimlere daha dayanıklı olanları sıvı elektrolit olanların yerine jel elektrolit kurşun asit bataryalar kullanılır. 1895 yılında Fransız fizikçi Gaston Plante tarafından icat edilmiştir. Ticari anlamda kullanıma sunulan ilk bataryalardır. Çok eski bir teknoloji olmasına rağmen halâ kullanılan bir batarya çeşididir. Bunun sebebi kurşun-asit güvenilir bir yapıdır. Şu anda elektrikli araçlarda batarya olarak tercih edilen jel bataryalardır, maliyet olarak çok yüksektirler. Kurşun asit pillerde bulunan negatif plakalar, aktif materyal olarak kurşun; pozitif plakalar ise aktif materyal olarak kurşun dioksitten oluşur. Bataryadaki Plakalar, sülfürik asiti seyreltilmiş halde olup plakalar içine daldırılmıştır. Sülfürik asit ve kurşun tepkimesi sonucunda su oluşmaktadır. Bu reaksiyonların oluşmasıyla elektrik enerjisi açığa çıkmaktadır [13].

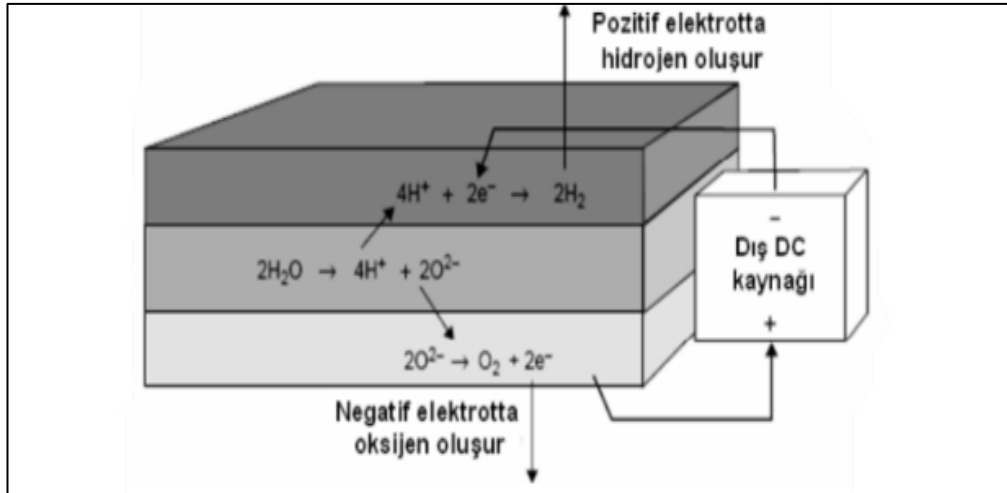
Kurşun asit bataryaların çalışma prensibi oldukça basittir. Bataryanın içindeki elektrolit, bataryanın iki elektrotu arasındaki kimyasal reaksiyonu sağlar. Bu reaksiyon sonucunda elektrik enerjisi depolanır veya serbest bırakılır [14].

Bataryanın şarj edilmesi, bataryanın içindeki elektrotların polaritesinin değiştirilmesi ile gerçekleşir. Bu işlem, bataryanın katot ve anot elektrotlarının yer değiştirmesi ile

yapılır. Bataryanın şarj edilmesi, bu elektrotların yer değiştirmesiyle birlikte depolanan enerjinin yeniden oluşmasını sağlar [15].

Bataryanın deşarj edilmesi, bataryanın içindeki elektrotların polaritesinin değiştirilmesi ile gerçekleşir. Bu işlem, bataryanın katot ve anot elektrotlarının yer değiştirmesi ile yapılır. Bataryanın deşarj edilmesi, bu elektrotların yer değiştirmesiyle birlikte depolanan enerjinin serbest bırakılmasını sağlar [16].

Bataryaların tam şarj olabilmelerini garanti etmek için aşırı şarj durumunda tolerans göstermek zorundadırlar. Aşırı şarj dezavantajlarından biri de reaksiyona giren asitler suyun hidrojen ve oksijene dönüşerek kaybolmasıdır. Eski bataryalarda tasarımsal olarak yapılan bazı hatalardan dolayı elektrolit sıvıları dışarı sızma yapmaktadır. Bazı zaman aralıklarıyla elektrolit sıvısı takviyesi yapılması gereklidir. Yeni tasarlanmış bataryalarda asitlerin oluşturduğu hidrojen ve oksijeni batarya içerisinde hapsedilmektedir [17]. Kurşun asit batarya gaz reaksiyonu Şekil 7.1.'de görüldüğü gibidir (URL-16).



Şekil 7.1. Kurşun-Asit Batarya Gaz Reaksiyonu (Birikim Pilleri)

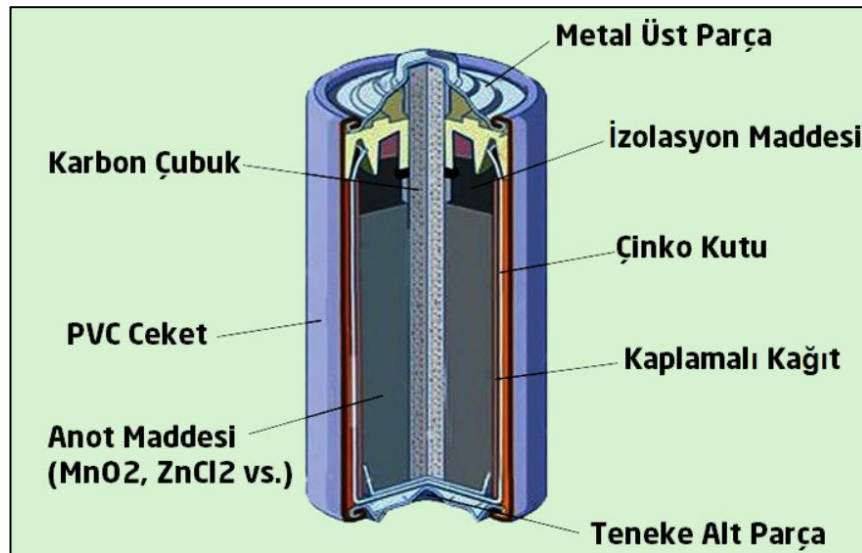
Kurşun asit bataryalar farklı alanda kullanılır. En fazla kullanım alanları arasında güneş enerjisi sistemleri, endüstriyel uygulamalar, otomobiller bulunmaktadır. Bu sistemlerde bataryalar, elektrik kesintilerinde veya güneş enerjisi üretiminin az olduğu zamanlarda elektrik enerjisi sağlar. Bataryaların ömrü, kullanılan malzemelerin kalitesine, bataryanın kullanım koşullarına ve düzenli bakımına göre değişir. Bataryaların ömrünü uzatmak için düzenli olarak bakım yapılması gereklidir (URL-6).

7.2.2 Nikel bazlı batarya

Nikel demir, nikel çinko, nikel kadmiyum, bataryalar nikel bazlı batarya türleridir. Nikel çinko batarya iyi bir performansla sahiptir. Çevrim ömrü sınırlı bir süreye sahiptir. Nikel demir bataryaların üretimleri oldukça azdır ve araçlarda çok fazla tercih edilmemektedir. Nikel Kadmiyum bataryalar, elektrikli araçlarda olmak üzere yaygın olarak kullanılır. Nikel Kadmiyum bataryalar çevrim ömrü yüksektir. Nikel Kadmiyum bataryalar çevrim ömür süreleri oldukça yüksektir. Nikel Kadmiyum bataryaların çalışma sıcaklık aralığı geniştir.

Nikel kadmiyum bataryalarda düşük deşarj, pillerin uzun süreli depolama özelliğini sahiptirler. Bu özelliğinden dolayı daha kararlı bir batarya olmasına neden olmaktadır. Elektrikli araçlarda kullanılan bataryalardaki boyutlarında bulmak zordur. Nikel kadmiyum bataryalar oldukça portatif bataryalardır.

Mekanik ve elektriksel olarak dayanıklıdır. Bir saat içinde tam dolum gerçekleştirirler. Kurşun asit batarya ya göre daha fazla pil kullanımı olumsuz bir özellik olarak gösterilir. Nikel kadmiyum batarya daha pahalı ve çevreye daha fazla zarar vermektedir. Nikel kadmiyum pil yapısı Şekil 7.2.'de görüldüğü gibidir (URL-17).

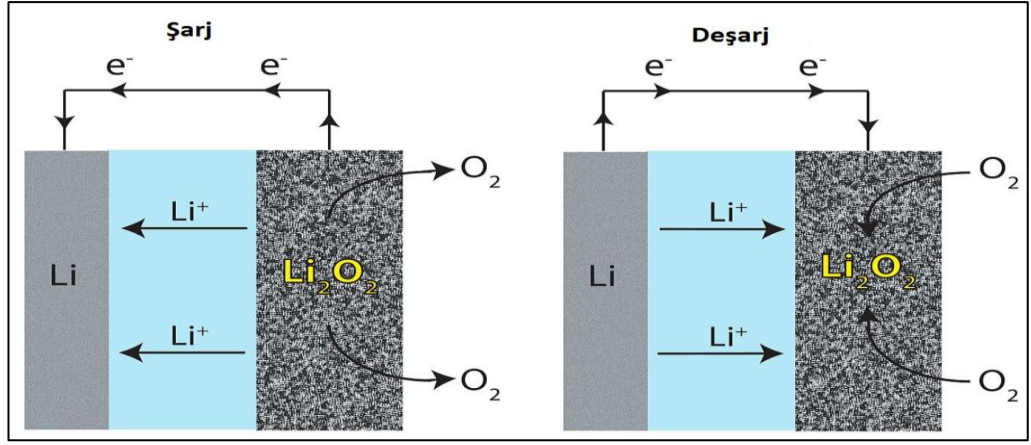


Şekil 7.2. Nikel-Kadmiyum Pil İç Yapısı (batkon.com)

Nikel kadmiyum bataryalar kurşun asit bataryalara göre üç kat daha pahalıdır ve bunun nedeni ise çevrim ömrü uzun olmasını sebep olarak göstermektedirler. Nikel kadmiyum doğru bir şekilde şarj edilmesi gereklidir. Kurşun asit bataryalara göre self deşarj eğrisi daha azdır. Belli bir doluluk oranına kadar sabit akımda şarj edilir. İstenilen doluluk oranına gelince akım kesilir. Pilin voltajı önceden belirlenen voltaj değerine göre daha düşük bir voltaj değerine düşerek pil dolana kadar bu şekilde dolum devam eder. Nikel bazlı bataryalar aşırı şarj durumunda üstesinden gelmektedir. Nikel kadmiyum bataryaların iç direnci diğer bataryalar göre düşüktür. Nikel Kadmiyum bataryalar ekonomik spesifik güç geçtiklerinde iç dirençte ve dirençlerinde çok büyük önemde düşüşler gözlenmektedir. Bu durum elektrikli araçların güç kaybına uğramalarına sebep olmuştur (URL-6).

7.2.3 Lityum batarya

Lityum bataryalar tekrar doldurulabilen batarya türüdür. Şarj durumları incelendiğinde, tam şarj etmeden kullanılabilir. Kullanım ömürleri oldukça uzun bir batarya türüdür. Ortalama beş yıl gibi bir ömürleri bulunmaktadır. Kullanımı boyunca her yıl %20 kadar batarya ömründe azalmalar gerçekleşmektedir. Güneşten ve ısıktan oldukça fazla etkilenirler bu yüzden korunmaları gerekir. Diğer bataryalarla karşılaştırıldığında fazlasıyla yüksek enerji yoğunluğuna sahiptir. Genel olarak bilgisayarlar ve telefonlarda sık olarak kullanılır. Elektrikli araçların yaygın olarak kullanılmasındaki en büyük etken ağırlığının az olması ve çok yüksek negatif potansiyele sahip olmasıdır. Lityum metalinin hava ya da birçok sıvı elektrolitle reaksiyona girme eğilimi vardır, bu da dezavantaj olarak gösterilmektedir. Üretimi esnasında yapısal olarak anot ve karbon malzemelerin çeşitli formlarda kullanılmıştır [18]. Katot maddesi için üç adet oksitleyici geliştirilmiştir; bunlar kobalt, nikel ve manganezdır. Lityum pil iç yapısı Şekil 7.3.'de görüldüğü gibidir (URL-17).



