ULUSLARARASI EFFICIENCY CHALLENGE

ELEKTRİKLİ ARAÇ YARIŞLARI

TEKNİK TASARIM RAPORU

Teslim Tarihi: 1 - 4 Ağustos 2021

ÜNIVERSITE: BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ

ARAÇ VE TAKIM ISMI: AYVAZ ELEKTROMOBİL

DANIŞMAN (VARSA): Dr. Öğretim Üyesi Kadir GELİŞ

TAKIM KAPTANI: Abdurrahman Doğan ÇEVİREN

KATEGORI: ■ **ELEKTROMOBIL** □**HIDROMOBIL**

İÇİNDEKİLER

1. Araç Özellikleri Tablosu 6

2. Dinamik Sürüş Testi 7

3. Yerli Parçalar 7

4. Motor 7

4.1 Giriş 8

4.2 Tasarım Bilgileri 9

4.2.1 Konum Algılayıcılar 10

4.2.2 Başlangıç Parametrelerinin Hesaplanması 10

4.2.3 Tasarım Kriterleri ve Denemeleri 11

4.2.4 Oluk – Kutup Oranın Tasarıma Etkisi 12

4.2.5 Farklı Sac Tiplerinin Motor Üzerine Etkisi 13

4.2.6 Sargı Yapısı 14

4.4 Motor Mekanik Teknik Tasarım Raporu 20

4.4.1 Rotor 21

4.4.2 Stator 22

4.4.3 Motor mili 24

4.4.4 Ön kapak 25

4.4.5 Rulman yatağı 26

4.4.6 Rulman 27

4.4.7 Mıknatıs 28

4.4.8 Motor Montaj 29

4.5 Analiz 30

4.5.1 Motor Mili 30

4.5.2 Rulman Yatağı 32

4.5.3 Ön Kapak 35

5. Motor Sürücü 36

6. Batarya Yönetim Sistemi (BYS) 40

6.1 Dengeleme Yöntemi 40
6.2 SOC Tahmin Algoritması 41
6.3 Kontrol Algoritması 41
6.4 Devre Tasarımı 43
6.4.1 Gerilim ve Sıcaklık Okuma 43
6.4.2 Mikrodenetleyici Devresi 44
6.4.3 Anahtarlamalı Direnç Tasarımı 44
6.4.4 Röle ve Diğer Bileşenlerin Tasarım Devresi 45
6.5 SİMÜLASYON ÇALIŞMALARI 46
6.6 Baskı Devre Çalışmaları 47
6.7 Üretim Çalışmaları 48
Tablo 6.8 Karşılaştırma Tablosu 51
7. Yerleşik Şarj Birimi (YŞB) 52
7.1 Yerleşik Şarj Birimi Çalışma Prensibi: 53
7.2 Özellikler 55
8. Enerji Yönetim Sistemi (EYS) 55
9. Batarya Paketi 55
9.1 Hücrelerin Özellikleri 56
9.2 Şarj-Deşarj Karakteristiği 56
9.3 Sıcaklık Değişimine Bağlı Deşarj Karakteristiği 57
9.4 Pil Ömrü 57
9.5 Batarya Kutusu Mekaniği 58
9.5.1 Hücre Yerleşim Planı 58
9.5.2 Termal Yönetim 60
9.6 Elektrik ve Kontrol Ünitesi 61
9.7 Güvenlik önlemleri 63
9.8 Batarya Kutusu Malzemelerinin Tasarımı 64
9.9 Batarya Paketinin Araca Bağlantısı 66
10. Elektronik Diferansiyel Uygulaması 66
11. Araç Kontrol Sistemi (AKS) 67
11.1 Mikroişlemci 67
11.2 Tanı 72
11.3 Araç Durumu ve Bilgilendirme Ekranı 74

11.4 Verilerin İzleme Merkezine İletilmesi 77
11.4.1 RF Haberleşme 77
11.4.2 RF Alıcı Mikroişlemci-Arduino Nano 79
11.5 Telemetri 80
11.6 Log Kaydının Tutulması 81
12. İzolasyon İzleme Cihazı 83
13. Direksiyon Sistemi 83
14. Kapı Mekanizması 84
15. Mekanik Detaylar 88
15.1 Ön Takım Düzeneği 88
15.2 Arka Düzenek 93
15.3 Sol Tekerlek İçin Serbest Dingil 94
15.4 Teknik Resimler 100
15.5 Mukavemet Analizleri 100
15.6 Dış Kabuk Üretimi 101
15.7 Kalıp Üretimi ve İşlemleri 106
15.9 Pano İmalatı (Torpido) 119
15.10 Döşeme 123
15.11 Koltuklar 124
15.12 Emniyet Kemerleri 125
15.13 Direksiyon 126
15.14 Kontrol Paneli 127
15.15 Durdurma Düğmesi 128
15.16 Enerji Hesabı 128
15.16.1 Düz Yoldaki Harcanan Enerji 128
15.17 Maliyet Tablosu 129
16. Yakıt Pili 129
17. Yakıt Pili Kontrol Sistemi 130
18. Araç Elektrik Şeması 130
19. Orijinal Tasarım 132
19.1 Pnömatik Süspansiyon 132

19.2 Salıncak ve Kontrol Kolu Burcu 133
19.3 Süspansiyon Başlığı 134
19.4 İç Süspansiyon Mili 135
19.5 Süspansiyon İç Keçesi 136
19.6 Süspansiyon Alt Kapağı 137

1. Araç Özellikleri Tablosu

Özellik	Birim	Değer
Uzunluk	mm	3300
Genişlik	mm	1600
Yükseklik	mm	1200
Şasi	Malzeme	Alüminyum 6061 serisi
Kabuk	Malzeme	Karbon Fiber
Fren sistemi	Hidrolik disk, ön, arka, el freni	Hidrolik Disk
Motor	Tip	BLDC Hub Motor
Motor sürücüsü	Kendi tasarımları, hazır ürün	Hazır
Motor gücü	kW	3.5 kW
Motor verimliliği	%	%87
Elektrik makinesi ağırlığı	kg	25 kg
Batarya	type	Li-İon
Batarya paketi nominal gerilimi	V	72 V
Batarya paketi kapasitesi	Ah	55.1 Ah
Batarya paketi maksimum gerilimi	V	84 V
Batarya paketi enerjisi	Wh	3967 Wh
Yakıt pili gücü	kW	
Hidrojen silindirleri sayısı	#	
Hidrojen silindir basıncı	bar	
Süperkapasitör	Evet/hayır	
Kategorinize uygun olan boşlukları doldurmalısınız		

2. Dinamik Sürüş Testi

https://sendgb.com/9IqFtvEOCmy

3. Yerli Parçalar

1. Motor	Elektromobil ve Hidromobil için zorunlu	☒
2. Motor sürücüsü	Elektromobil ve Hidromobil için zorunlu	☐
3. Batarya yönetim sistemi (BYS)	Elektromobil ve Hidromobil için zorunlu	☒
4. Yerleşik şarj birimi	Elektromobil için zorunlu	☐
5. Enerji yönetim sistemi *	Hidromobil için zorunlu	☐
6. Batarya paketleme	Opsiyonel	☒
7. Elektronik diferansiyel uygulaması	Opsiyonel	☐
8. Araç kontrol sistemi (AKS)	Opsiyonel	☒
9. Yakıt pili *	Opsiyonel	☐
10. Yakıt pili kontrol sistemi *	Opsiyonel	☐
11. İzolasyon izleme cihazı	Opsiyonel	☐
12. Direksiyon sistemi	Opsiyonel	☐
13. Kapı mekanizması	Opsiyonel	☐

4. Motor

Link;
https://sendgb.com/aP0dMXQmsqN

4.1 Giriş

Elektrikli araçlar gelişen teknoloji ile beraber yaygınlaştığı için çeşitli birçok tasarım ortaya çıkarmaktadır fakat bunların arasında motor, motor sürücü ve batarya yani pil kategorileri ön plana çıkar. Piller vasıtası ile kimyasal enerji sayesinde aldığı enerjiyi hareket enerjisine çeviren elektrik motorları aracın verimliliğini ve performansını etkileyen başlıca bir husustur. Bu sebepten ötürü kullanılacak alana uygun motor seçimi önemli bir aşamadır, üniversite bünyesinde TÜBİTAK elektrikli araç yarışlarına katılacak olan Ayvaz elektromobil aracı için proje kapsamında uygun elektrikli motor hub motor olarak belirlenmiş olup ilk aşama olarak elektrik motorun sahip olması gereken güç, tork, hız değerleri kararlaştırılmıştır. Bu aşamadan sonra sonlu elemanlar yöntemi kullanan bilgisayar destekli analiz programı olan Ansys MotorCAD programında başlangıç değerleri girildi ve tasarımı yapıldı. Buradan elde edilen analiz sonuçları yorumlanıp elektrikli araca uygun olup olmadığı hem maliyet hem de istenilen değerler açısında belirlendikten sonra motor üretim aşamasına geçildi.

4.2 Tasarım Bilgileri

Tablo 4.2.1 Tasarım Basamakları

4.2.1 Konum Algılayıcılar

Bldc-hub motorların çalışmasının sensörlü ve sensörsüz çalışma şekilleri vardır. Yapılacak olan motorun ilk testleri için hall etkili sensörler kullanılarak çalışması gerçekleştirilmektedir. Bunun sebebi hazır bulunan sürücünün sensörlü çalışma yapısına sahip olmasıdır. Motorda kullanlan Allegro marka US1881 hall sensörüdür, gürültülü çalışma ortamlarında ve stabil çalışma yönünden avantajları bulunduğu için tercih edilmiştir.

4.2.2 Başlangıç Parametrelerinin Hesaplanması

Yapılan planlamaya uygun olarak adım adım gidilerek tasarım ve üretimi yapıldı. Aşağıdaki tabloda elektrik motorundan istenen değerler belirlenerek buna uygun ve yakın yapıldı.

Tablo 4.2.2.1 Temel Parametreler

Güç (kW)	3.5 kW
Gerilim (V)	72 V
Max. Hız (rpm)	1000 rpm
Araçta Hedeflenen Ağırlık (kg)	300-350 kg
Motor Nominal Moment Değeri (N.m)	45 – 50 N.m

Aracın ihtiyacı olan güç değeri aşağıdaki hesaplamalara göre yaklaşık olarak belirlenmiştir.

$F_{tr} = F_r + F_{ad} + F_h + F_a$, Burada F_{tr} (çekiş kuvveti), F_r (yuvarlanma direnci kuvveti) , F_{ad} (hava direnci kuvveti) , F_h (tırmanma kuvveti) , F_a (ivmelenme kuvveti)

$F_r = f_r mg = 9.8 \times 300 \times 0.007 = 20.58$

$F_{ad} = \frac{1}{2} pAC_d \times v^2 = \frac{1}{2} \times 1.225 \times 1.56 \times 0.38 \times 70^2 = 1779.141$

$F_h = mgsina = 300 \times 9.8 \times sin5 = 256.237$

$F_a = ma = 1500$

Toplamda F_{tr}=3555.958 ‘ dir. Çıkan bu değeri programda kullanıldı ve bakılan diğer parametrelere göre gücün 3.5 kW olmasına karar verildi. Çalışma gerilimi projede bulunan batarya gerilimi ile aynı olarak 72 V seçildi.

Motor Güç Eşitliği:

$$P_{elm} = \frac{\pi^2}{\sqrt{2}\times 60} \times k_w \times A \times B_g \times L \times n_s \times D^2 = C \times D^2 \times L \times n_s$$

$$3500 = \frac{\pi^2}{\sqrt{2}\times 60} \times 0.966 \times 0.50 \times 15 \times 1.206 \times D^2 \times L$$

$$D^2 \times L = 3443886.655\ mm^3$$

$$D^2 \times \frac{D}{5.72} = 3443886.655 \rightarrow D = 270.073\ mm\ , L = 47.215\ mm$$

$$TRV = \frac{T}{\frac{\pi^2 \times D^2 \times L}{4}} = 25$$

Bulunan bu değer 15-50 kNm/m^3 arasında olduğu için yüksek performanslı servo motor gibi denilebilir.