Şekil 7.3. Lityum Pil İç Yapısı (batkon.com)

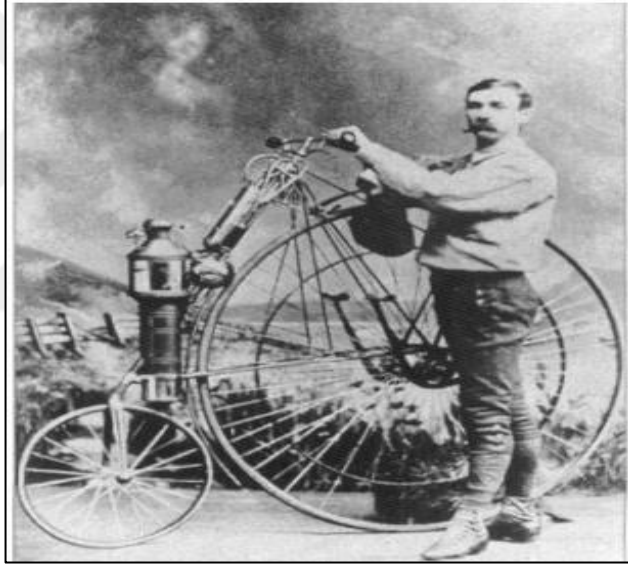
Lityum bataryalar kobalt oksit kaplamalı alüminyum folyodan üretilmektedir. Anot ise ince bir karbon kaplanmış bakır levhalardan üretilmektedir. Lityum iyon bataryaların açık devre gerilimi mevcuttur. Uzun kullanım ömürleri tercih edilme sebebidir. Batarya üretim maliyetini düşürmek için magnezyum yerine kobalt kullanılması maliyetleri düşürmek mümkün olur. Bataryanın hasar görmesini engellemek için dikkatli bir şekilde kontrol edilmesi ve kullanılması gereklidir.

Katı halde olan lityum iyon bataryaların enerji yoğunluğu yüksektir. Operasyon sıcaklığı ise oldukça yüksek aralığa sahiptir. Lityum iyon bataryalar oda sıcaklığında rahat şekilde çalışmaktadırlar (URL-6).

8. MOTOSİKLET ŞASI TÜRLERİNİN TARİHÇESİ VE ELEKTRİKLİ MOTOSİKLET ŞASI TASARIMI

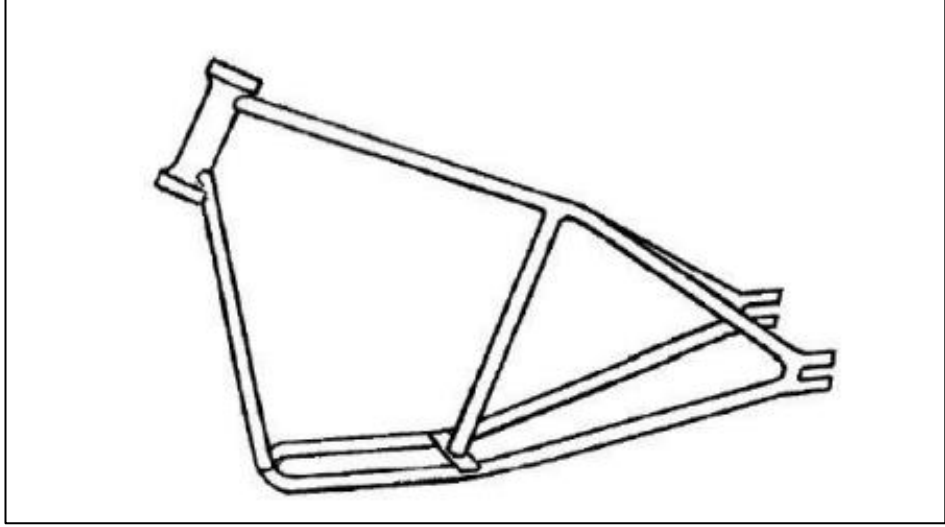
8.1 Motosiklet Şasi Türlerinin Tarihçesi

Başka iddialar ortaya atılsa da yaygın olarak kabul gören bilgi ilk motosikletin 1867 yılında Fransa’da üretildiğidir. Motosiklet üretilmesindeki ana sebep bisikletin hareketini insan gücü olmadan sağlamak ve sürücünün konforunu arttırmaktır. Deneme yapmak amacıyla velocipede model bisiklet üzerine buhar makinesi montajlanmıştır. Bu ilkel tasarıma sahip motosikletin şasisi dövme demir borulardan yapılmıştır ve henüz icat edilmedikleri için süspansiyon ve lastikleri yoktu. İlkel motosiklet modeli Şekil 8.1.’de görüldüğü gibidir (URL-18).



Şekil 8.1. İlkel Motosiklet Modeli (bilimgenc.com)

İlk olarak velocipede model bisiklet üzerine montajlanan buhar makinesi ile tasarlanan motosiklet tasarımından sonra birçok üretici uyarlama yaparak kendi motosiklet modelini tasarlamak istedi ancak velocipedin tasarım geometrisi buhar motorunun performansı için uygun değildi. Bu geometri zaman geçtikçe uygun şekilde modifiye edilmeye başlandı. Elmas çerçeve içine beşik eklenerek motorun montajlanabileceği bir şasi elde edildi. Elmas çerçeveye uygulanan beşik modifikasyonu Şekil 8.2’de görüldüğü gibidir (URL-19).



Şekil 8.2. Elmas Çerçeveye Uygulanan Beşik Modifikasyonu (endurokan.com)

1880’lerde gerçekleşen içten yanmalı motorlardaki gelişmeler, motosiklet üretimlerinin de gelişmesini sağlamıştır. Bu dönemin önde gelen icatlarından biri 1885 yılında Almanya’da üretilen “Petrol Sürme Arabası” benzinli içten yanmalı motorla çalışan ilk motosikletti. Motoru gelişmiş olmasına rağmen şasi kısmı ahşaptan yapılmıştı. Benzinli içten yanmalı motorla çalışan ilk motosiklet Şekil 8.3’de görüldüğü gibidir.



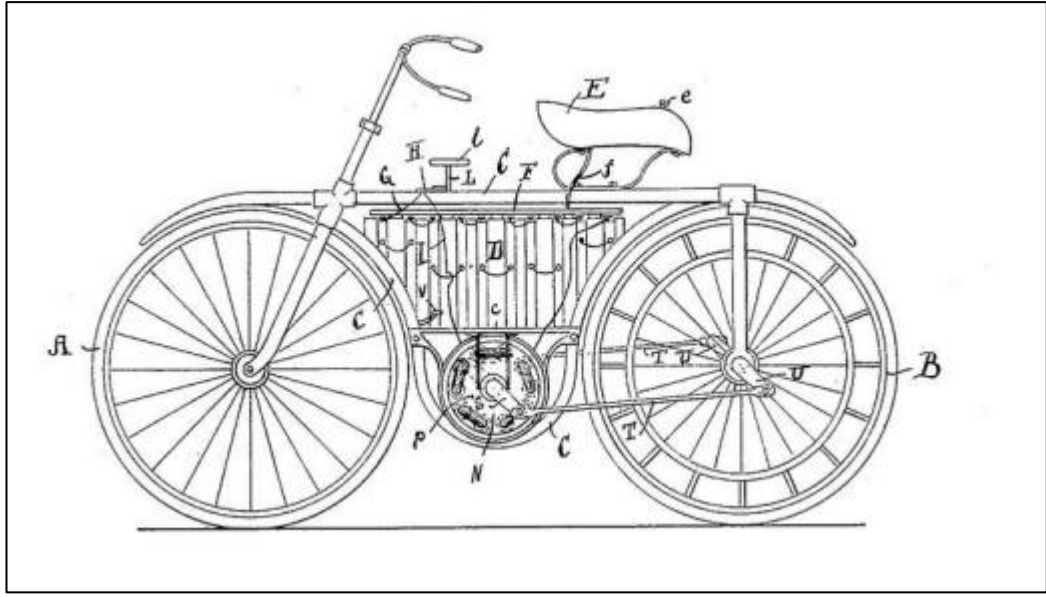
Şekil 8.3. Benzinli İçten Yanmalı Motorla Çalışan İlk Motosiklet

Bu dönemde Almanya’da üretilen önemli tasarıma sahip bir diğer motosiklet ise Hildebrand Wolfmüller’dir. Bu model güvenlik, konfor ve performans açısından ciddi ilerleme sağlamıştır. Sıvı soğutmalı, dört zamanlı, benzinli bir motordan güç alıyordu ve havalı lastiklere sahipti. Şasisi çelik borulardan yapılmıştı. Hildebrand Wolfmüller motosiklet modeli Şekil 8.4’de görüldüğü gibidir.



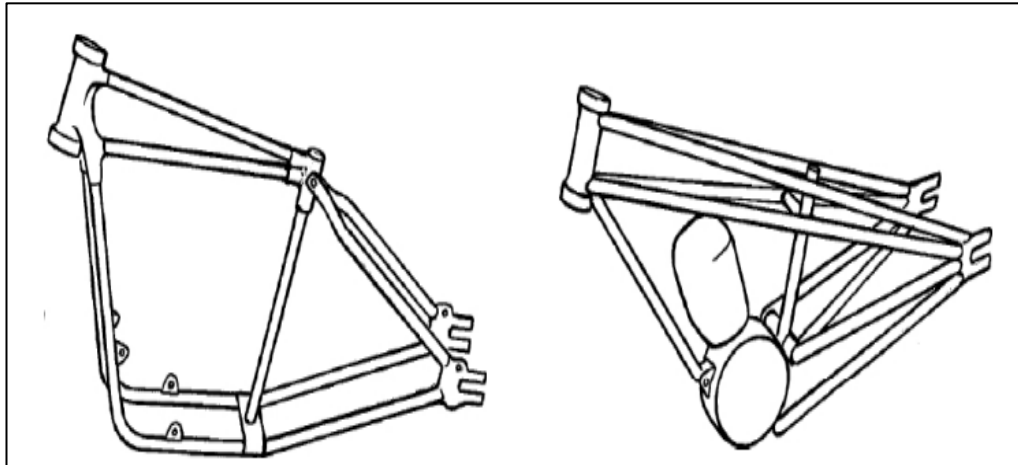
Şekil 8.4. Hildebrand Wolfmüller Motosiklet Modeli

Elektrikli motosikletlerin zirve noktası henüz gerçekleşmemiş olmasına rağmen çoğu kişinin düşündüğünün aksine ilk elektrikli motosiklet tasarımı ve geliştirilmesi içten yanmalı motorlu motosikletlerle paralel olarak gerçekleşmiştir. İlk elektrikli motosikletin patenti 1895 yılında ABD’de alınmıştır. İlk elektrikli motosikletin patentli çizimi Şekil 8.5’de görüldüğü gibidir (URL-19).



Şekil 8.5. İlk Elektrikli Motosikletin Patentli Çizimi

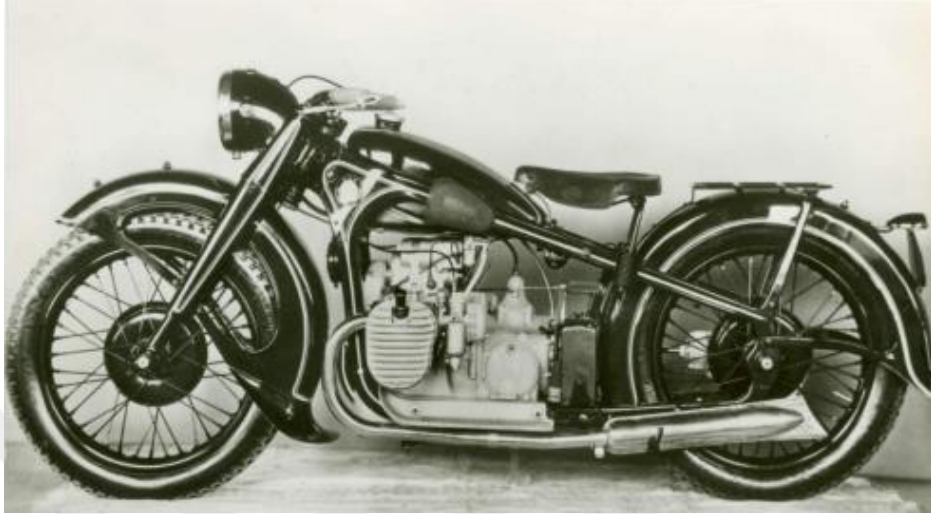
Motosiklet tasarımının ileriki aşamasında üreticiler estetik kaygısı gütmeye başlamıştır. Bisikletlerle arasındaki farlı ortaya çıkarmak için özel gövdeli ve daha geniş tekerli motosikletler üretmeye başlamışlardır. Daha büyük motorlar kullanılarak güç artışı sağlanmıştır. Bu aşamada çift beşikli ve diğer çelik borulu şasi gövde geometrileri ortaya çıkmıştır. Çift beşik çerçeve ve erken üçgen çerçeve Şekil 8.6’da görüldüğü gibidir (URL-19).



Şekil 8.6. Çift Beşik Çerçeve ve Erken Üçgen Çerçeve (endurokan.com)

Birinci Dünya Savaşı döneminde motosikletler araçlardan daha ucuz ve daha küçük olduğu için kullanışlı konuma gelmiştir, bu da motosikletlerin pazardaki yerlerinin

sağlamlaşmasına sebep olmuştur. Ancak burada sürücü konforu açısından eksiklikleri ortaya çıkmıştır. Bu durumda yollardaki tümsekler ve bozukluklarda etkilidir. Bu sorunu çözmek için üreticiler süspansiyon sistemleri geliştirmeye başlamıştır. Teleskopik çatal takılan ilk motosiklet Şekil 8.7’de görüldüğü gibidir.



Şekil 8.7. Teleskopik Çatal Takılan İlk Motosiklet

1939 yılında teleskopik çatala sahip ilk motosiklet piyasaya sürülmüştür. Günümüzde de basitliği ve avantajlı özellikleri sayesinde üreticilerin en yaygın tercihidir.

İkinci Dünya Savaşı’ndan sonra 1960’lara kadar Avrupa ve Amerika pazarlarını genişletmiş ve motosiklet sektörünün en ileri noktası olmuşlardır. Tasarlanan her yeni motosiklet modeli ile güvenlik, güç ve performans açısından yeni kalite standartları oluşmaya başladı. Bu dönemde 1968 yılında İspanyol bir üretici tarafından magnezyumdan yapılmış yapıya sahip şasiden bir yarış motosikleti üretildi. Magnezyum şasi ile üretilen yarış motosikleti Şekil 8.8’de gösterildiği gibidir.



Şekil 8.8. Magnezyum Şasi İle Üretilen Yarış Motosikleti

1970'lerin başında Japon üretici bir firma motor yönünden daha iyi özelliklere sahip daha güvenilir ve uygun fiyatlı motosikletler piyasaya sundu. Şasi tasarımı açısından yeni tasarımlar sunmasa da tüketiciler tarafından Japon motosiklet üreticileri en popüler seçenek haline gelmiştir.

Motosiklet şasilerinin tarihindeki en önemli dönüm noktası ise 1982 yılında İspanyol bir yarış teknisyeni tarafından ortaya konan yeni bir şasi türünün tasarlanması ile gerçekleşmiştir. Üretilen çift alüminyum kirişli şasi yarış ve spor motosikletlerinin çoğunda kullanılmaya başlanmıştır. Magnezyum şasi ile üretilen yarış motosikleti Şekil 8.9'da gösterildiği gibidir.



Şekil 8.9. Magnezyum Şasi İle Üretilen Yarış Motosikleti

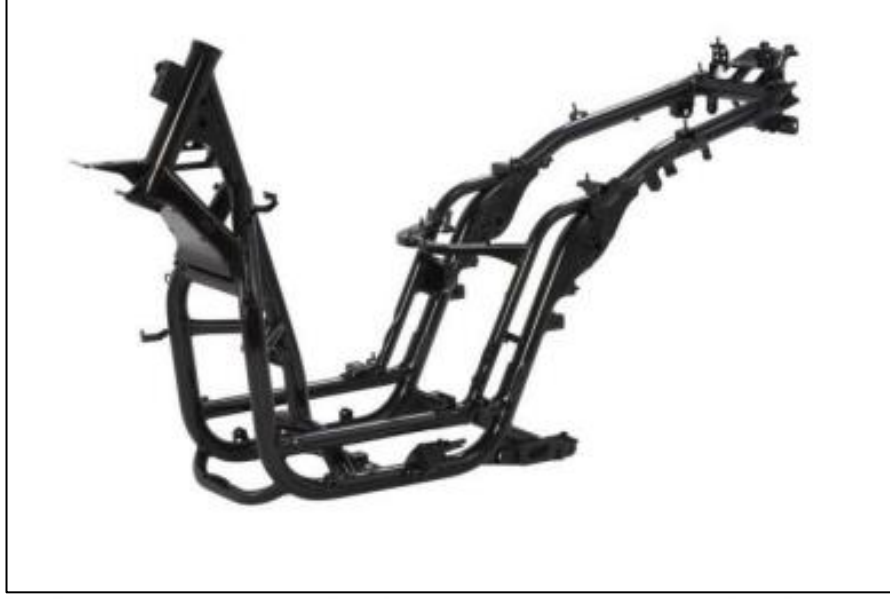
Her sektörde olduğu gibi motosiklet sektörü de ilerleme ve gelişmesini hiçbir zaman durdurmamıştır. Yeni malzemelerin ve üretim süreçlerinin ortaya çıkmasıyla bu sektör de yeni olanaklardan faydalanarak sürekli gelişmektedir. Günümüzde yenilikçi markalar karbon fiber veya bal peteği gibi yüksek dirençli kompozitler üzerinde çalışmaktadır.

8.2 Motosikletlerde Kullanılan Şasi Türleri

Geçmişten günümüze kadar birçok farklı şasi yapısına sahip motosiklet türlerini görmek mümkündür. Üst düzey markalar bir kenara bırakıldığında araçların sahip olduğu şasi modelinin büyük çoğunluğu klasik tür şasiye sahiptir. Günümüzde yeni bir motosikletin sahip olabileceği şasi türleri incelenecektir.

8.2.1 Scooter şasi

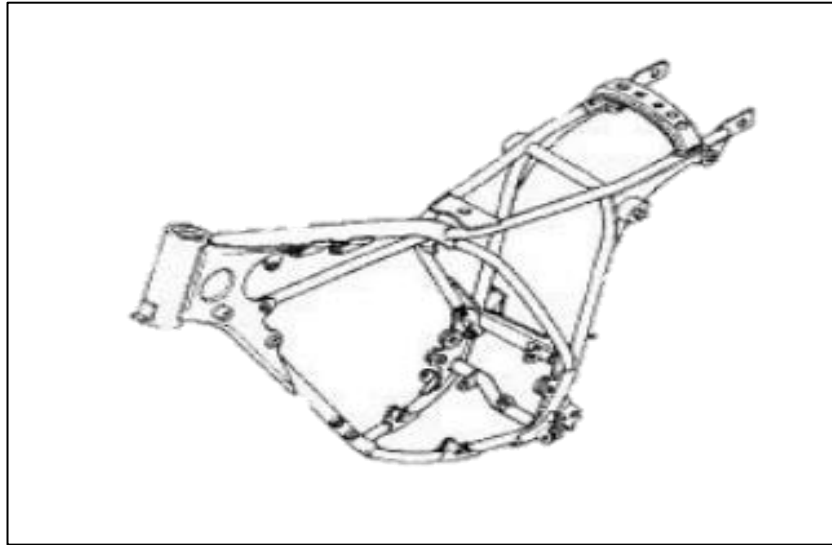
Scooter şasisi, scooterların karakteristik şekli olan oturma yeri ve direksiyon arasında konumlandırılan eşya taşımak için düz bir platform bulunması nedeniyle zorlu bir şasi tasarımına sahiptir. Sonuç olarak her zaman diğer tür motosiklet şasilerine göre daha ağır ve kötü dirence sahip bir şasi türüdür. Çelik borular ile imal edilmektedir. Scooter motosiklet şasi tasarımı Şekil 8.10'da gösterildiği gibidir (URL-19).



Şekil 8.10. Scooter Motosiklet Şasi Tasarımı (endurokan.com)

8.2.2 Tek Kızaklı şasi tasarımı

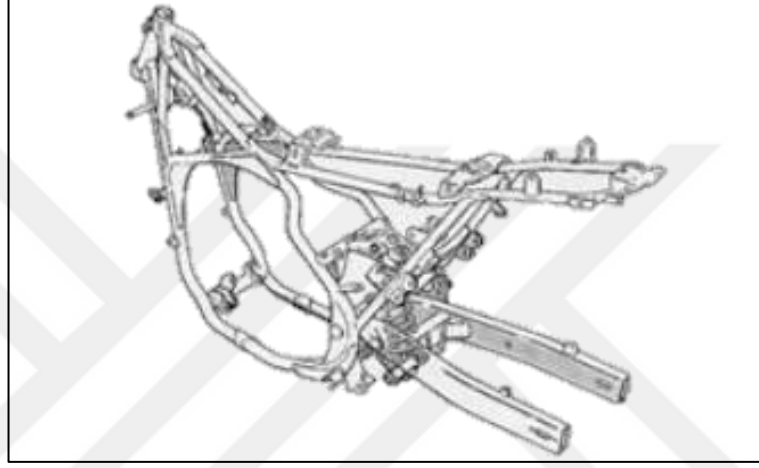
En basit şasi türüdür ve küçük motosikletler için kullanılır. Çelik borulardan imal edilir. Direksiyon kafasından bir boru aşağı inerek genellikle tek silindirli bir motoru tutan küçük bir beşik oluşturur. Diğer bağlantılar doğrudan omurgaya gitmektedir. Mekanik özellikleri ve ağırlığı orta seviyededir. Tek kızaklı motosiklet şasi tasarımı Şekil 8.11’de gösterildiği gibidir (URL-19).



Şekil 8.11. Tek Kızaklı Motosiklet Şasi Tasarımı (endurokan.com)

8.2.3 Çift kızaklı şasi tasarımı

Tek kızaklı motosiklet şasisine benzer ancak daha büyük ve daha güçlü motosikletlerde kullanılmaktadır. Tek kızaklıdaki direksiyon kafasından inen tek bir boru yerine çift kızaklı şasilerde iki boru bulunmaktadır. Çift kızaklı şasiler çelik borulardan imal edilir. Tek kızaklı şasilere göre özellikleri nispeten iyidir ancak yeterli seviyede değildir. Çift kızaklı motosiklet şasi tasarımı Şekil 8.12’de gösterildiğı gibidir (URL-19).