Manyetik Akı:

$$\emptyset = \frac{2}{\pi} \times 0.50 \times 0.032 \times 0.047 = 0.478\ mW$$

Yaklaşık değerler belirledikten sonra Ansys Motor-Cad programı kullanılarak tasarıma koyuldu ve son olarak;

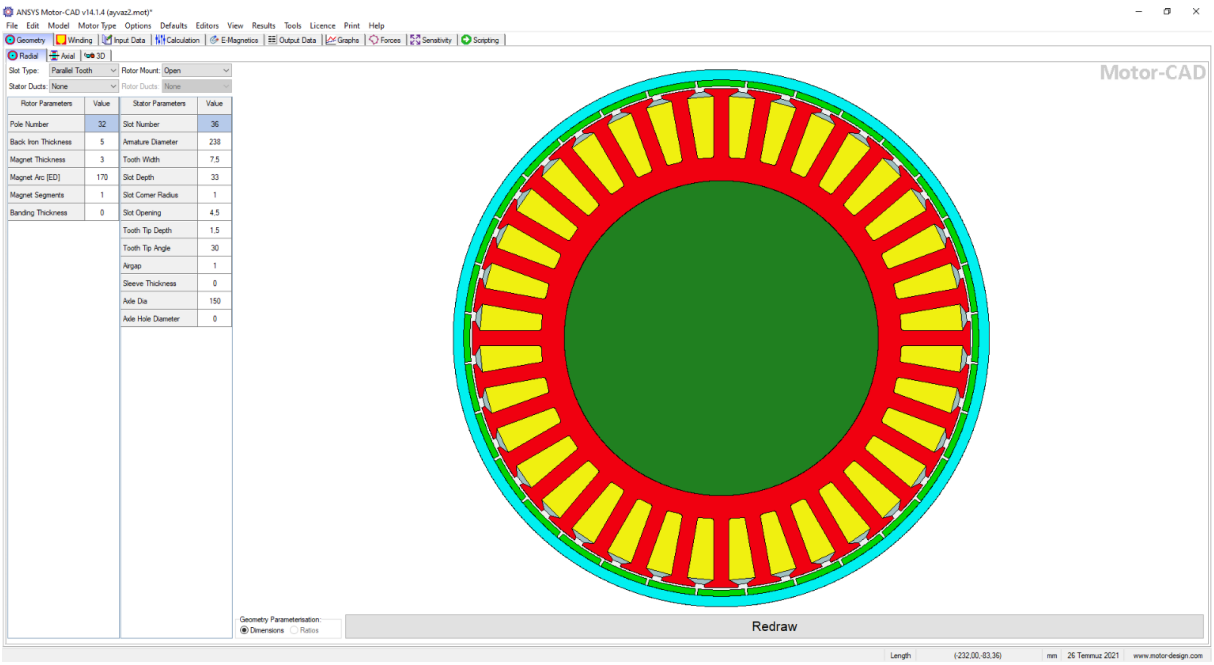
D = 238 mm, L = 30 mm olarak belirlendi.

4.2.3 Tasarım Kriterleri ve Denemeleri

Yapılacak olan elektrik motorunda rpm, güç, vuruntu torku, verim, yük altında kalkınma akımı ve motorun sıcaklık değerleri önemlidir.

- İstenilen rpm aralığı maksimum 1000 d/d
- Maksimum güç 4500 W
- Motorun ilk çalışmasında etkisi olan cogging tork ise alacağı en yüksek değer 0.6 Nm
- Batarya, motor sürücü ve motor sargısına dikkat edilerek istenilen kalkınma akımı maksimum 80 A
- Aracın yarışta kullanma rpm aralığına bakarak en yüksek verim %87 gibi parametrelere dikkat edilmiştir.

Yapılan bu denemelerde parametrelerin hangi değerlere etkisinin olduğunu ve hangi ölçüde etkilediğini görebilmektir.



Şekil 4.2.3.1 Ansys MotorCAD Arayüzü

4.2.4 Oluk – Kutup Oranın Tasarıma Etkisi

Tekerlek için motorların verime etki eden etkenlerden bir tanesi de oluk kutup sayısının tercihidir. Genel olarak oluk-kutup sayısının belirlenmesinde belli başlı hesaplamalar olmasa da bazı temel kriterler vardır bunlar;

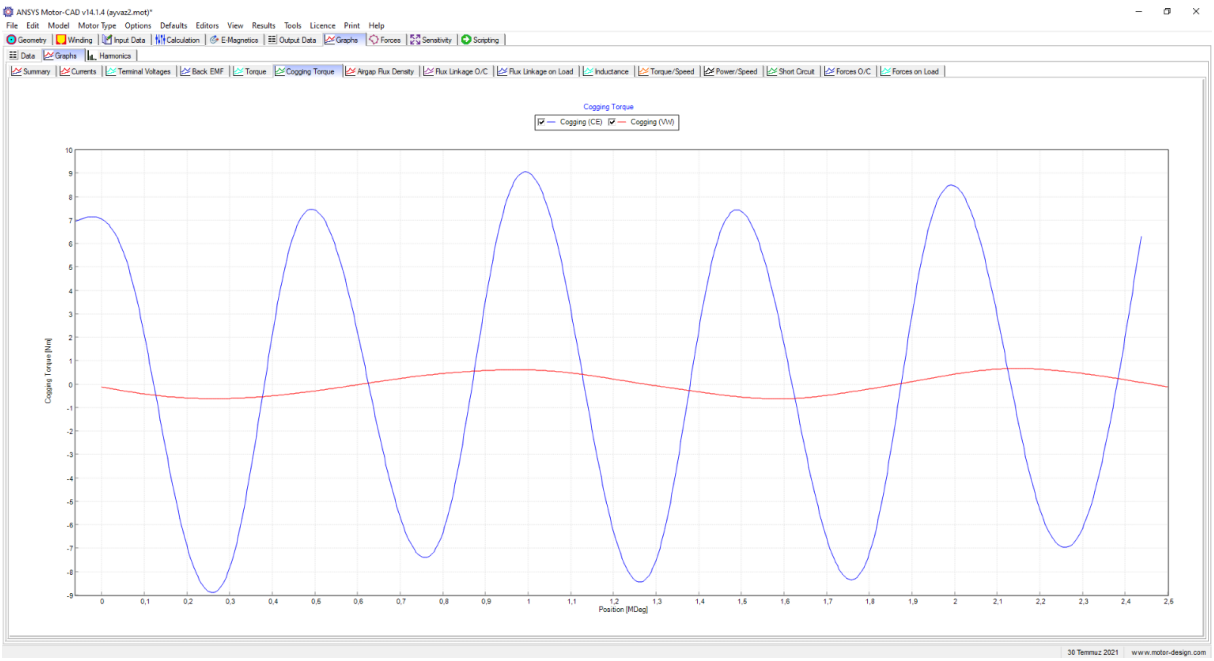
- Dengesiz manyetik kuvvetler olmaması
- Seçilen oluk-kutup sayısının sargı faktörü değerinin yüksek olması

Aşağıda verilen tabloda farklı oluk-kutup sayılarının motor üzerine verim etkisi incelenmiştir

Tablo 4.2.4.1 Oluk-Kutup Oranı Denemeleri

Oluk/kutup sayısı	24/18	36/32	36/24	36/28	36/30
Sürtünme ve rüzgar kaybı(W)	12,17	9,17	7,2	8,2	10,6
Demir kaybı (W)	1,13	1,21	0.58	1,2	1,4
Bakır kaybı (W)	553,23	634	2312	3526	3219
Toplam kayıp (W)	905	1011	2803	4137	3804,7
Çıkış gücü (W)	3000,5	3000	3001,3	2702.7	2564,2
Giriş gücü (W)	3905,9	4011	5804,5	6839,7	6368,9
Verim (%)	76,82	74	51,7	39,51	40,26
Hız (min^-1)	477,095	390	200	134	127
Moment (N.m)	60,05	65	143	191,265	191

Yapılan bu analizin amacı oluk- kutup oranı direkt olarak nelere etkilediğini görmektedir. Çıkan verimlerin kötü olması aynı ölçülerin farklı oluk/kutup oranlarında denendiği içindir.



Şekil 4.2.4.1 Cogging Tork

Değişen oluk kutup oranları başta olmak üzere stator paketinin boyu, mıknatıs genişlikleri, hava boşlukları gibi parametrelerin etkilediği cogging tork(vuruntu momenti) dikkat edilmesi gereken önemli noktalardandır. Tasarımı yapılan motorun cogging torku 0.6 Nm olarak görülmüştür.

4.2.5 Farklı Sac Tiplerinin Motor Üzerine Etkisi

Kullanılacak olan sac tipinde aranan belli başlı özellikler vardır bunlar;

- Demir kayıpların düşük olması.
- Düşük manyetik alan şiddetinde büyük manyetik akı yoğunluğu oluşturması(B-H eğrisi).
- Hacim ve ağırlık.
- Maliyet

olarak sıralanır.

Bu aşamada piyasada bulunan, motor imalatı sırasında çok tercih edilen ve Ansys Motor-Cad paketinde bulunan sac paketlerinin motor üzerindeki verime etkisi incelendi.

Tablo 4.2.5.1 Silis Tipine Göre Analizler

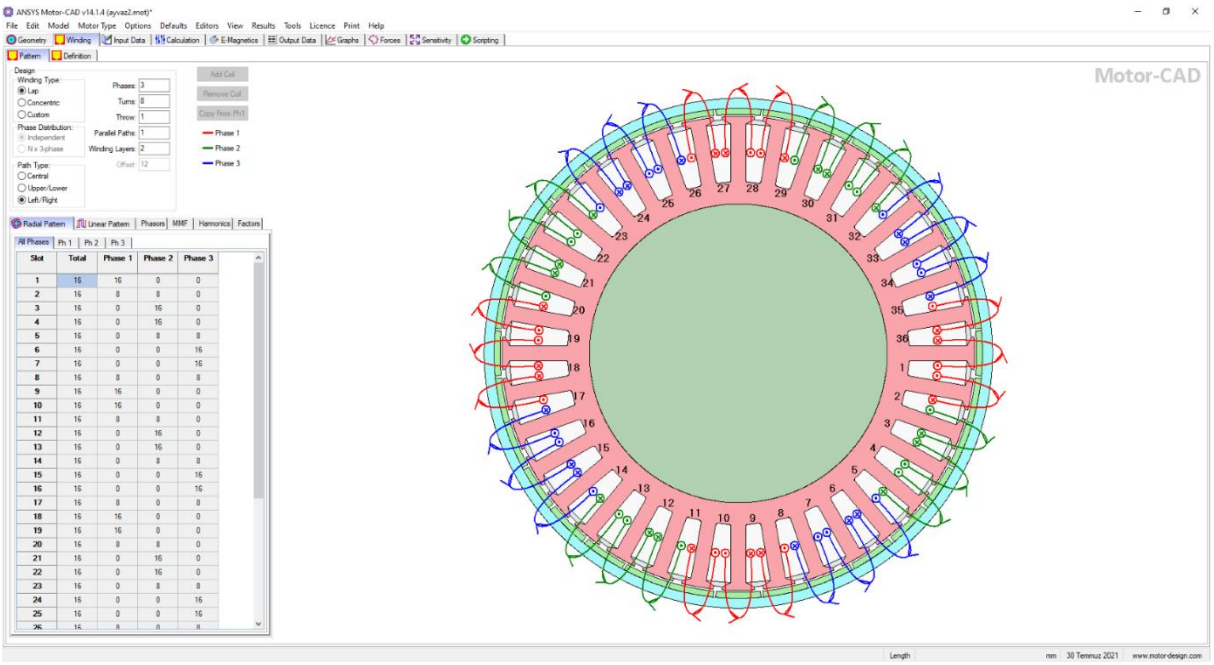
SAC TİPİ	DEMİR KAYBI(W)	VERİM (%)
M15_26G	20	74
M15_29G	22.914	74
M19_24G	30.154	73.91
M19_26G	25.792	73.99
M19_29G	23.28	74.03
M22_24G	31.62	73.86
M22_26G	27.24	73.94
M22_29G	25	73.98
M27_24G	34.161	73.83
M27_26G	30	73.91
JFE Steel M290-50A	27.456	73.96
M36_24G	37.054	73.7
M36_26G	32.58	73.85
M36_29G	29.61	73.9
M43_26G	35.64	73.8
M43_29G	31.38	73.88
steel_1008	1.2mW	75
steel_1010	1.1mW	74

Sonuç olarak tasarıma bağlı kalınarak JFE Steel M290-50A silisli sac kullanıldı.

4.2.6 Sargı Yapısı

Düşük hız aralığına sahip motorlarda motorun bakır kayıpları daha fazla göz önüne alınmalıdır. Bakır kayıplarını azaltmak için kullanılan telin çapı arttırıldı ve 1.5 mm yapıldı bu sayede direnç düşerek kayıplar

ı azalttı. Fakat gücü arttırdığı gibi diğer parametrelerde etkisi olmuştur. Sarım sayısının artması maksimum hız değerinin azalttığı için aralarında ters orantı olduğu çıkartılabilir. Tur sayısı arttıkça tork artmaktadır.