Şekil 8.12. Çift Kızaklı Motosiklet Şasi Tasarımı (endurokan.com)

8.2.4 İkiz kiriş şasi tasarımı

Motosiklet şasi tasarımları içinde en iyi mekanik özellikleri sunan tasarımlardandır. Genellikle dökme alüminyumdan veya ekstrüzyon profillerden yapılır. Bu nedenle spor motosikletlerde genellikle kullanım için tercih edilmektedir. Koltuğı tutan kısım genellikle çelikten yapılır ve civatalarla şasiye oturtulur. İkiz kiriş motosiklet şasi tasarımı Şekil 8.13’de gösterildiğı gibidir.



Şekil 8.13. İkiz Kiriş Motosiklet Şasi Tasarımı

8.2.5 Kafes çerçevesi şasi tasarımı

İkiz kiriş motosiklet şasi tasarımı ile kafes çerçevesi şasi tasarımı benzer özellikler sunmaktadır. Ağırlıkları yakındır. Direksiyon kafasından motoru çevreleyen salıncak kolu eksenine kadar uzanan bir yapıya sahiptir. Ancak bu durumda yapı ince çelik boruların üçgen şeklinde birleştirilmesiyle oluşturulmaktadır. Bu yapının sorunu imalat aşamasının karmaşık olmasıdır. Kafes çerçevesi motosiklet tasarımı Şekil 8.14’de gösterildiği gibidir.



Şekil 8.14. Kafes Çerçevesi Motosiklet Şasi Tasarımı

8.2.6 Monokok şasi tasarımı

Monokok şasiler günlük kullanım motosikletleri için tercih edilen tasarıma sahip değildir. Bunun sebebi imalatının karmaşık olması ve imalatından kullanılan malzemelerin pahalı olmasıdır. Bu şasininamacı yapısal gövdeye sahip olmaktadır ve yakıt deposu, koltuk veya kuyruk gibi bileşenleri yapısal haldedir. İlk imalatları alüminyumdan yapılmıştır ancak günümüzde imalatında karbon fiber kullanılmaktadır. Monokok motosiklet şasi tasarımı Şekil 8.15’de gösterildiği gibidir.



Şekil 8.15. Monokok Motosiklet Şasi Tasarımı

9. TASARIM GEREKSİNİMLERİ

9.1 Şasinin Geometrisi

Bir motosikletin şasisini geliştirirken en önemli noktalardan birisi geometrisinin tasarımıdır. Bir motosikletin yol tutuşu, tepkisi, manevra kabiliyeti ve dengesini belirleyen bazı karakteristik ölçüler vardır. Bu nedenle aradığımız kriterlere uygun bir şasi elde etmek için sürecin başından itibaren bunları netleştirmek önemlidir [19].

9.1.1 Tekerlek Mesafesi

Lastiklerin yol üzerindeki temas noktaları arasındaki mesafedir. Değer aralığı küçük motosiklet scooterlarda 1200mm'den büyük motosiklet tur motosikletlerinde 1600mm'ye kadar değişmektedir. Lastik mesafesinin artması şasinin, daha yüksek eğilme ve burulma deformasyon kabiliyeti, manevra kabiliyetini kötüleştiren daha yüksek bir dönüş yarıçapı, yüksek hızlarda daha yüksek yön dengesi özelliklerini etkilemektedir [19].

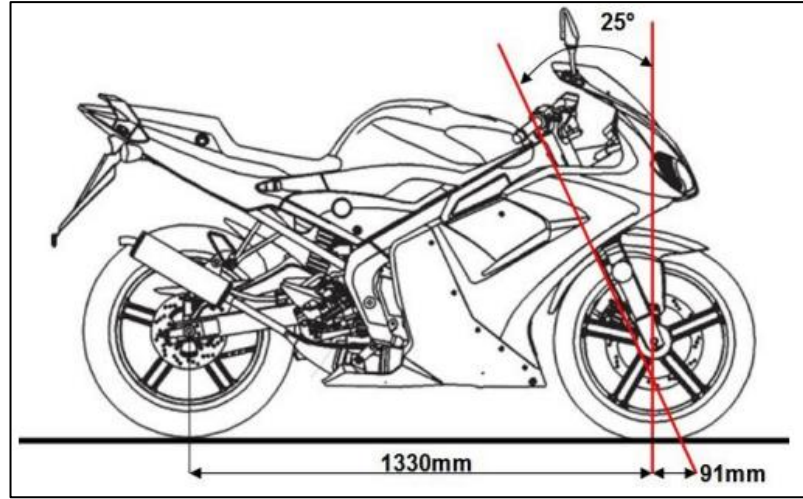
9.1.2 Teker açısı

Dikey eksen ile çatalın dönme eksenini arasındaki açıdır. Direksiyon dönmesi sırasında meydana gelen tekerleğin eğimini etkiler, bu da yönün sertliği ve tepkisi ile doğrudan ilgilidir. Teker açısının normal değerleri 21° ile 30° arasındadır [19].

9.1.3 İz

Ön tekerleğin temas noktası ile direksiyon kafası ekseninin yol ile kesiştiği nokta arasındaki mesafenin zemin düzleminde çözülmüş halidir. Düz çizgi koşullarında ön ucun dengesini etkiler. İz normal değerleri 80mm ile 120mm arasında değişmektedir.

Tasarımı kolay hale getirmek için yeni model yaratılırken tersine mühendislik yapmak yaygın bir stratejidir ve üreticiler diğer firmaların geometrisini çıkarmaya çalışırlar. Ayrıca motosikletin geometrisini hali hazırda piyasada bulunan bir motosiklete dayandırmak, uyumsuzluk oluşturmaman tutarlı bir şasi oluşturmak ve bu motosikletin yedek parçalarını kullanmak için imkan sağlamaktadır. Şekil 9.1'deki motosiklet modelinde 1330mm'lik tekerlek mesafesi, 25° 'lik teker açısı ve 91mm'lik iz mesafesine örnektir [19].

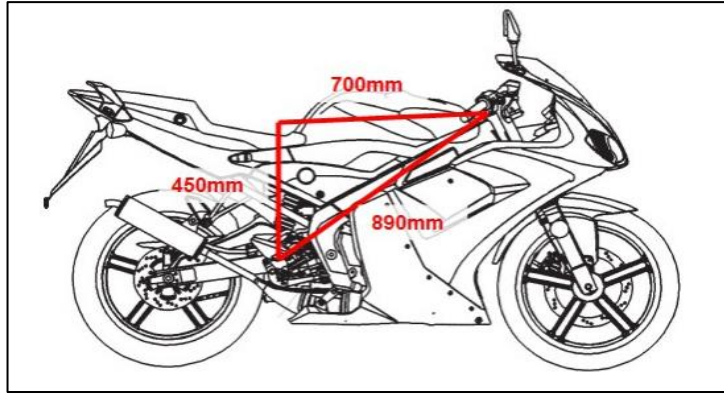


Şekil 9.1. Şasi Ana Boyutlarının Örneği

Bu çalışmada da hali hazırda yurt dışından getirilen elektrikli motosiklet şasisinin tasarımı göz önüne alınarak şasi tasarımı gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizlerle şasi üzerinden alınamayan ölçüler için analiz sonuçları değerlendirilerek tasarım tamamlanmıştır ve böylece özgün bir şasi tasarımı ortaya çıkmıştır. Bu imalat sayesinde yerli üretim şasi tasarlanmış ve ülkemiz koşullarında üretilmiştir [20].

9.1.4 Ergonomi

Bir motosikletin ergonomisi, sürücünün oturduğu yer, gidon ve ayaklıkların oluşturduğu üçgen tarafından tanımlanır. Bu üçgeni iki boyutlu değil üç boyutlu olarak düşünmek önemlidir. Bu da motosikletin genişliğinin ergonomi açısından önemli bir faktör olduğu anlamına gelmektedir. Şekil 9.2'deki tasarım ergonomi açısından fazla sportiftir. Sürücü öne doğru bir pozisyon alır ve ayaklıklar çok geriye doğru bir pozisyonda ayarlanmıştır. Bu tasarım motosikletin daha iyi kontrol edilmesini sağlar ancak uzun süreli sürüşlerde sürücü için rahat bir pozisyon değildir [21].



Şekil 9.2. Ergonomi Üçgeni

Şekil 9.2'deki ergonomi üçgeni daha dar hale getirilerek sürücü açısından daha ergonomik bir tasarım elde edilebilir.

9.1.5 Kütle dağılımı

Bir motosiklet için yol tutuşunu tasarım geometrisi kadar kütle dağılımıda etkilemektedir. Kütle merkezinin konumuna ve eylemsizlik momentlerine bağlı olarak bir motosikletin performansını değerlendirmek mümkündür.

Motosikletin genel özellikleri sadece motosikletin fiziksel özellikleri ile tanımlanamaz. Bu durumda sürücünün kütlesi ihmal edilmiş olur ve bunu ihmal etmek mümkün değildir. Bununla birlikte bir motosiklet üzerindeki sürücünün ağırlık durumu çok değişkenli olduğundan kontrol altına almak zordur. Burada kontrol altına alınmaya çalışılan durum ergonomi tasarımı yoluyla kütle merkezinin konumudur.

Hali hazırda yurt dışından getirilen şasinin ergonomisi zaten tanımlanmış olduğu için tasarlanan imalatın yük dağılımına odaklanılacaktır [22].

İlk olarak elektrikli araç prensibindeki en önemli etken göz önüne alınarak motosiklet şasisi olduğunca hafif olmalıdır. Belirli bir ivme verildiğinde kütle ne kadar düşük ise ivmeyi elde etmek için ihtiyaç duyulan kuvvet o kadar düşük olmalıdır. Ağırlığın azaltılması her koşulda aracın performansını artırır. Daha hızlı, sürüşü daha kolay, daha ucuz ve daha güvenilir hale getirmektedir. Ancak bu ulaşılması zor bir hedeftir

Yol tutuşu açısında motosikletin kütle merkezinin konumu motosikletin dönüş kolaylığını etkiler. Bu motosikletin virajdan geçmek için eğilme kabiliyetidir. Şekil

9.3’de eğilme gerçekleştiğinde motosikletin iki farklı anlık dönüş eksenini oluşturduğunu göstermektedir.



Şekil 9.3. Anlık Dönüş Ekseninin Şeması

Yatması kolay olan ve çevik bir motosiklet elde etmenin yolu kütleleri mümkün olduğunca anlık eksenlere ortalamaktır. Kütle dağılımı hedefini mümkün olduğunca basitleştirmek için IRA 1 genellikle ihmal edilmektedir çünkü çok küçük bir zaman diliminde ortaya çıkmaktadır.

Motosikletin tasarımı söz konusu olduğunda ağır bileşenler her iki tekerlek merkezini oluşturan hayali çizgiye mümkün olduğunca yakın olmalıdır. Motosikletin en ağır bileşenleri güç aktarma organlarının elektronik aksamıdır [23].

9.2 Güç Aktarma Organlarının Elektronik Aksamı

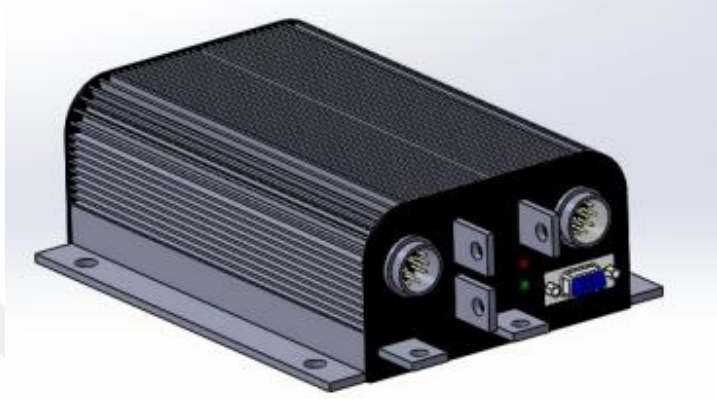
Güç aktarma organlarının tasarımı bu çalışmanın dışında kalsa da elektrikli motosikletin şasisinin tasarlarken çok önemli sınır koşulları oluşturmaktadır. Güç aktarma organları bu projedeki elektrikli motosiklet tam olarak gerçekleşinceye kadar tam olarak netleşmeyeceği için elektronik bileşenleri tam olarak belirtmek mümkün olmayacaktır. Burada amaç şasi tasarımını etkileyecek ana bileşenleri belirtmektir.

Bu bileşenler şu şekilde sıralanabilir;

- Motor
- Kontrolör

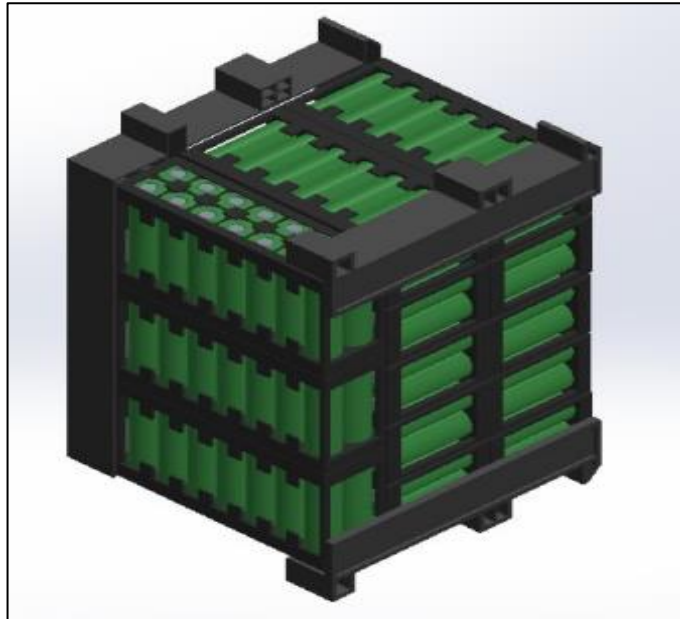
- Batarya Paketi
- Süper Kapasitör

Şekil 9.5’de görülen motor kontrolleri, motoru elektrik güç kaynağına bağlamak için araçlar içerir ve ayrıca motor için aşırı yük koruması ve motor ve kablo tesisatı için aşırı akım koruması içerebilir (URL-13).



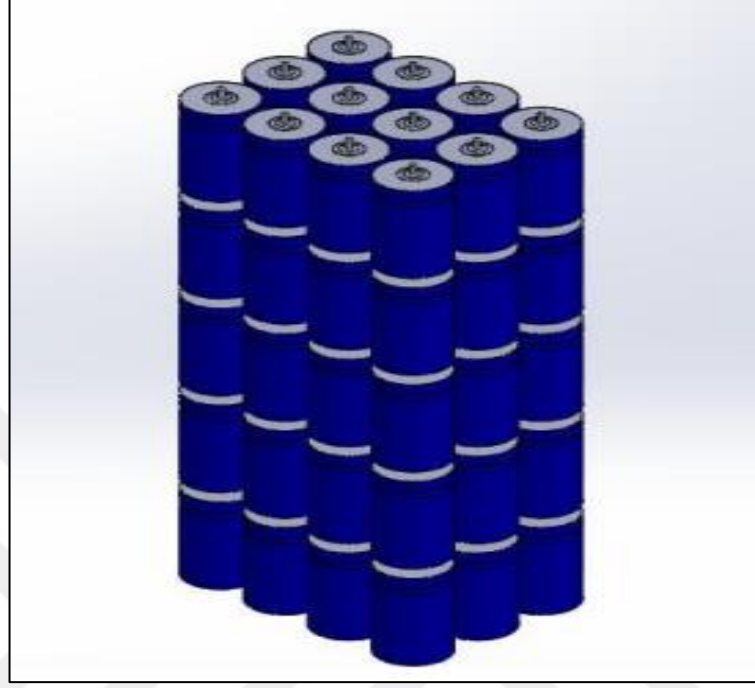
Şekil 9.4. Kontrolör 3D CAD

Şekil 9.6’da görülen elektrikli araçlarda bataryalar genellikle lityum iyon pillerden oluşur ve bu piller elektrikli aracın güç kaynağıdır. Bataryalar elektrikli motorun enerji ihtiyacını karşılar (URL-13).



Şekil 9.5. Batarya Paketi 3D CAD

Şekil 9.7’de görülen süper kapasitör yüksek akım verme gücüne sahip, yüksek çevrim sayısı olan iç direnci düşük bir elemandır. Bu sebeple aracın ilk kalkış ivmelenmesi sırasında çekilen yüksek akımın süper kapasitör tarafından sağlanmaktadır (URL-13).



Şekil 9.6. Süper Kapasitör 3D CAD

10. MALZEME SEÇİMİ VE ŞASI TASARIMIN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

10.1 Malzeme Seçimi

Şasi tasarımında önemli faktörlerden birisi imalatın hafif olmasıdır. Diğer önemli bir faktör ise malzemenin bulunabilirliği ve maliyettir. Buna ek olarak şmalatın dayanımlı olması istenmektedir.

Bu koşullar göz önünde bulundurulduğunda şasi imalatı için ST-37 çeliğinden üretilen çap Ø28mm et kalınlığı 2mm boru seçilmiştir.

St37, çelik endüstrisinde sıklıkla kullanılan bir yapısal çelik sınıfıdır. St37'nin özellikleri aşağıdaki gibi özetlenebilir,

- Mukavemet, St37'nin mukavemeti orta düzeydedir. Minimum çekme dayanımı 370 MPa, minimum akma dayanımı ise 235 MPa'dır.
- Şekillendirilebilirlik, St37, iyi şekillendirilebilir bir çelik sınıfıdır. Bu nedenle, çeşitli şekillerde imalat işlemlerinde kullanılabilir.
- Kaynaklanabilirlik, St37, düşük karbon içeriği ve yüksek şekillendirilebilirlik özellikleri nedeniyle iyi kaynaklanabilir.
- Korozyon direnci, St37, atmosferik koşullar altında orta derecede korozyon direncine sahiptir (URL-1).

St37, otomotiv endüstrisinde de sıklıkla kullanılan bir malzemedir. Araç şasisi, gövde yapısı, egzoz sistemleri, otomobil kabinleri vb. imalatında kullanılabilir. ST-37 malzeme özellikleri Çizelge 10.1'de görüldüğü gibidir.

Çizelge 10.1. ST-37 Malzeme Özellikleri (Solidworks, 2022)

Özellik	Değer	Birimler
Elastisite Modülü	2.100.000.031	N/mm ²
Poisson Oranı	0.28	Yok
Yırtılma Modülü	79000	N/mm ²
Kütle Yoğunluğu	7800	kg/m ³
Gerilme Mukavemeti	360	N/mm ²
Sıkıştırma Mukavemeti		N/mm ²
Akma Mukavemeti	235	N/mm ²
Termal Genişleme Katsayısı	1.1e-05	K
Termal İletkenlik	14	W/(m.K)

St37 çeliğinin minimum akma dayanımı, standartlara ve üretim yöntemlerine bağlı olarak değişebilir. Genellikle, St37'nin minimum akma dayanımı 235 MPa (Megapascal) olarak kabul edilir. Ancak bazı standartlarda farklı değerler de belirtilebilir. Örneğin, DIN 17100 standardına göre, St37 çeliğinin minimum akma dayanımı 225 MPa'dır (URL-1).

Akma dayanımı, bir malzemenin ne kadar yük taşıyabileceğini ve şekil değiştirmeden önce ne kadar gerilme uygulanabileceğini gösterir. Bu özellik, St37'nin şekillendirilebilirliği ve kaynaklanabilirliği gibi özelliklerinin yanı sıra, kullanım alanlarında da önemli bir faktördür.

Çizelge 10.2. ST-37 Malzeme Kimyasal Özellikleri (hedefcelik.com)

C	Mn	P	S	N-	Cu	CEV
Maks. 0,2	Maks. 1,4	Maks. 0,04	Maks. 0,04	Maks. 0,012	Maks. 0,55	Maks. 0,38

St37, karbon çeliği olarak sınıflandırılan bir malzemedir ve Şekil 10.2'deki kimyasal bileşime sahiptir.

St37 çeliğinin mekanik özellikleri, çeliğin üretildiği yöntem ve koşullara, işleme sürecine, çelik numunesinin boyutuna ve şekline, test metotlarına, test numunesinin yüzey kalitesine ve diğer faktörlere bağlı olarak değişebilir.

Ancak, genellikle kabul edilen standart değerler şunlardır (URL-1):

- Akma dayanımı: 235 MPa
- Kopma dayanımı: 360-510 MPa
- Uzama: 25%
- Darbe dayanımı: 27 Joule (20°C'de)

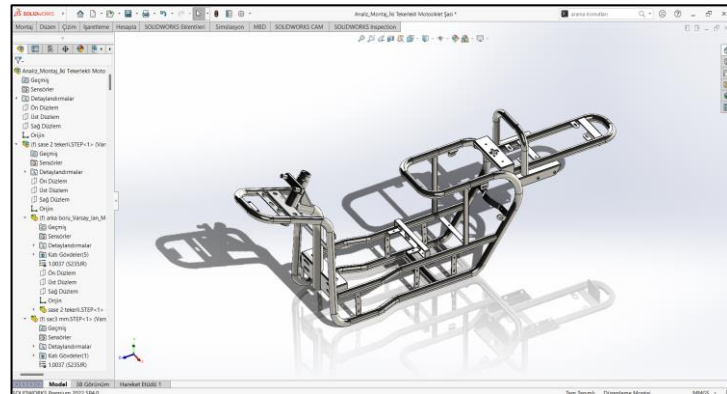
St37 elięi, dūřuk karbonlu yapısal bir elik olarak sınıflandırılır ve çeşitli inşaat ve makine parçalarında yaygın olarak kullanılır. Bu elik kalitesi, kaynak edilebilir, kolayca işlenebilir ve çeşitli sıcaklıklarda şekillendirilebilir özelliklere sahiptir. Ancak, mekanik özellikleri, kullanım koşullarına ve uygulamanın gereksinimlerine bağlı olarak önemlidir ve seçim yaparken dikkate alınmalıdır. ST-37 malzeme mekanik özellikleri izelge 10.3'de görüldüğü gibidir (URL-1).

Çizelge 10.3. ST-37 Malzeme Mekanik zellikleri (hedefcelik.com)

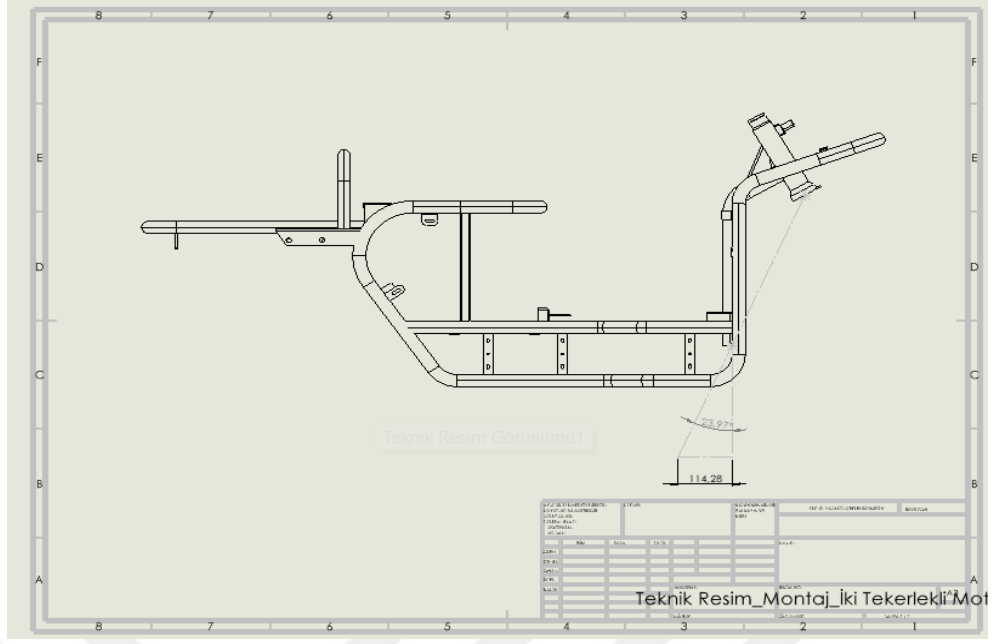
Nominal Kalınlık (mm)	3	3-100	100-150	150-200
Çekme Dayanımı (Mpa)	360-510	360-510	350-500	340-490

10.2 şasi Tasarımı

Çalışmanın başında belirtildiği gibi hali hazırda yurt dışından satın alınan şasi üzerinden ölçüler alınarak şasi tasarımı üç boyutlu olarak yapılmıştır. Tasarımı tamamlanmış şasi modellemesi şekil 10.1.de gösterildiği gibidir.