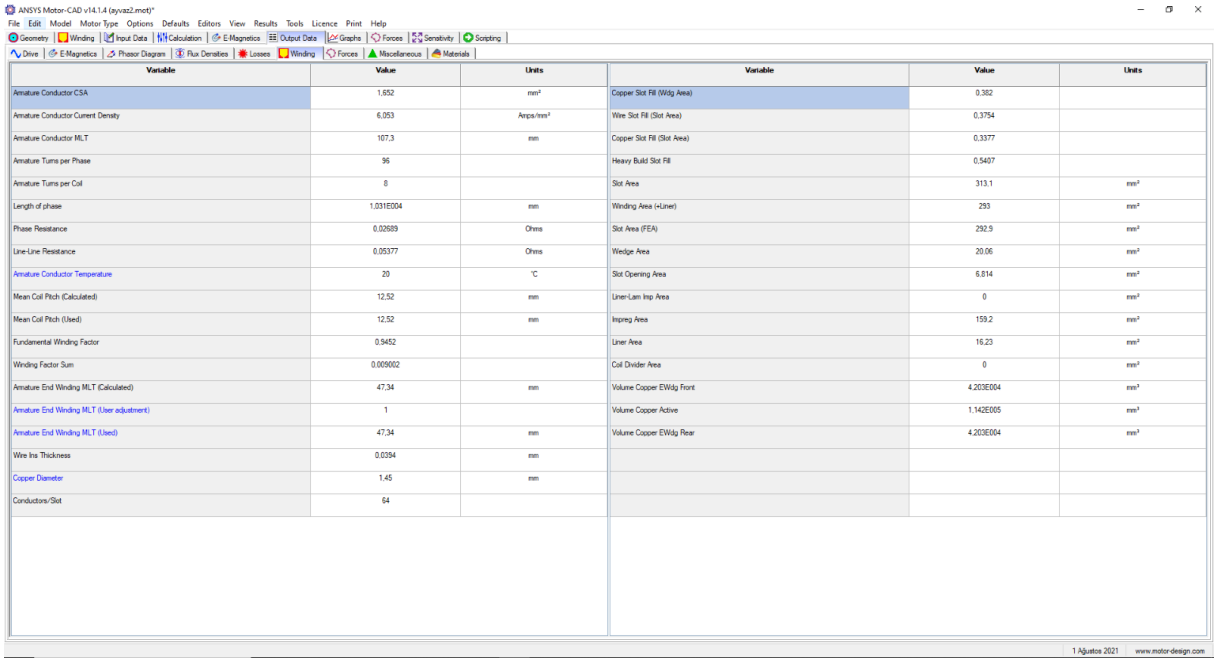
Şekil 4.2.6.1 Sarım Şeması

Tek katmanlı sarımda katmanlar arası yalıtıma gerek yoktur bu nedenle oluk doluluk oranı çift katmanlıya göre daha düşük olabilmektedir, çift katmanlı yapıda ise gerek vardır. Çift katmanlı yapıda elektriksel risk daha yüksektir. Yüksek güç uygulamalarında kullanılır.

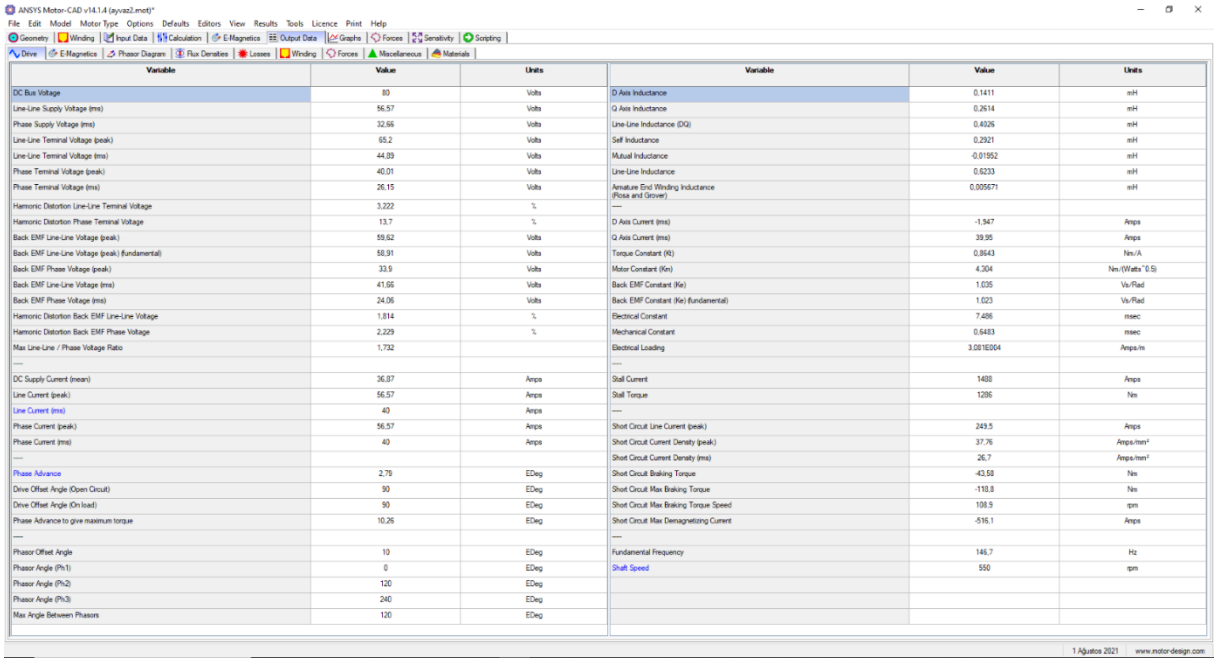
Tablo 4.2.6.1 Sargı Yapısına Göre Analizler

SARGI YAPISI	TEK KATMANLI TAM KALIP SARGILI	ÇİFT KATMANLI YARIM KALIP SARGI	ÇİFT KATMANLI TAM KALIP SARGILI
Toplam kayıp(W)	9297.7	585.55	511.54
Çıkış Gücü(W)	2504.9	2999.9	3000.4
Giriş Gücü(W)	11803	3585.4	3511.9
Nominal Hız(min−1*min−1*)	103.18	508.676	465.506
Verim (%)	21.223	83.6685	85.4341

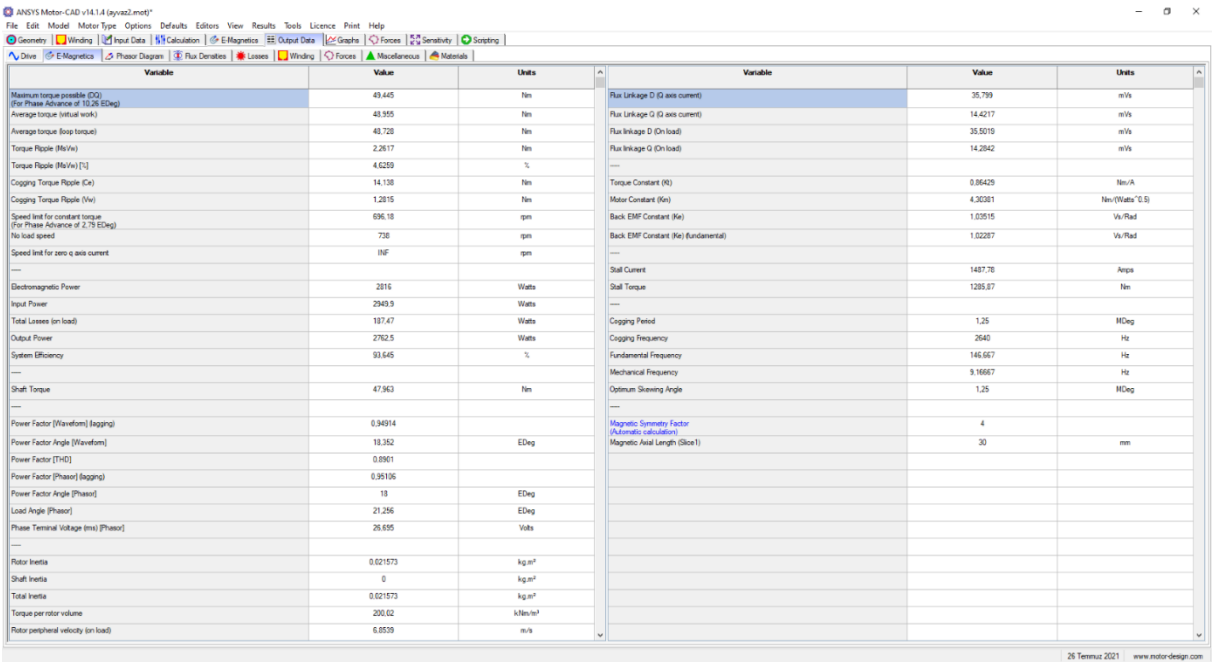
Motorun programda çıktısına bakılırsa girilen materyaller ile yaklaşık 25 kg olduğu görülmüştür. Bunun dışında cogging torkun düşük gelmesi ve kalkınma anında çekeceği akımın istenilen değerlerde tutulması tasarım için doğru bulunmuştur. Tasarım sırasında motor sarımının daha kolay olması için düşünülen doluluk oranın değeri de yine kolaylık sağlamıştır.



Şekil 4.2.6.2 Motor Direnç Değeri



Şekil 4.2.6.3 Motor Endüktans Değeri



Variable	Value	Units	Variable	Value	Units
Maximum torque possible (DQ) (For Phase Advance of 10.26 EDeg)	49.445	Nm	Flux Linkage D (Q axis current)	35.799	mVs
Average torque (virtual work)	48.555	Nm	Flux Linkage Q (Q axis current)	14.4217	mVs
Average torque (loop torque)	48.728	Nm	Flux linkage D (On load)	35.5019	mVs
Torque Ripple (MsVw)	2.2617	Nm	Flux linkage Q (On load)	14.2842	mVs
Torque Ripple (MsVw) [%]	4.6259	%	----		
Cogging Torque Ripple (Ce)	14.138	Nm	Torque Constant (Kt)	0.86429	Nm/A
Cogging Torque Ripple (Vw)	1.2815	Nm	Motor Constant (Km)	4.30381	Nm/(Watts^0.5)
Speed limit for constant torque (For Phase Advance of 2.75 EDeg)	696.18	rpm	Back EMF Constant (Ke)	1.03515	Vs/Rad
No load speed	738	rpm	Back EMF Constant (Ke) (fundamental)	1.02287	Vs/Rad
Speed limit for zero q axis current	INF	rpm	----		
----			Stall Current	1487.78	Amps
Electromagnetic Power	2816	Watts	Stall Torque	1285.87	Nm
Input Power	2949.9	Watts	----		
Total Losses (on load)	187.47	Watts	Cogging Period	1.25	MDeg
Output Power	2762.5	Watts	Cogging Frequency	2640	Hz
System Efficiency	93.645	%	Fundamental Frequency	146.667	Hz
----			Mechanical Frequency	9.16667	Hz
Shaft Torque	47.963	Nm	Optimum Skewing Angle	1.25	MDeg
----			----		
Power Factor (Waveform) (lagging)	0.94914		Magnetic Symmetry Factor (Automatic calculation)	4	
Power Factor Angle (Waveform)	18.352	EDeg	Magnetic Axial Length (Slice1)	30	mm
Power Factor (THD)	0.8901				
Power Factor (Phasor) (lagging)	0.95106				
Power Factor Angle (Phasor)	18	EDeg			
Load Angle (Phasor)	21.256	EDeg			
Phase Terminal Voltage (rms) (Phasor)	26.695	Volts			

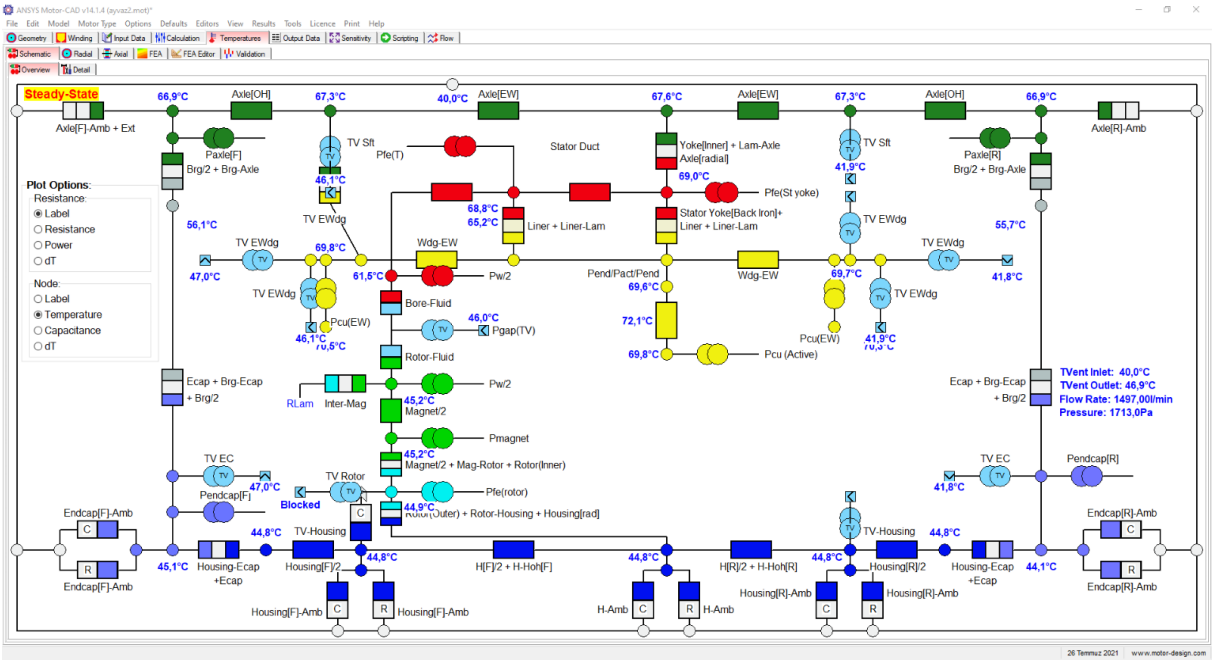
Rotor Inertia	0.021573	kg.m²			
Shaft Inertia	0	kg.m²			
Total Inertia	0.021573	kg.m²			
Torque per rotor volume	200.02	kNm/m³			
Rotor peripheral velocity (on load)	6.8539	m/s			

Şekil 4.2.6.4 Performans Çıktıları

Ansys Motor-Cad programında sarım bilgileri tasarımda önemli bir noktada oluşturmaktadır. Bu kapsamda yapılan analizler sonucu oluk başına 8 tur ve her bir demette 4 adet 1.50 mm kesite sahip teller belirlenmiştir.

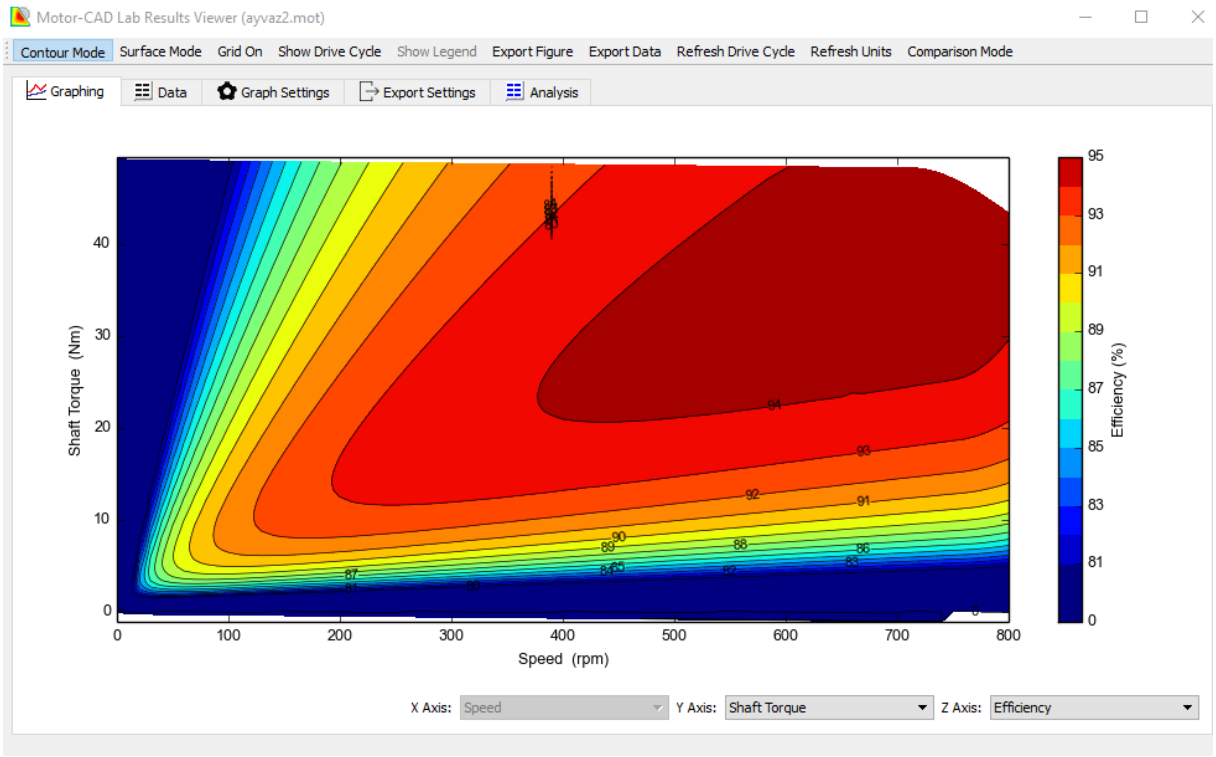
Şekil 4.2.6.5 Tork Hız

Elektrik motorlarında tork-hız grafiği dikkat edilmesi gereken noktalardandır, burada elektrikli aracın istenilen rpm aralıklarında yeterli tork değerinin hesaplanması ve sabit tork bölgesine bakılmalıdır.



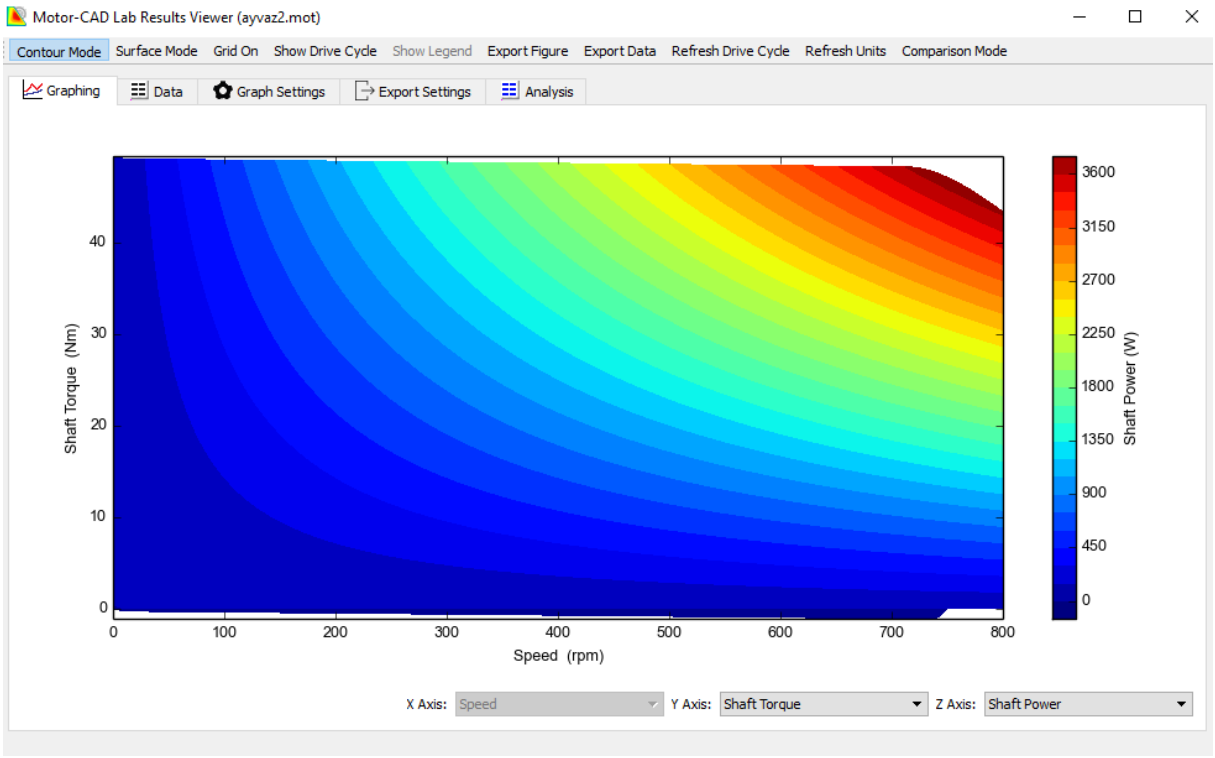
Şekil 4.2.6.6 Sıcaklık Analizi

Ansys MotorCAD üzerinden yapılan termal analiz sonuçlarına göre elektrik motorunun belirlenen zorluk değerlerinde ortaya çıkacak sıcaklık değeri gösterilmektedir.



Şekil 4.2.6.7 Tork-Verimlilik

Elektrikli motorun analizlerde çıkan yüksek verimli sonuçlar çıkartmasına rağmen üretim proesesleri ve malzeme kalitesi gibi kısımlar düşünelerek tasarım yapıldı ve sonuç olarak %87 verime sahip motor üretilmiş olundu.



Şekil 4.2.6.8 Tork-Çıkış Gücü

4.4 Motor Mekanik Teknik Tasarım Raporu

Yapılmış olan araştırmalar ve geliştirmeler sonucunda motor mekanik tasarımı tamamlanmıştır.

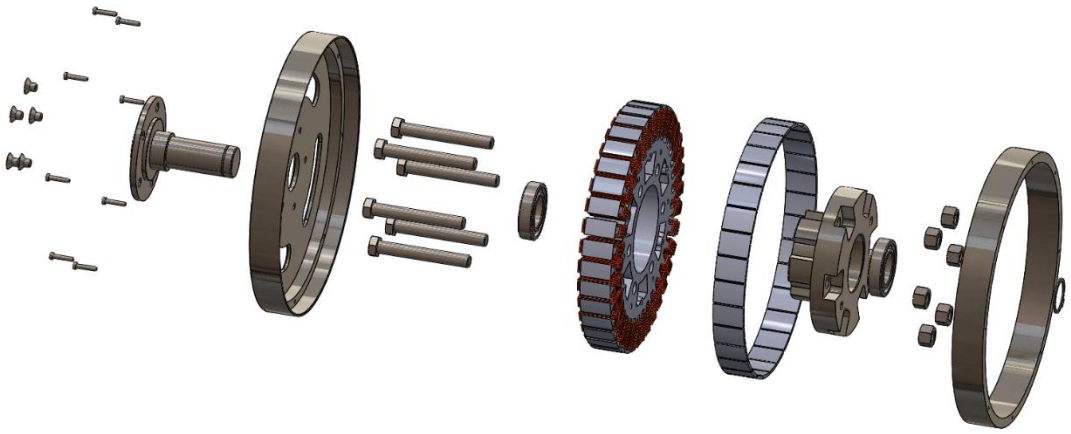
Üretim süreci için gerekli malzemeler tedarik edilmiştir. Üretime geçilmesi için gerekli talaşlı imalat tezgahları tespit edilmiştir.

(cnc torna tezgahı, cnc freze tezgahı, sütun matkap tezgahı vs.)

Daha sonra her bir motor parçası için farklı olarak istenilen şekil geometrisi için uygun talaşlı imalat yöntemleri uygulanmıştır.

Malzeme siparişi verilirken malzemenin sahip olduğu sertlik değeri, çekme dayanımı değeri, basma dayanımı değeri vb. faktörler bu seçimde yararlı olmuştur.

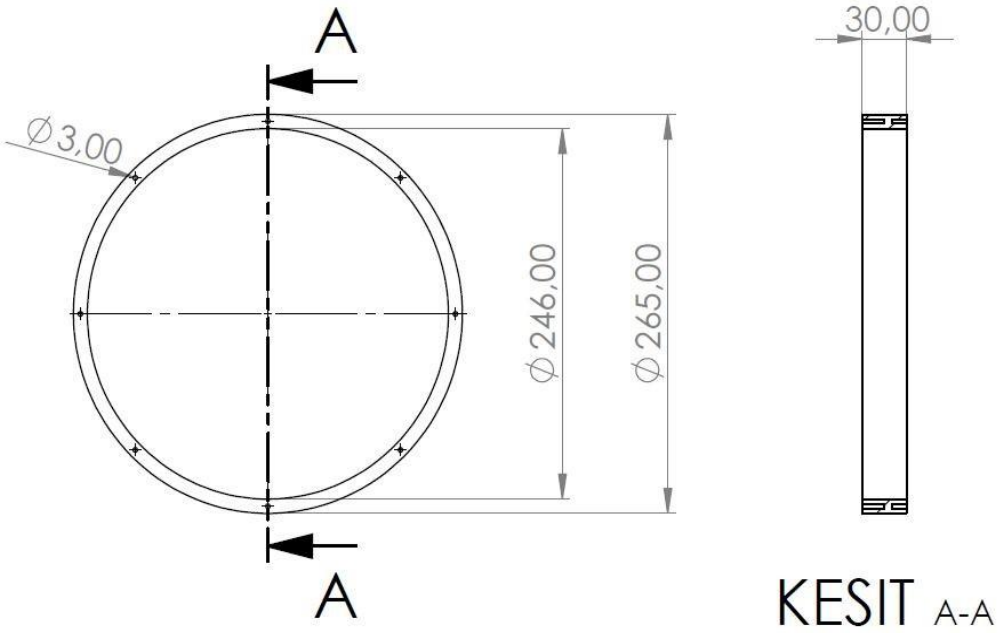
Her parçanın tasarım, tedarik ve üretim süreci için detaylı bilgiler verilmiştir.