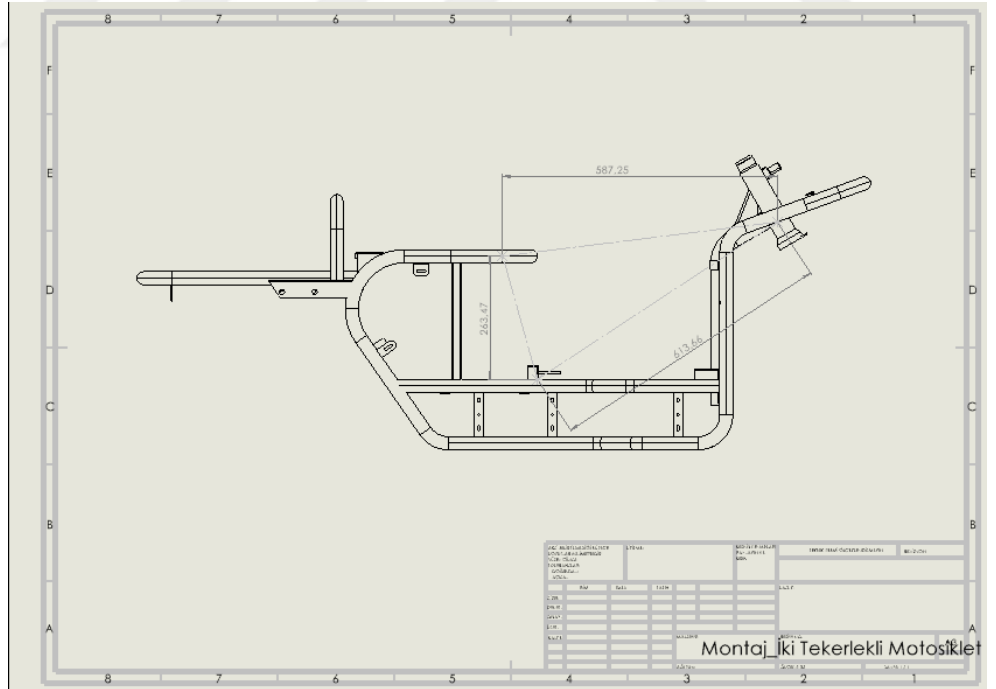


şekil 10.1. Tasarımı Tamamlanan şasi Modellemesi (Solidworks, 2022)



Şekil 10.2. Teker Açısı ve İz Mesafesi Teknik Resmi (Solidworks, 2022)

Modellemesi tamamlanan şasi için teker açısı $23,97^\circ$ ve iz mesafesi 114,28'dir. Bu değerler verilen standartların içindedir ve Şekil 10.2'de gösterilmiştir.



Şekil 10.3. Ergonomi Üçgeni Teknik Resmi (Solidworks, 2022)

Modellemesi tamamlanan şasi için ergonomi üçgeni Şekil 10.3.'de gösterildiği gibidir. Bu değer elektrikli motosikletlerin sürüş konforu için uygundur.

10.3 Literatür Taraması

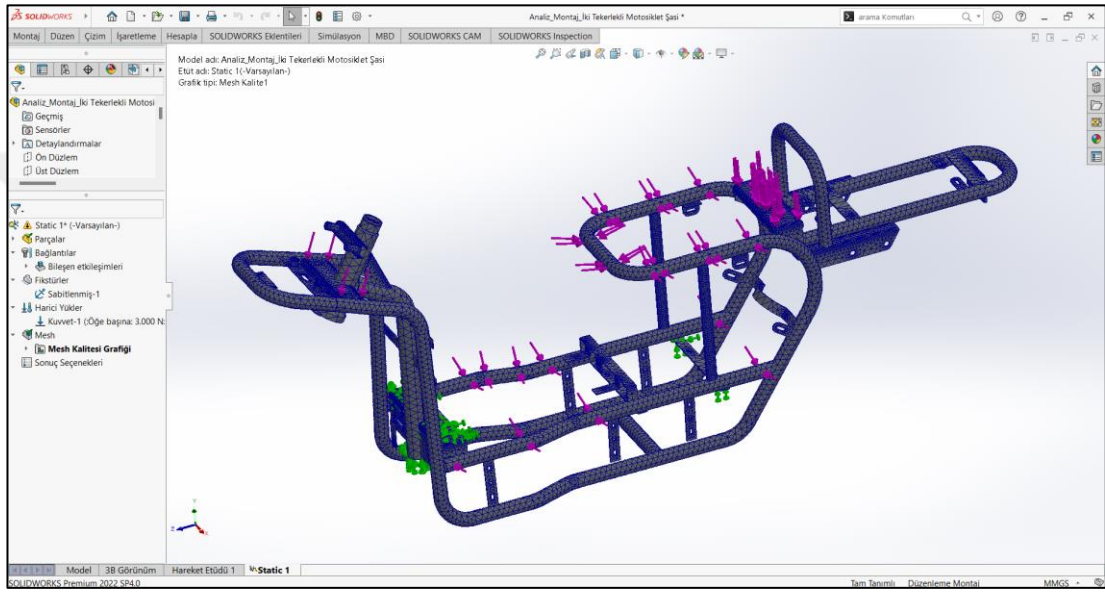
Elektrikli araçlar 19. Yüzyılın başlarında basit mekanizmalar halinde üretilmiştir. İlk üretilen elektrikli araçlar şarj edilebilme özelliğine sahip değildir. İlk elektrikli motor 1835 yılında Amerika’da icat edilmiştir. İlk elektrikli araç ise 1839 yılında İskoçya’da üretilmiştir. İlk elektrikli araçlar New York’ta taksi olarak kullanılmıştır.

Geleneksel araçlara göre daha sessiz çalışan elektrikli araçların bu dönemde popüler olamamasının sebebi menzil problemi ve geleneksel araçların seri üretiminin hızlı olması daha ucuz ve uzun yollar kat edebilen sistemler olmasıdır. Petrol ile çalışan geleneksel araçların hızlı ve az maliyetli üretilmesi elektrikli araç üretimini sekteye uğratmıştır.

Çevreci politikaların gelişimi nedeniyle 21. Yüzyılda tekrar önem kazanmış ve bu dönemde yaşanan enerji kaynaklarında yaşanan fiyat artışları da elektrikli araçlara olan ilgiyi arttırmıştır. Bu döneme girilmesiyle beraber elektrikli araçlar rekabetçi pazarda büyük bir paya sahip olmak için uzun menzil ve yüksek performans özelliklerinde gelişim sağlamış ve gelişme süreci devam etmekte olan hem yeni hem de rekabetçi bir teknolojidir.

11. BULGULAR

Bir motosikletin ömrü boyunca meydana gelebilecek olası stresleri ön görmek pek mümkün değildir. Buna karşılık motosiklet için G simülasyonu uygulayarak şasinin dayanımı anlamak mümkün olacaktır. Bu simülasyon tasarımı tamamlanan ve bağlantı tipi kaynak olan ve ST-37 malzemeden, çap Ø28mm, et kalınlığı 2mm olan, şaside tekerlek ve direksiyon noktaları sabitlenerek şasi üzerine 3000N kuvvet uygulanarak yapılmıştır.



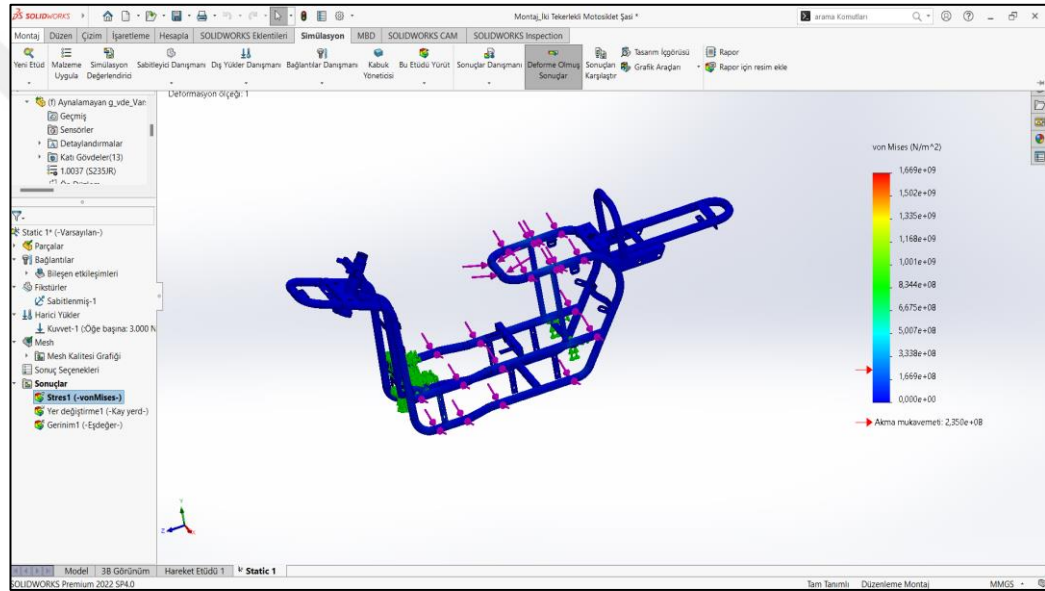
Şekil 11.1. Mesh Modeli (Solidworks, 2022)

Mesh işlemi, modelin sonlu elemanlar adı verilen küçük parçalara bölünmesi olarak tanımlanmaktadır. Solidworks Simulation 'da mesh oluşturmak, çok kolaydır. Unsur ağacında bulunan Mesh butonunun üzerine sağ tıkladığınızda "Mesh Oluştur" butonuna görülecektir ve bu butona basıldığında mesh arayüzü açılacaktır. Solidworks Simulaton'da basit ve gelişmiş olmak üzere 2 adet Mesh oluşturma seçeneği vardır (URL-7).

Bu analizde Mesh Tipi olarak yüksek kalitede, karışık eğrilik tabanlı, katı mesh uygulanmıştır ve uygulama Şekil 11.1'de gösterilmiştir. Karışık Eğrilik tabanlı mesh maksimum ve minimum eleman boyutu seçmemizi sağlayan olanaklar sunar. Basit geometrilerde kullanılmasına gerek kalmayan bu özellikler, değişik geometriler içeren parçalarda güzel bir özelliktir. Karışık eğrilik tabanlı mesh aynı zamanda çok küçük

geometrik özellikleri yakalamak için daha gelişmiş bir seçenek sunan eğrilik tabanlı meshin bir uzantısıdır. Montajlarda bu mesh yapısının kullanılması önerilmektedir (URL-7).