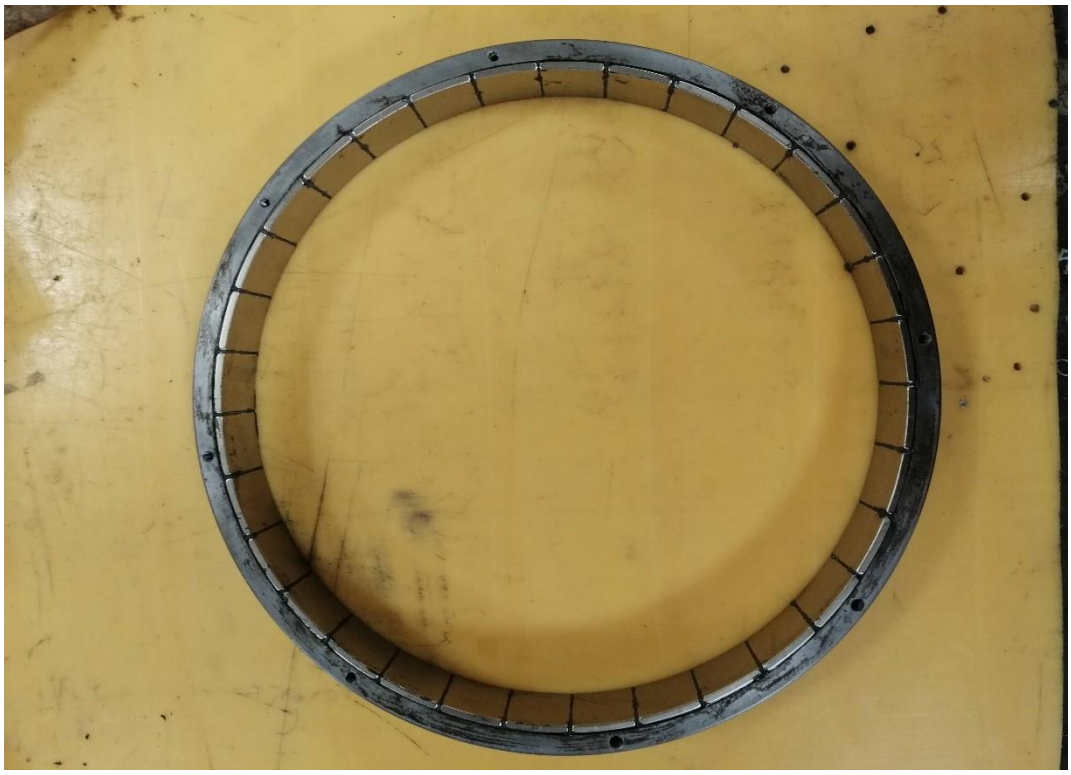
Şekil 4.4.1 Patlatılmış Görünüm

4.4.1 Rotor

Elektrik motorunun dönen kısmı olan rotor parçasının tasarımı gerekli CAD programları kullanılarak tamamlanmıştır. Piyasada St-44 diye adlandırılan malzemeden gerekli talaşlı imalat işlemleri sonucunda istenilen şekil geometrisi verilerek üretilmiştir.



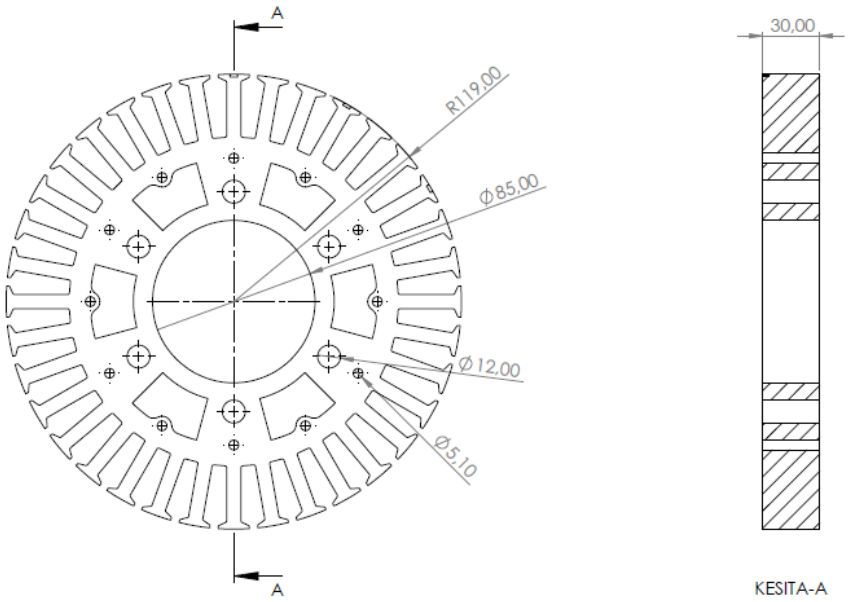
Şekil 4.4.1.1 Rotor Teknik Resim



Şekil 4.4.1.2 Rotor

4.4.2 Stator

Elektrik motorunun sabit kısmı olan stator parçasının tasarımı gerekli CAD programları kullanılarak tamamlanmıştır. 0.5 mm kalınlıkta piyasada M290 kodu ile adlandırılan silisli sac kullanılarak istenilen şekil geometrisi için lazer kesim işlemi yapılmıştır. İstenilen ölçüde kalınlık elde etmek için lazer kesimi yapılan sacların birleşimi yapılmıştır.

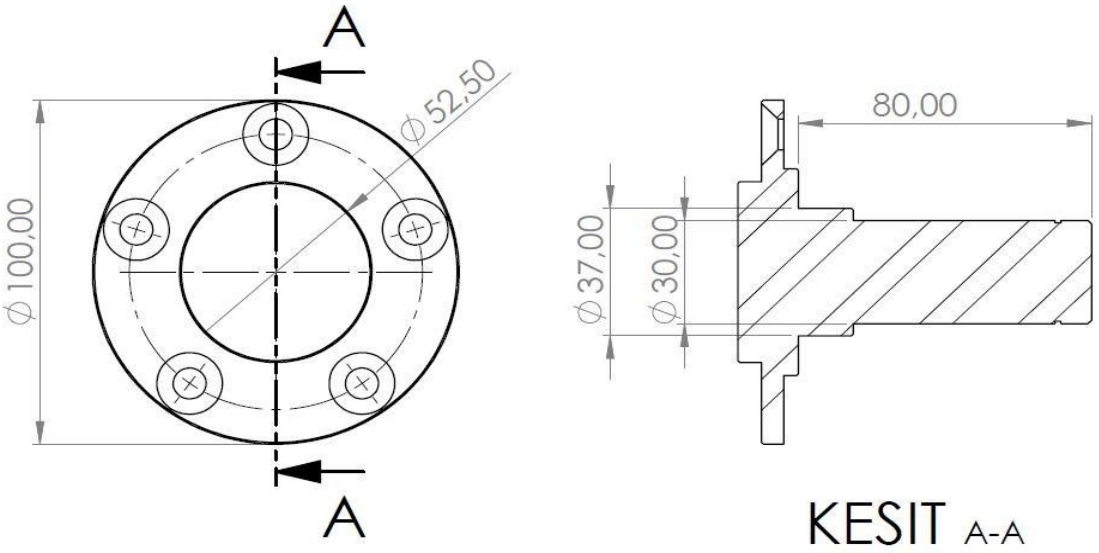


Şekil 4.4.2.1 Stator Teknik Resim

Şekil 4.4.2.2 Stator

4.4.3 Motor mili

Motor mili tasarımı gerekli CAD programları kullanılarak tamamlanmıştır. Piyasada 1040 çeliği olarak adlandırılan malzemeden gerekli talaşlı imalat işlemleri sonucu istenilen şekil geometrisi verilmiştir. Motor mili tekerlek ile bağlantı kurarak hareket iletmekte üstün rol oynamaktadır. Üzerinde bulunan 30 mm mil çapına göre açılan dış segman yuvasına yerleştirilecek olan segman sayesinde motor mili dışarı çıkması engellenecektir.

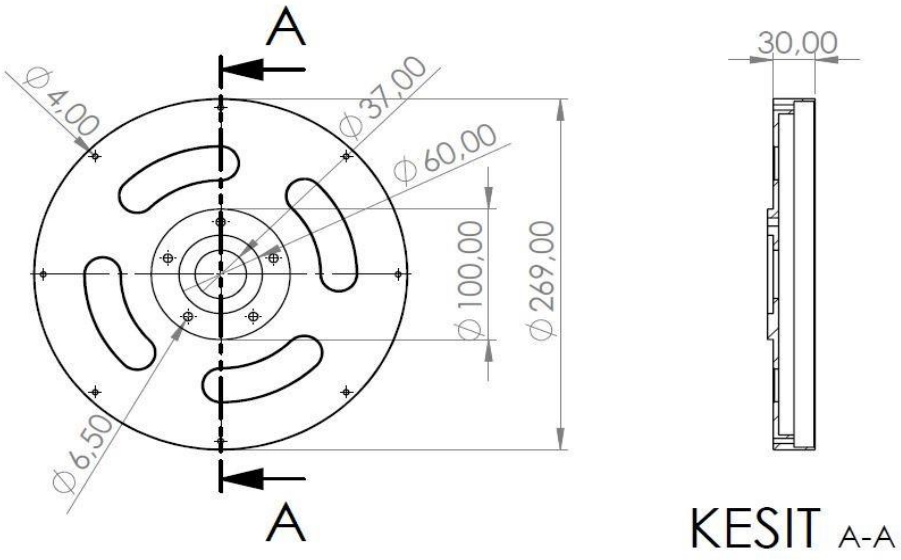


Şekil 4.4.3.1 Motor Mili Teknik Resim

Şekil 4.4.3.2 Motor Mili

4.4.4 Ön kapak

Ön kapak tasarımı gerekli CAD programları kullanılarak tamamlanmıştır. Piyasada 1045 çeliği olarak adlandırılan malzemeden gerekli talaşlı imalat işlemleri sonucu istenilen şekil geometrisi verilmiştir. Ön kapak rotor ile bağlantı kurarak dönecek olan kısımdır. Şekil geometrisindeki dış çember sayesinde rotorla bağlantısı kolaylaşacak ve cıvatalara gelen kesme kuvveti azalacaktır. Yüzeyinde bulunan desenler sayesinde motorun iç kısmına havalandırma etkisi yapacak ve böylelikle ısınma oranı azalacaktır.

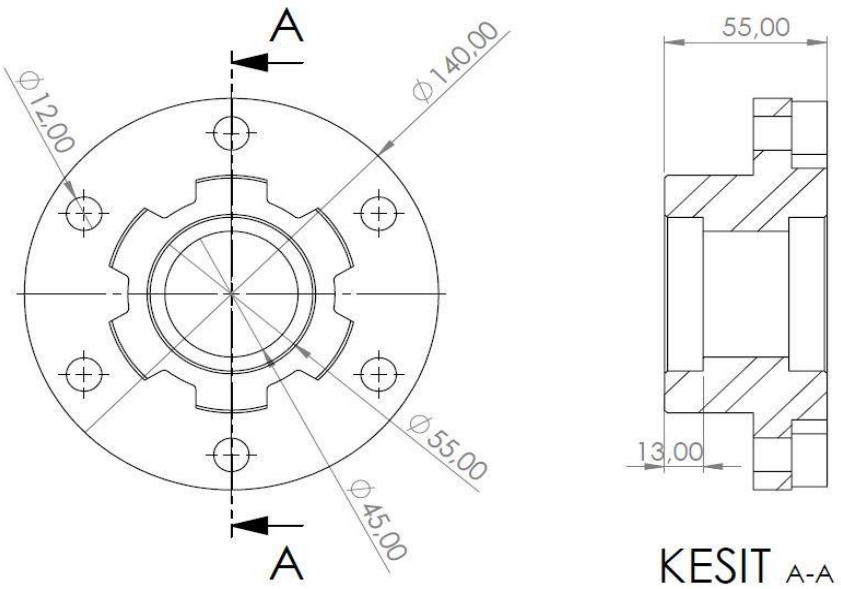


Şekil 4.4.4.1 Ön Kapak Teknik Resim

Şekil 4.4.4.2 Ön Kapak

4.4.5 Rulman yatağı

Rulman yatağı tasarımı gerekli CAD programları kullanılarak tamamlanmıştır. Piyasada C40e kodlu malzemeden gerekli talaşlı imalat işlemleri sonucu istenilen şekil geometrisi verilmiştir. Bu parça elektrik motorunun yataklama elemanıdır içerisinde iki adet rulman bulunacaktır ve motor mili bu parçanın içerisinde hareket edecektir.



Şekil 4.4.5.1 Rulman Yatağı Teknik Resim

Şekil 4.4.5.2 Rulman Yatağı

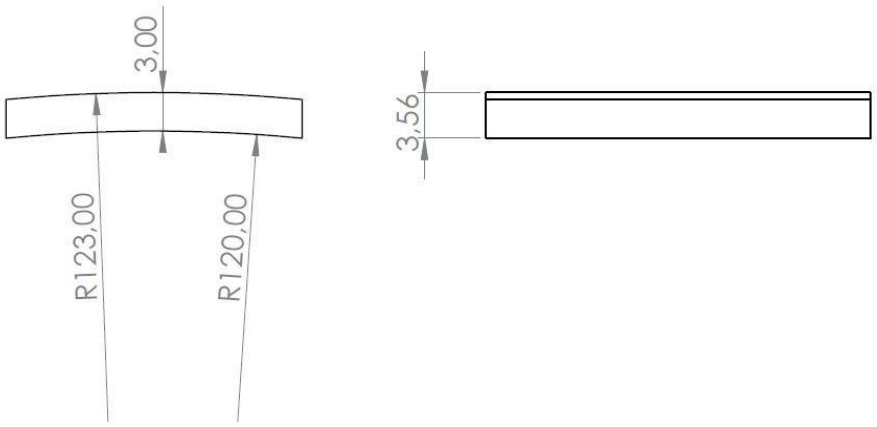
4.4.6 Rulman

Elektrik motoru parçası olan rulman yatağı içinde kullanılan rulmanlar piyasada 6006 numaralı koda göre iki adet seçilmiştir.

Şekil 4.4.6.1 Rulman

4.4.7 Mıknatıs

Elektrik motorunun rotorun iç yüzeyine yapıştırılarak manyetik alan oluşturmak amacıyla neodimyum mıknatısları kullanılmıştır. Teknik çizimi verilen mıknatısın bu ölçülerde dökümü yapılmıştır. Mıknatısların özelliği eğriliğe sahip olan rotorun iç yüzeyine tam olarak yapışma sağlamasıdır.



Şekil 4.4.7.1 Mıknatıs Teknik Resim

Şekil 4.4.7.2 Mıknatıs

4.4.8 Motor Montaj

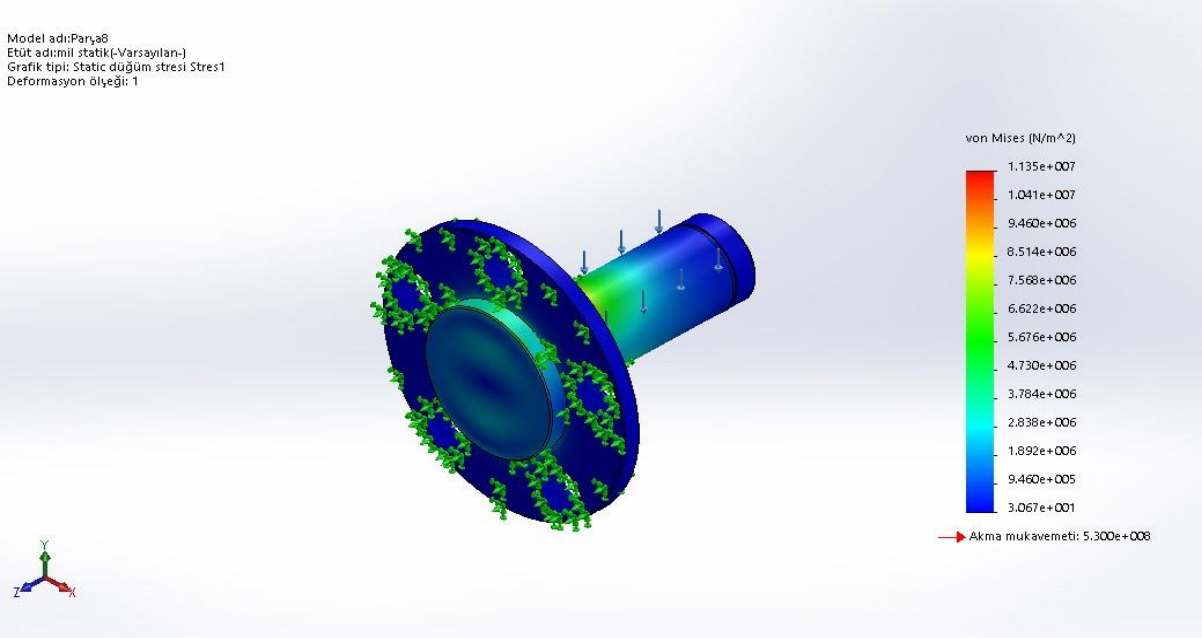
Şekil 4.4.8.1 Motor montaj

4.5 Analiz

Analizde uygulanan tüm kuvvetler 1000 N referans alınarak yapılmıştır.

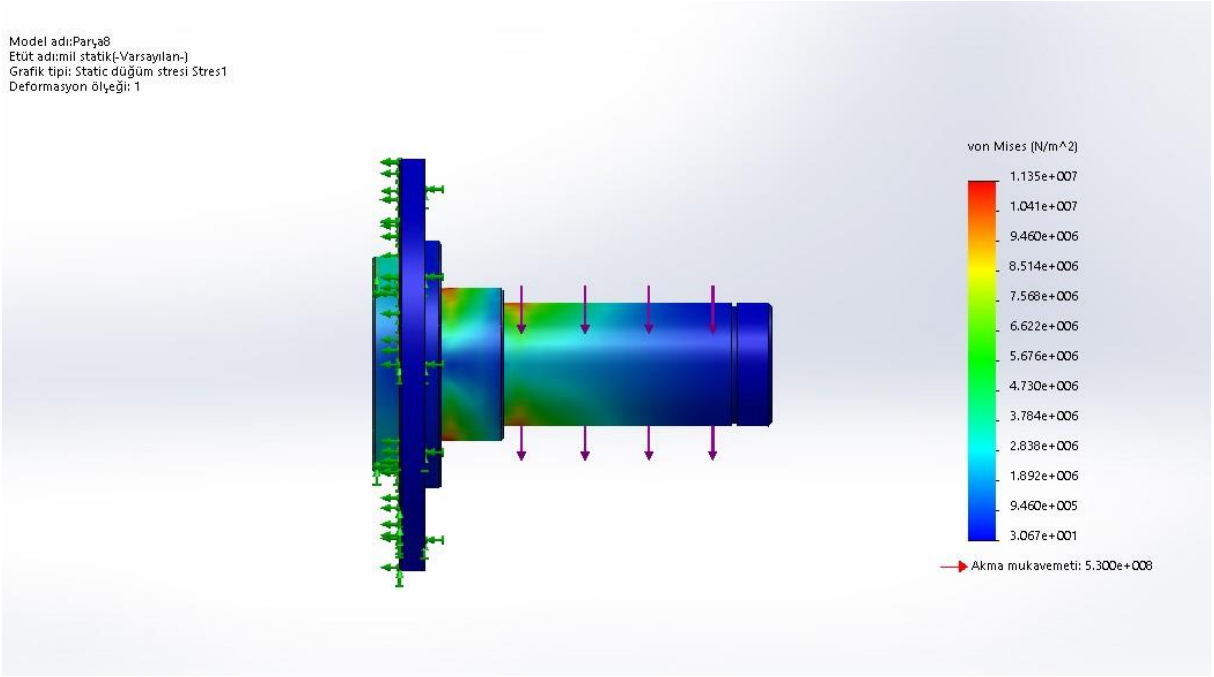
4.5.1 Motor Mili

Name	Type	Min	Max
Stress	VON: von Mises Stress	3.067e+001N/m^2 loop: 13575	1.135e+007N/m^2 loop: 11101