Mesh jakoben oranına bakacak olursak 16'dır. Jakoben oranı, bir elemanın biçiminin ideal olarak şekillendirilmiş bir elemandan ne kadar saptığını ölçmektedir. Lineer kenarlı mükemmel bir elemanın Jakoben oranı 1,0'dır. Bir elemanın Jakoben oranı, eleman kenarlarının eğriliği arttıkça, kavisli bir geometriyi haritalamak için artmaktadır. Bu yüzden yapılan analizde 16'dır. Tasarımı tamamlanan şasi modellemesi Şekil 11.2'de gösterildiği gibidir.



Şekil 11.2. Tasarımı Tamamlana Şasi Modellemesi (Solidworks, 2022)

Von Mises, çelik gibi yapılar çoğu zaman plastik şekil değişimi gösterir ve sonrasında kırılmaya uğrarlar. Emniyetli bir tasarım için yapıları her zaman elastik sınırın içinde veya diğer bir deyişle plastik şekil değişimi olmayacak şekilde tasarlamak gerekir. Von Mises gerilmesi yapının herhangi bir yükleme durumunda plastik şekil değişimine uğramış olup olmadığını belirlemek için hesaplanan bir değerdir. Burada deneysel olarak ölçülen akma noktası ile karşılaştırılabilen, von Mises gerilmesi ile karşılaştırmak gereklidir. Birimler Çizelge 11.1'de gösterildiği gibidir.

Çizelge 11.1. Birimler (Solidworks,2022)

Birim Sistemi	SI
Uzunluk	mm
Sıcaklık	Kelvin
Açısal Hız	Rad/sn
Basınç Gerilimi	N/m ²

Analiz için birim sistemi olarak SI birim sistemi kullanılmıştır. Solidworks analiz yükleri ve analiz sonuçları SI birim sistemi olarak yorumlanmıştır. Malzeme özellikleri Çizelge 11.3’de gösterildiği gibidir.

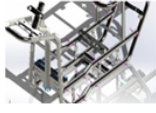
Çizelge 11.2. Malzeme Özellikleri (Solidworks,2022)

Malzeme Özellikleri	
Ad	1.0037 (S235JR)
Model Tipi	İzotropik Doğrusal elastik Analizi
Varsayılan Hata Kriterleri	Bilinmeyen
Akma Mukavemeti	2,35e+08 N/m ²
Gerilme Mukavemeti	3,6e+08 N/m ²
Elastik Modül	2,1e+08 N/m ²
Poisson Oranı	0,28

Çizelge 11.3. Etüt Özellikleri (Solidworks,2022)

Etüt Özellikleri	
Etüt Adı	Static 1
Analiz Tipi	Static
Mesh Tipi	Katı Mesh
Termal Etki	Açık
Termal Seçenek	Sıcaklık Yüklerini Ekle
Sıfır Gerilim Sıcaklığı	298 Kelvin
Akışkan Basınç Etkileri	Kapalı
Çözümleyici Tipi	Otomatik
Düzlemde Etkisi	Kapalı
Yumuşak Yay	Kapalı
Atalet Kabartması	Kapalı
Uyumsuz Bağlama Seçenekleri	Otomatik
Büyük Yer Değiştirme	Kapalı
Serbest Gövde Kuvvetlerini Hesapla	Açık
Sürtünme	Kapalı

Seçilen malzeme özelliklerinde en önemli değer akma mukavemeti ve gerilme değerleridir. Etüt zellikleri izelge 11.3’de gösterildiği gibidir.

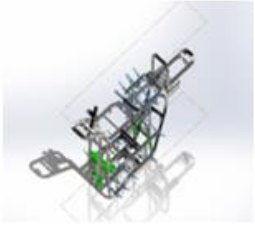
Fikstür Adı	Fikstür Resmi	Fikstür Detayları		
Sabitlenmiş-1		Objeler: 3 Yüzey Tip: Sabit Geometri		
Sonuç Kuvvetleri				
Bileşenler	X	Y	Z	Sonuç
Tepki Kuvveti (Newton)	-4,05736	21.359,10	1,85341	21.359,10
Tepki Momenti (Newton.metre)	0	0	0	0

şekil 11.3. Fikstürler (Solidworks,2022)

Analiz sonucunda ulaşılacak olan von mises ve gerilme mukavemeti bu değerler ile kıyaslanacaktır. Fikstürler şekil 11.3’de gösterildiği gibidir.

Yük Adı	Resim	Yük Detayları
Kuvvet-1		Objeler: 11 Yüzey Tip: Normal Kuvvete Değer: 3000 Newton

şekil 11.4. Yükler (Solidworks,2022)

Etkileşim	Etkileşim Görüntüsü	Etkileşim zellikleri
Global Etkileşim		Tip: Birleşmiş Bileşenler: 1 Bileşen Seçenekler: Bağımsız Mesh

şekil 11.5. Etkileşim Bilgisi (Solidworks,2022)

Çizelge 11.4. Mesh Bilgisi (Solidworks, 2022)

Etüt Özellikleri	
Mesh Tipi	Katı Mesh
Kullanılan Mesh	Karışık Eğrilik Tabanlı Mesh
Jakoben Noktalar	16 Noktalar
Maks. Eleman Boyutu	55,417 mm
Min. Eleman Boyutu	2,77085 mm
Mesh Kalitesi	Yüksek
Başarısız Parçaları Yeniden Meshle	Kapalı

Çizelge 11.5. Mesh Bilgisi-Detaylar (Solidworks, 2022)

Etüt Özellikleri	
Toplam Düğüm	259381
Toplam Elemanlar	128351
Maks. En-Boy Oranı	905,06
En-Boy Oranı < 3 olan elemanların % oranı	55,7
En-Boy oranı > 10 olan Elemanların Yüzdesi (sa;dk;sn)	2,97
Şekli Bozulmuş Elemanlar %	0
Mesh Tamamlama Süresi	00:01:29

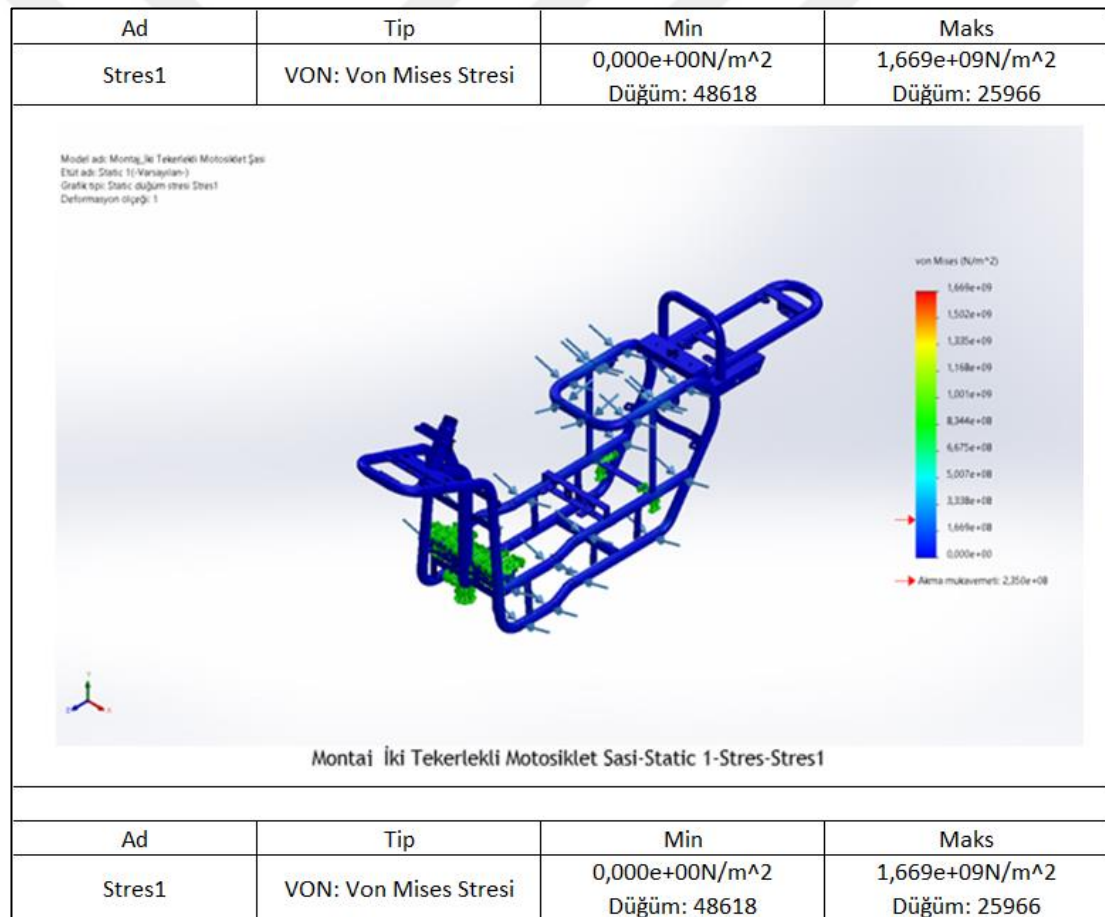
Bu analizde Mesh Tipi olarak yüksek kalitede, karışık eğrilik tabanlı, katı mesh uygulanmıştır ve mesh bilgisi Çizelge 11.6’da gösterilmiştir. Karışık eğrilik tabanlı mesh maksimum ve minimum eleman boyutlarının sonuçlarına ulaşmayı sağladığı için montajlı aynı zamanda da eğimli olarak yapılan bu çalışma için en uygun seçimdir ve mesh bilgisi detayı Çizelge 11.7’de gösterilmiştir.

12. SONUÇLAR

Tasarımı tamamlanan iki tekerlekli elektrikli motosiklet şasisinin yapısal dayanımını ortaya koymak için Solidworks 2022 programında statik analiz yapılmıştır.

Analiz gerçekleştirilirken şasi, direksiyon, ön ve arka tekerleklerden sabitlenmiş ve üzerine dağılımlı yük uygulanmıştır.

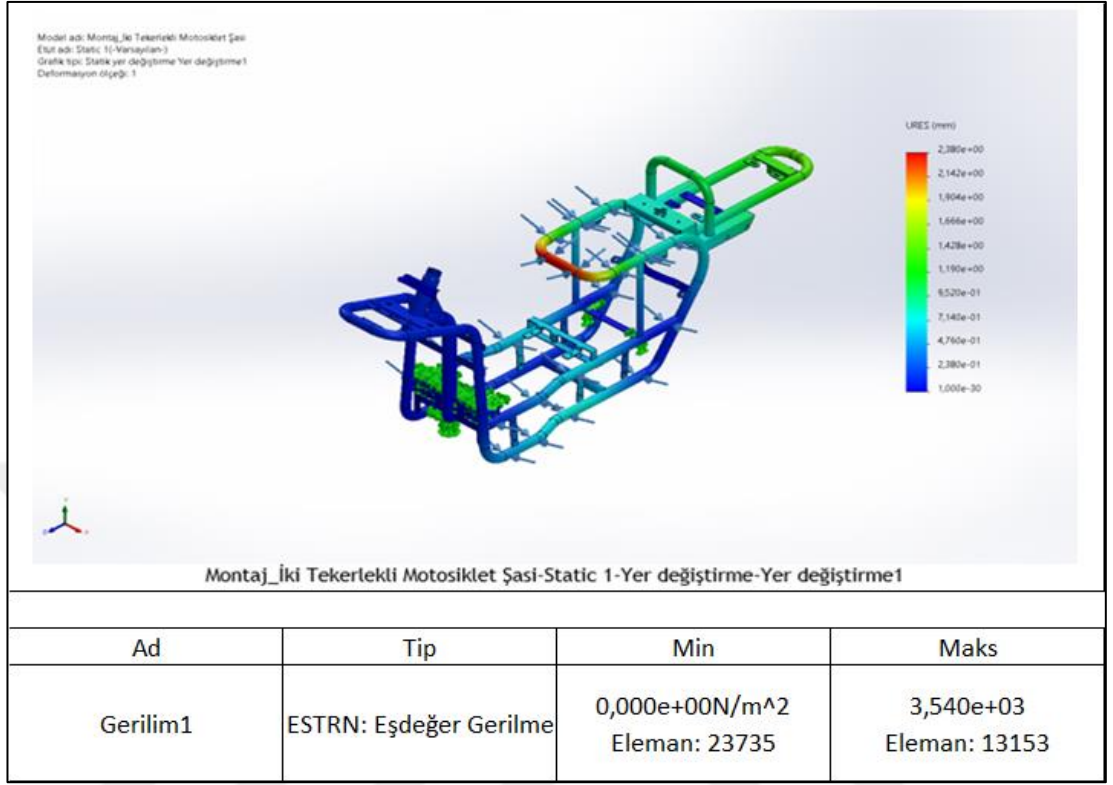
Uygulanan yük belirlenirken, 2 kişi taşıyacak olması ve üzerine bağlanacak olan motor kontrolör, batarya paketi, süper kapasitör gibi güç aktarma elamanlarının ağırlıkları toplamı referans alınarak 3000N kuvvet uygulanmıştır. Sonuç kuvvetleri Şekil 12.1’de gösterildiği gibidir.