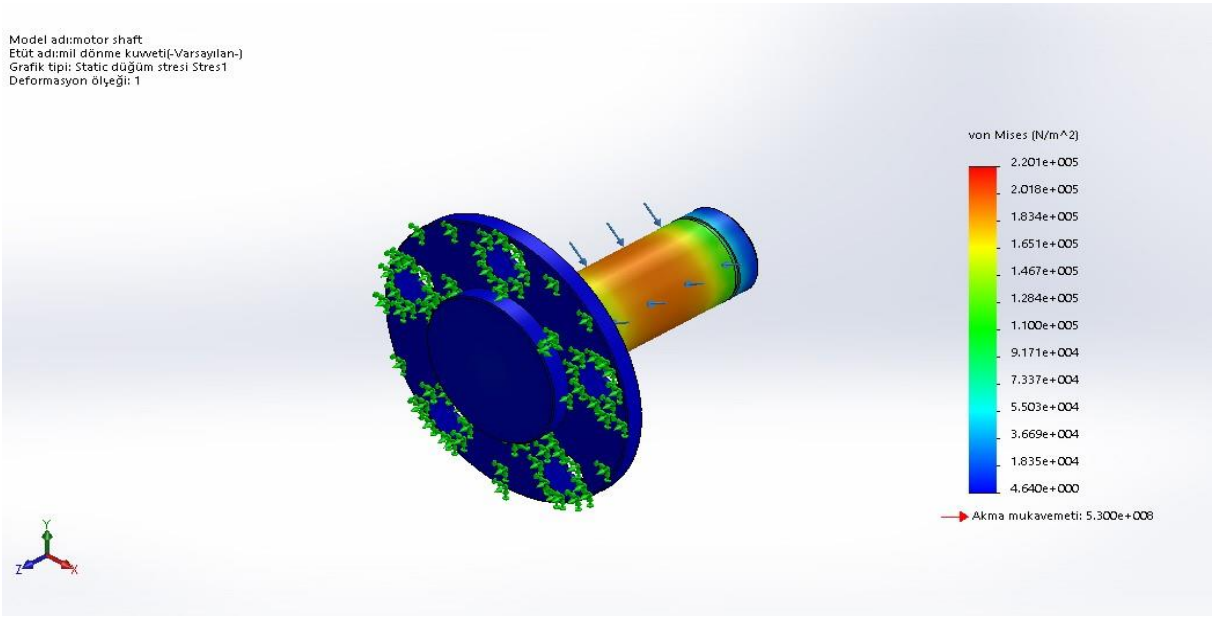


motor shaft static force – stress

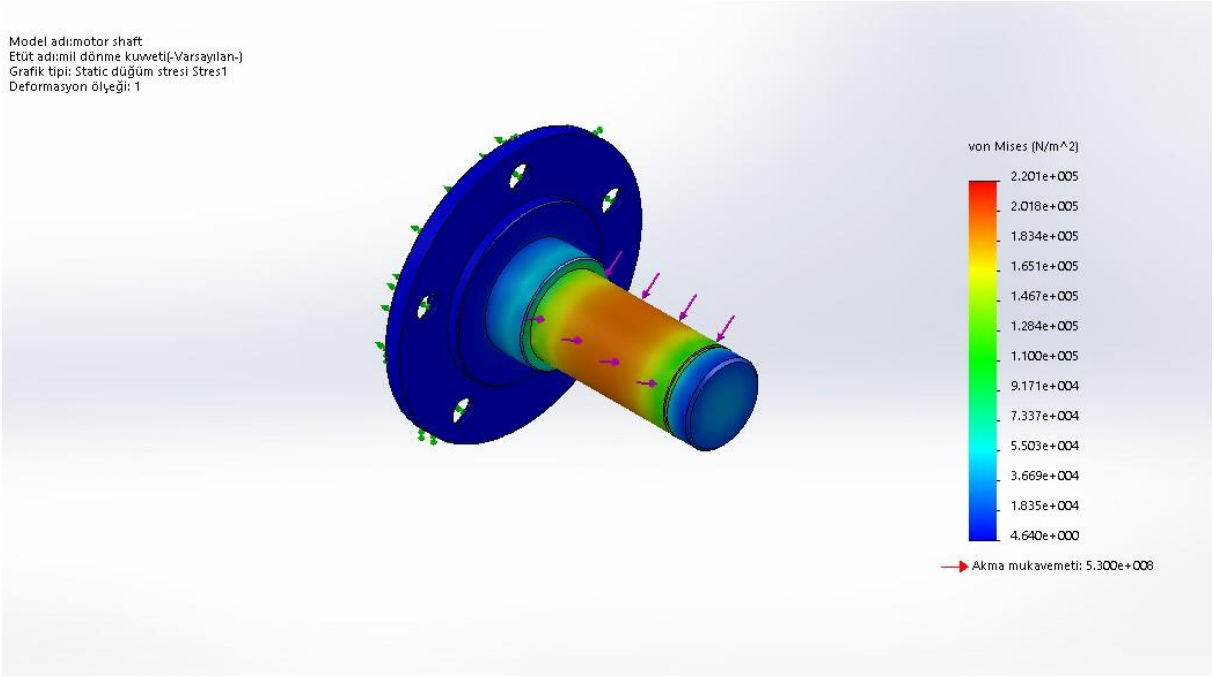
Şekil 4.5.1 Motor Mili Analizi



Şekil 4.5.2 Motor Mili Analizi



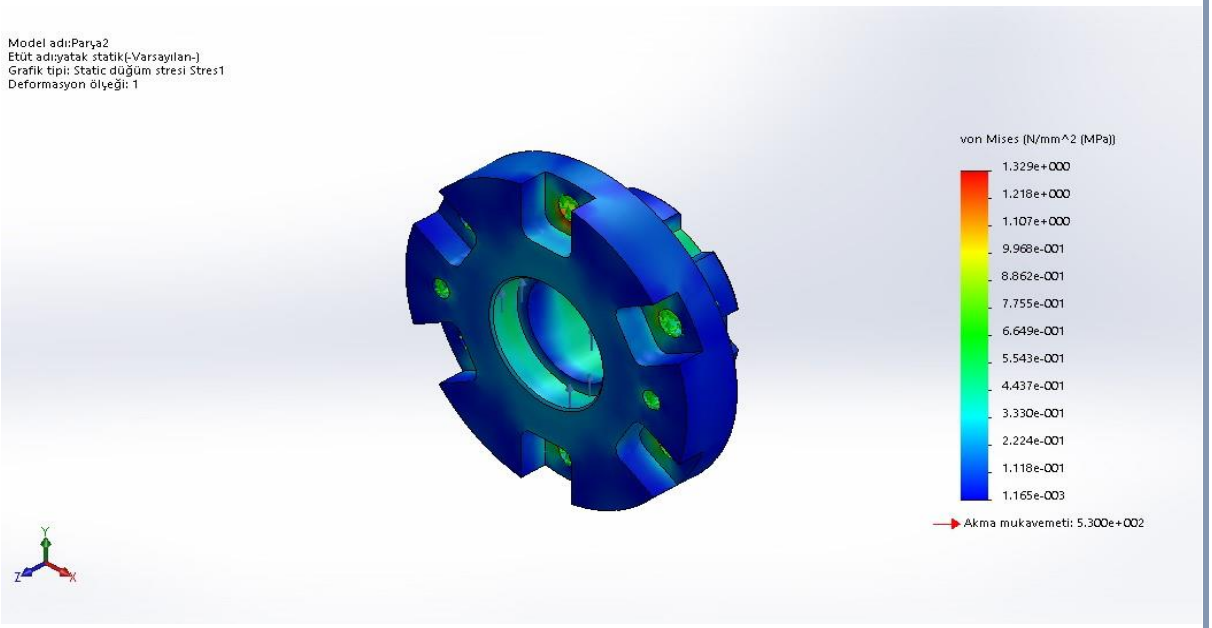
Şekil 4.5.3 Motor Mili Analizi



Şekil 4.5.4 Motor Mili Analizi

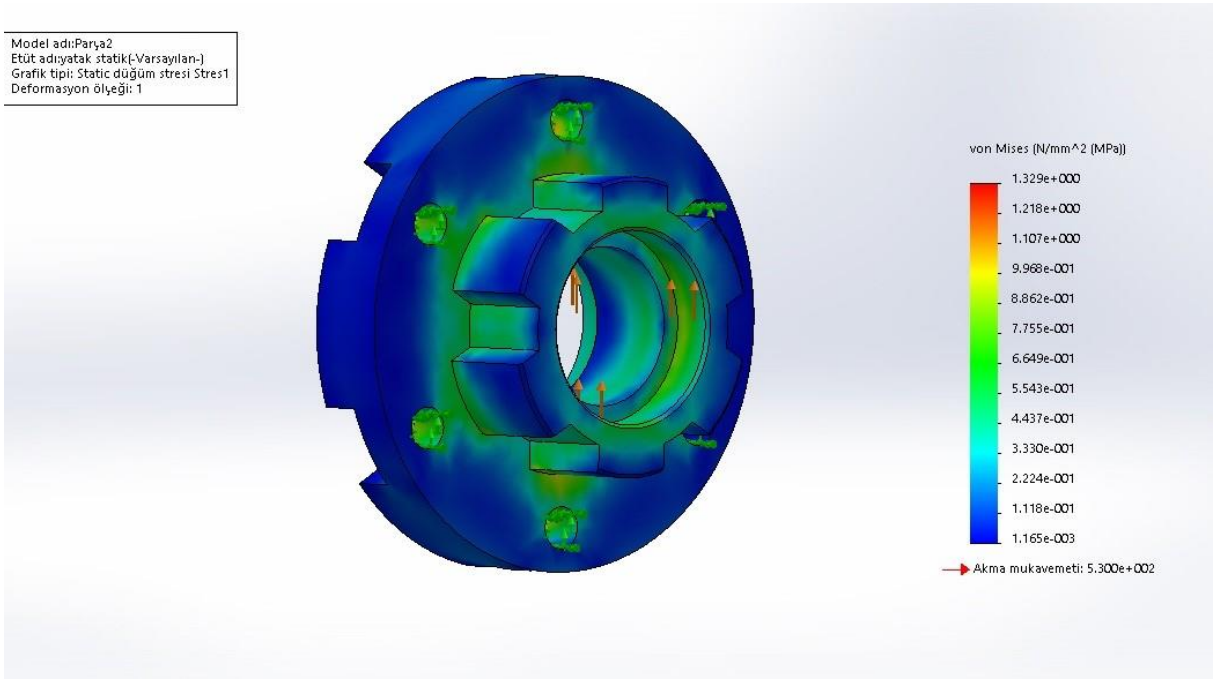
4.5.2 Rulman Yatağı

Name	Type	Min	Max
Stres1	VON: von Mises Stress	1.165e-003N/mm^2 (MPa) loop: 967	1.329e+000N/mm^2 (MPa) loop: 15501



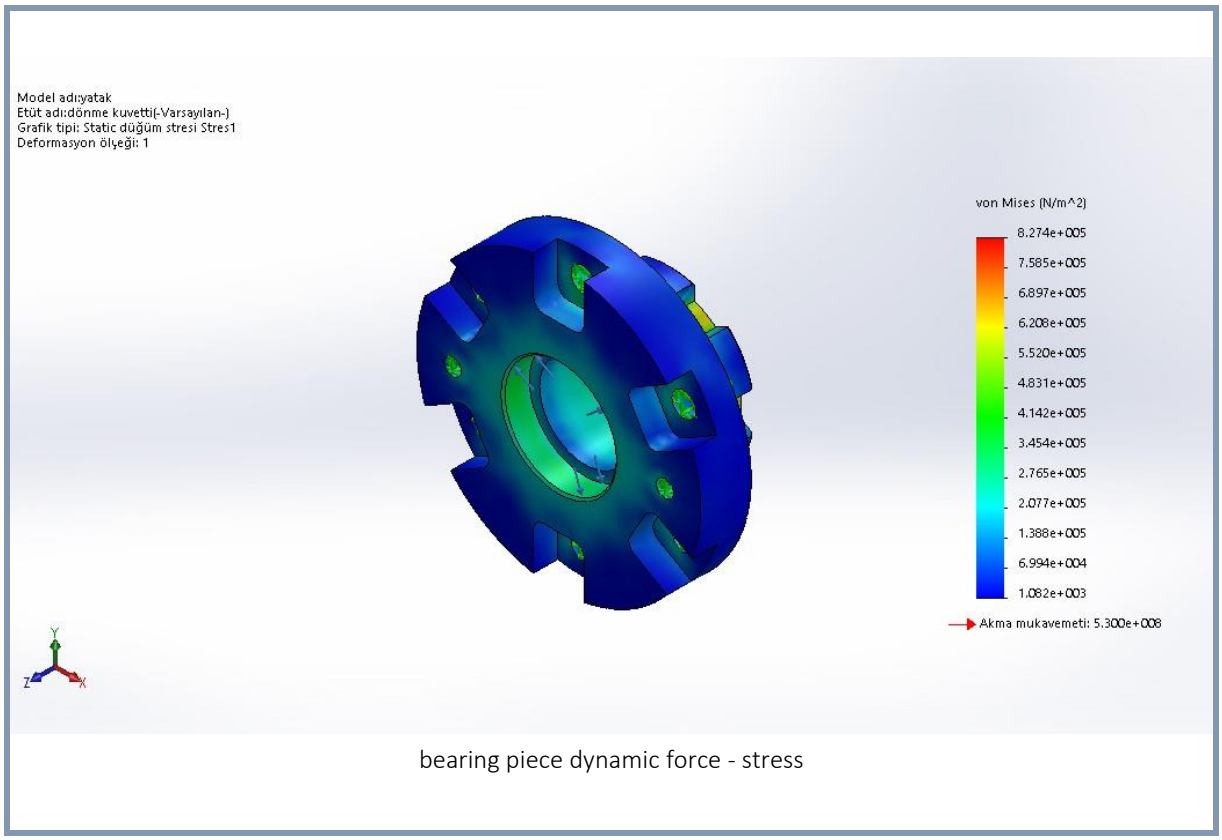
bearing piece static force - stress

Şekil 4.5.2.1 Rulman Yatağı Analizi



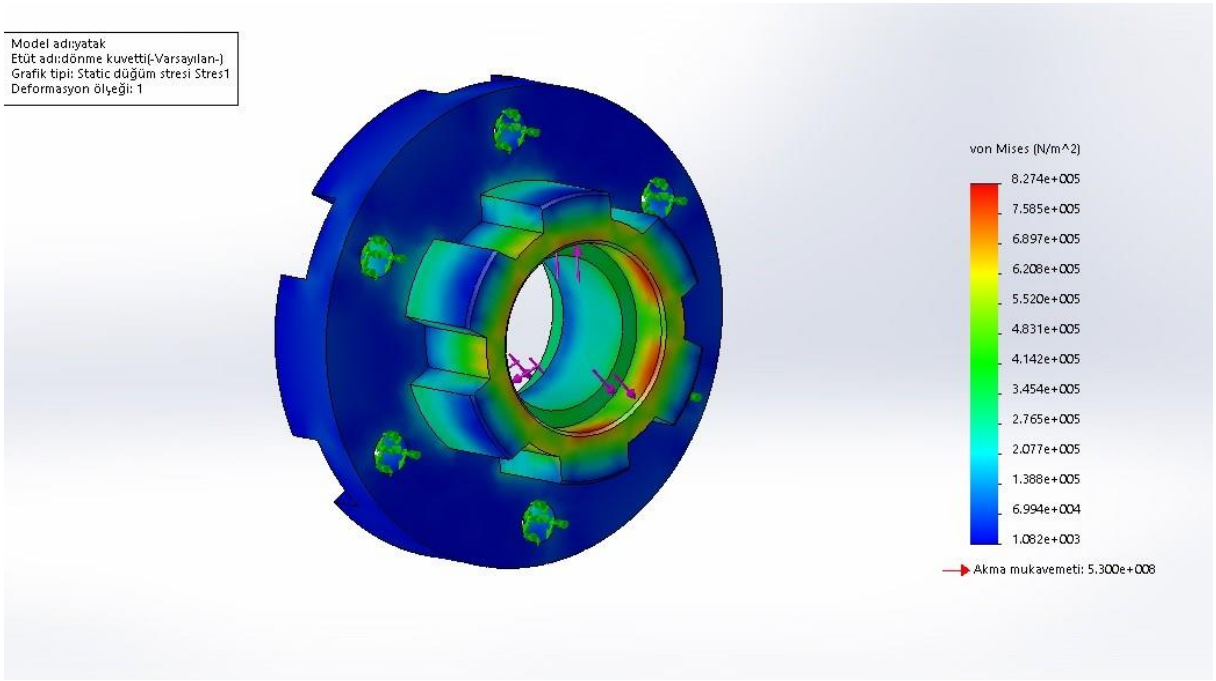
Şekil 4.5.2.2 Rulman Yatağı Analizi

Name	Type	Min	Max
Stress	VON: von Mises Stress	1.082e+003N/m^2 loop: 12571	8.274e+005N/m^2 loop: 59