Şekil 12.1. Sonuç Kuvvetleri (Solidworks, 2022)

Malzemenin akma dayanımı ve gerilme kuvvetleri yük altında göstereceği tepkiler için kritik değerlerdir. Şasi tasarımında kullanılan ST-37 için akma mukavemeti 2,35e+0,8

N/m², gerilme değeri 3,6e+0,8N/m²'dir. Etüt sonucu Şekil 12.2'de gösterildiği gibidir.



Şekil 12.2. Etüt Sonucu (Solidworks, 2022)

Uygulanan yük altında von mises değeri sonucu 1,669e+0,9 N/m²'dir. Akma mukavemeti 2,35e+0,8 N/m² olarak kullanılan ST-37 malzemesi için bu değer akma mukavemetinden büyük bir değer olduğu için akma mukavemeti açısından tasarım uygundur.

Uygulanan yük altında gerilme değeri 2.380e+00mm'dir. Şasi tasarımıda kullanılan ST-37 malzemesi için sınır değeri 3,6e+00mm olup çıkan gerilme değerinden büyük olduğu için gerilme mukavemeti açısından tasarım uygundur.

Uygulanan yük altında maksimum gerilme değeri 3,540e+0,3mm olup maksimum gerilme değeri olan 3,6e+00mm yakın bir değerdir. Bu yüzden şasi de kullanılan 2mm et kalınlığına sahip olan borunun daha ince kullanılmasının mümkün olmadığı sonucuna varılmıştır.

Sonuç olarak, hali hazırda yurt dışından getirilen ve üzerinden ölçümler alınarak tasarımı tamamlanan şasi üretim açısından uygun olduğuna karar verilmiştir ve imalatı gerçekleştirilmiştir. İmalatı gerçekleştirilen şasi Şekil 12.3’de gösterildiği gibidir.



Şekil 12.3. İmalatı Gerçekleştirilen Şasi

Bu projenin nihai sonucu çok olumlu olmuştur, çünkü hali hazırda yurt dışından getirilen şasi üzerinde tersine mühendislik uygulanılarak gerekli analizler yapılmış ve olumlu sonuçlar elde edilerek şasisinin imalatı gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR

1. Özbay, H., Közkurt, C., Dalcalı, A. ve Tektaş, M., 2020. Geleceğin ulaşım tercihi, Elektrikli araçlar, Akıllı UI Aşınım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi, 3, 1, 34-50.
2. Tarlak, H. ve İşen, E., 2018. Elektrikli Araçlar ve Akü Şarj Sistemleri, Kırklareli University Journal of Engineering and Science, 4, 1, 124-141.
3. Yazıcı, V. ve Özdemir, E., 2013. Elektrikli Araç Şarj Yöntemleri, 5.Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu, Kocaeli, 23-24, 288-292.
4. Yılmaz, M. ve Krein, T., 2012. Review of battery charger topologies, charging power levels, and infrastructure for plug-in electric and hybrid vehicles, IEEE transactions on Power Electronics, 28, 5, 2151-2169.
5. Kerem, A. ve Gürbak, H., 2020. Elektrikli araçlar için hızlı şarj istasyonu teknolojileri, Gazi University Journal of Science Part C, Design and Technology, 8, 3, 644-661.
6. Schmuelling B. ve Turki F., 2013. A SEPIC fed inductive charging device for electric vehicles, 2013 IV International Conference on 13-17, Istanbul, 1-2.
7. Durmuş, S. ve Kaymaz, H., 2020. Elektrikli Araç Şarj Yöntemleri. Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulama Dergisi, 3, 2, 123-139.
8. Kerem, A., 2014. Elektrikli araç teknolojisinin gelişimi ve gelecek beklentileri, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 5, 1, 1-13.
9. Nurmhammed, M. ve Karadağ, T., 2021. Elektrikli araç şarj istasyonlarının konumlandırılması ve enerji şebekesi üzerine etkisi konulu derleme çalışması, Gazi University Journal of Science Part A, 8, 2, 218-233.
10. Lukic, S. ve Pantic, Z., 2013. Cutting the cord, Static and dynamic inductive wireless charging of electric vehicles, IEEE Electrification Magazine, 1, 1, 57-64.
11. Bora, Y., 2017. Elektrikli araç sistemlerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
12. Muratoğlu, Y. ve Alkaya, A., 2016. Elektrikli araç teknolojisi ve pil yönetim sistemi inceleme, Elektrik Mühendisliği, 458, 10-14.
13. Rigan, M., 2020. Batarya yönetim sistemi tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, Türkiye.
14. Tanrısever, B., 2016. Geri dönülemez noktadayız, Elektrik Mühendisliği, 458, 18-22.

15. Gül, S., 2018. Elektrikli araçlar için batarya yönetim sistemi tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
16. Özbay H., Közkurt C., Dalcalı A. ve Tektaş M., 2013. Geleceğin ulaşım tercihi, Elektrikli araçlar, Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları, 3, 1, 34-50.
17. Avgın, M., 2012. Batarya şarj doluluk durumu model parametresinin G.E.P. ile tahmin edilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, Türkiye.
18. Chan, C., 2007. The state of art of electric, hybrid, and fuel cell vehicles, 95, 4, 704-718.
19. Ghassemieh, E., 2011. Materials in Automotive Application, State of the Art and Prospects, Marcello Chiaberge (editor), in New Trends and Developments in Automotive Industry, 10, 57-18. “
20. Cole, S. ve Sherman, M., 1995. Lightweight Materials for Automotive Applications, Materials Characterization, 35, 1, 3-9.
21. Cunat, P., J. 2000. Stainless Steel Properties for Structural Automotive Applications, Metal Bulletin International Automotive Materials Conference, 21-23.
22. Easton, M., Beer, A., Barnett, M., Davies, C. ve Dunlop, G., 2008. Magnesium Alloy Applications in Automotive Structures, Journal of Minerals, Metals, and Materials, 60, 11, 57-62.
23. Easton, M., Gibson, M., Beer, A., Barnett, M., Davies, C., Durandet, Y., Blacket, S., Chen, X., Biribilis, N. ve Abbott, T. 2012. The Application of Magnesium Alloys to the Lightweighting of Automotive Structures, 4th International Conference on Sustainable Automotive Technologies, Springer, 17-23.
24. Thilagavathi, G., Pradeep, E., Kannaian, T. ve Sasikala, L., 2010. Development of Natural Fiber Nonwovens for Application as Car Interiors for Noise Control, Journal of Industrial Textiles, 39, 3, 267-278.

URL-1 < <https://www.hedefcelik.com.tr/ST37.asp> > Erişim Tarihi: 16.06.2024.

URL-2 < <https://www.sigortam.net/elektrikli-araba-dezavantajlari-ve-avantajlari-nelerdir> > Erişim Tarihi: 16.06.2024.

URL-3 < <https://ev.hedeffilo.com/ev-gundem/blog/ilk-elektrikli-araba-nedir-ne-zaman-ve-kim-tarafindan-yapilmistir> > Erişim Tarihi: 16.06.2024.

URL-4 < <https://skywell.com.tr/elektrikli-araba-calisma-prensibi-nedir/> > Erişim Tarihi: 16.06.2024.

URL-5 < https://www.arabam.com/blog/elektrikli_dunyasi/elektrikli-otomobil-uretiminin-tarihi/ > Erişim Tarihi: 16.06.2024.

URL-6

<https://acikbilim.yok.gov.tr/bitstream/handle/20.500.12812/222817/yokAcikBilim_10305413.pdf?isAllowed=y&sequence=-1> Erişim Tarihi: 16.06.2024.

URL-7

<https://help.solidworks.com/2020/Turkish/SolidWorks/cworks/c_Mesh_Quality_Checks.htm> Erişim Tarihi: 16.06.2024.

URL-8

<http://uvt.ulakbim.gov.tr/uvt/index.php?ano=227431_ca0369299f75427760878c5b57f0c766&c=iparadigms&cwid=9&vtadi=TMUH> Erişim Tarihi: 16.06.2024.

URL-9 < <https://www.proquest.com/docview/2753382043>> Erişim Tarihi: 16.06.2024.

URL-10

<https://acikerisim.uludag.edu.tr/jspui/bitstream/11452/32274/1/Hasan_Korkut.pdf> Erişim Tarihi: 16.06.2024.

URL-11 < <https://www.egitimyayinevi.com/doc/373>> Erişim Tarihi: 16.06.2024.

URL-12 < <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/224944>> Erişim Tarihi: 16.06.2024.

URL-13 < <https://tr.wikipedia.org/wiki?curid=3499586>> Erişim Tarihi: 16.06.2024.

URL-14 < <https://ebin.pub/advanced-contemporary-control-proceedings-of-kka-2020the-20th-polish-control-conference-od-poland-2020-1st-ed-9783030509354-9783030509361.html>> Erişim Tarihi: 16.06.2024.

URL-15 < <https://elektriginyolu.com/category/sarj-teknolojisi/>> Erişim Tarihi: 16.06.2024.

URL-16 < <https://www.birikimpilleri.com/tr/blog/kursun-asit-aku-nasil-calisir/159>> Erişim Tarihi: 16.06.2024.

URL-17 < <https://www.batkon.com/aku-batarya-teknolojileri>> Erişim Tarihi: 16.06.2024.

URL-18 < <https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/bisiklet-kim-ne-zaman-icat-etti>> Erişim Tarihi: 16.06.2024.

URL-19 < <https://www.endurokan.com/2022/08/29/motosiklet-sasi-tasarimlari-kullanilan-sase-tipleri/>> Erişim Tarihi: 16.06.2024.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Merve Asena YILDIZ

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Lisans : Aksaray Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü,
2011-2018

Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi, Makine Mühendisliği Anabilim
Dalı, 2021-2024

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

1. 2017-2018 Okçuerler Tekstil/ Üretim Mühendisi
2. 2018-2019 Olimpiyat Isı Makine/ Üretim Mühendisi
3. 2019-2020 İnanç Savunma/ Kalite Kontrol Mühendisi
4. 2020-2021 Parkkent Mobilyaları/ Üretim Mühendisi
5. 2021-Devam Ediyor Sumitomo Rubber Ako/ Üretim Mühendisi

TEZDEN ÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER

Kongrelerde Sunulan Bildiriler

1. Yıldız, M., Demiryürek, Ş. ve Şahin, N., 2024. İki Tekerlekli Elektrikli Motosiklet Şasisinin Yapısal Dayanımının Nümerik İncelemesi ,10. Uluslararası Ankara Bilimsel Araştırmalar Kongresi.