bearing piece dynamic force - stress

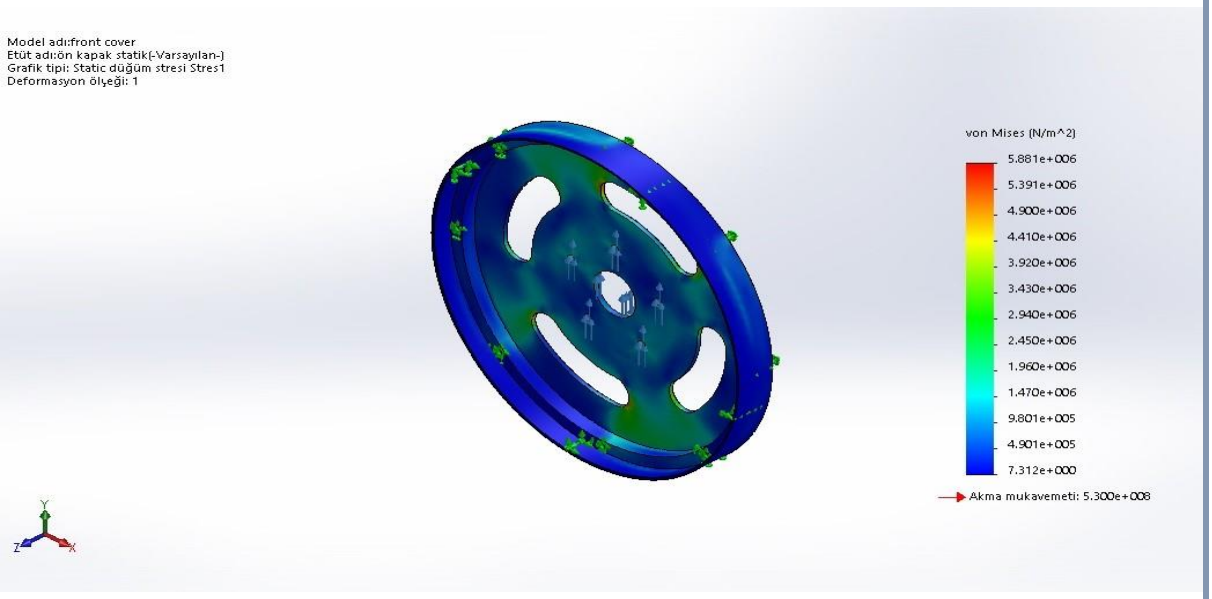
Şekil 4.5.2.3 Rulman Yatağı Analizi



Şekil 4.5.2.4 Rulman Yatağı Analizi

4.5.3 Ön Kapak

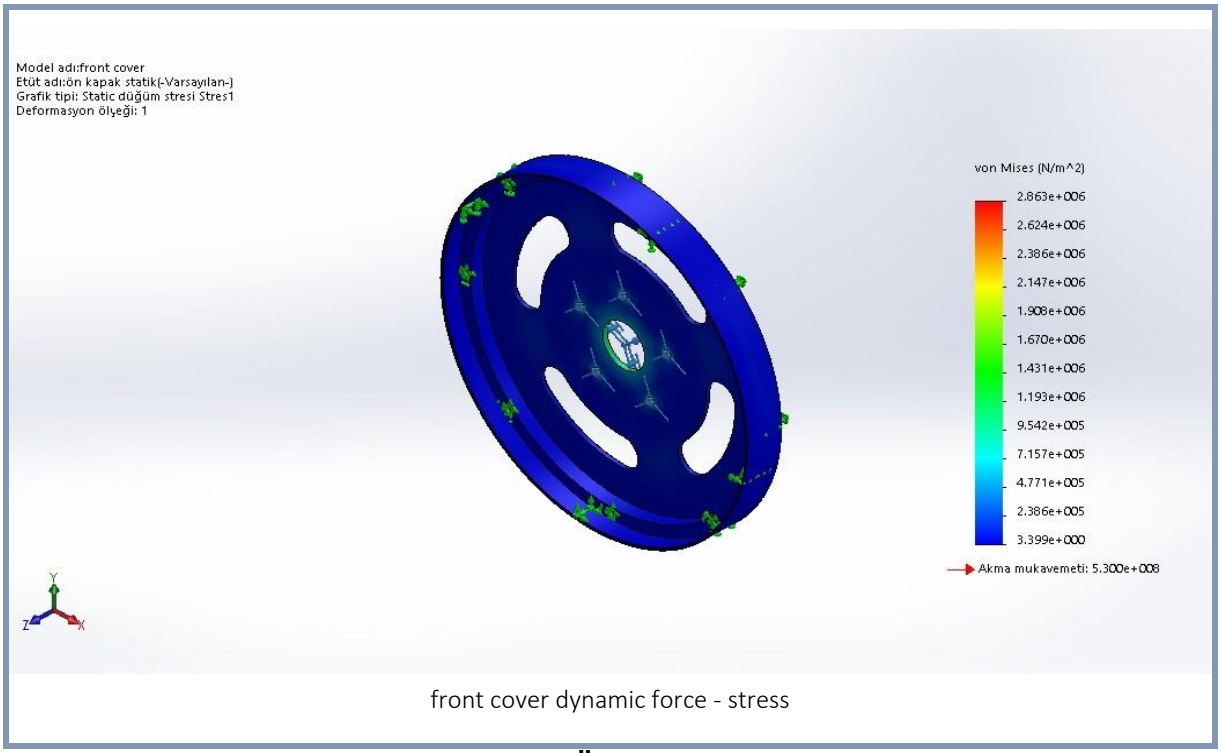
Name	Type	Min	Max
Stress	VON: von Mises Stress	7.312e+000N/m^2 loop: 20413	5.881e+006N/m^2 loop: 364



front cover static force - stress

Şekil 4.5.3.1 Ön Kapak Analizi

Name	Type	Min	Max
Stress	VON: von Mises Stress	3.399e+000N/m^2 loop: 19184	2.863e+006N/m^2 loop: 17656



Şekil 4.5.3.2 Ön Kapak Analizi

5. Motor Sürücü

Motor sürücünün tasarımını yapmak için yeterli zaman olmadığından hazır olmasına karar verildi. Motor sürücü tasarımında öncelikle yüksek verim, düşük harmonik etki, düşük gürültü, güvenilirlik, dayanıklılık, yüksek güç yoğunluğu, düşük hacim, düşük ağırlık, güç esnekliği ve maliyet kriterleri dikkate alınarak gerekli pazar araştırmaları yapıldı. Kelly KLS8422H motor sürücüsüne karar verildi.

Bazı kontrol mekanizmaları da motor sürücüsü ile entegre kart olarak kurulur. İçerisinde bulunan Hall effect manyetik sensörleri hız ölçümü için gerekli sinyalleri sağlar. Yazılan program ile bu sinyalleri okunur. Bunun dışında bu entegre kartta gaz pedalı, 1., 2. ve geri vites kabloları sökülmüştür. Bu kablolama sayesinde tetik sinyalini verdiğimizde vites değişir. Gaz pedalı için ayrı olarak motor sürücüde Hall efekt sensörünün bağlı olduğu manyetik sensör devresi bulunmaktadır. İçerisinde bulunan kesici sayesinde gerekli kablo tetiği verildiğinde motorun hızı düşer.

Şekil 5.1 Kelly KLS8422H Motor Sürücü

Motor Sürücünün Genel Fonksiyonları:

- Genişletilmiş arıza tespiti ve koruması.
- Akü voltajının izlenmesi. Akü voltajı çok yüksekse sürüşü durduracak ve önceden ayarlanmış "Düşük Akü Voltajı" ayarında tamamen kesilene kadar akü voltajı düştükçe motor sürücü gücünü kademeli olarak kesecektir.
- Dahili akım döngüsü ve aşırı akım koruması.
- Yapılandırılabilir motor sıcaklığı koruma aralığı.
- Pili ve denetleyiciyi korumak için düşük sıcaklıkta ve yüksek sıcaklıkta mevcut kesinti. Akım, 90°C kasa sıcaklığında düşmeye başlar ve 100°C'de kapanır.
- Kontrolör, regen frenlemesi sırasında pil şarj voltajını izlemeye devam eder.
- Maksimum geri hız ve ileri hız sırasıyla %20 ve %100 arasında ve ayrı ayrı yapılandırılabilir.
- Hall sensörlerini beslemek için +5 volt ve +12 volt çıkış sağlanması.
- 12V'a bağlanarak etkinleştirilen 5 anahtar girişi. Gaz kelebeği anahtarı, fren anahtarı, geri vites anahtarı, ileri anahtar ve Boost anahtarı için varsayılandır.
- Gaz kelebeği girişine varsayılan 3 analog 0-5V giriş, Fren analog girişi ve motor sıcaklık girişi.
- Yapılandırılabilir yükseltme anahtarı. Anahtar açıldığında elde edilebilecek maksimum çıkış gücünü etkinleştirir. Gazı hiç çevirmeseniz bile etki tam gaz konumuyla aynıdır.
- 12V fren switch girişi motor sıcaklık sensöründen farklı port kullanılmıştır. En son versiyonda hem fren switch hem de motor sıcaklık sensörü fonksiyonlarını aynı anda kullanabilirsiniz.Pin 25 12V fren switch giriş portudur. Pin1 motor sıcaklık sensör girişidir.

- Opsiyonel joystick kelebeği. Hem ileri hem de geri hareket için bi-simetrik 0-5V sinyali.
- Önerilen termistör KTY84-130/150 veya KTY83-122 ile yapılandırılabilir motor aşırı sıcaklık algılama ve koruma.
- Fren analog yenileme modu. Bu yenileme modunu desteklemek için fren anahtarına ihtiyacı yoktur.Yalnızca yazılım sürümü 0106 veya gelişmiş sürümde mevcuttur. KLS denetleyicisi varsayılan olarak bellenimin yeniden yanıp sönmesini destekleyemez.
- Geliştirilmiş regen fren fonksiyonu. Yeni bir ABS tekniği, güçlü ve pürüzsüz rejenerasyon sağlar. Regen, sıfıra kadar herhangi bir hızda gerçekleşebilir.
- KLS-H kontrolör kasa üzerinde sigorta içermektedir. Şönt takılı değildir.
- Hız sabitleyici. Yalnızca geri yönde etkinleştirilebilir.
- KLS-H, Yayın tipi CAN Bus işlevini destekleyebilir. 250 Kbps'dir. CAN veri yolu, varsayılan olarak KLS-D denetleyicisine dahil değildir. CAN veri yolu, KLS-H için yalnızca isteğe bağlı bir işlevdir.

Genel Özellikleri:

- Güçlü mikroişlemci.
- Çok yüksek verim elde etmek için senkron düzeltme, ultra düşük düşüş, hızlı SVPWM ve FOC.
- Elektronik geri vites.
- 3 motor fazı, bus (veri yolu) ve güç kaynağında voltaj izleme.
- 12V ve 5V voltaj kaynağında voltaj izleme.
- 3 motor fazının tamamında akım algısı.
- Akım kontrol döngüsü.
- Donanım aşırı akım koruması.
- Donanım aşırı voltaj koruması.
- Motor akımı ve akü akımı için yapılandırılabilir limit.
- Düşük EMC.
- Pil koruması: yapılandırılabilir yüksek ve düşük pil voltajında akım kesme, uyarı ve kapatma.
- Maksimum ısı dağılımı ve zorlu ortam için sağlam alüminyum gövde.
- Küçük sinyal için sağlam yüksek akım terminalleri ve sağlam havacılık konektörleri.
- Termal koruma: yüksek sıcaklıkta akım kesme, uyarı ve kapatma.
- Kontrolör, farklı derecelerdeki hall sensörleri için auto_Identification (otomatik tanımlama) açısı yapabilir.

- Yapılandırılabilir yüksek pedal koruması: Güç açıldığında yüksek gaz algılanırsa kontrolör çalışmayacaktır.
- Akım çarpması: Aküden daha az akım alımı, motora daha fazla akım verimi.
- Kolay kurulum: 3 telli potansiyometre çalışacaktır.
- Kullanıcı programı sağlanır. Kullanımı kolay.
- Herhangi bir sayıda kutuplu motorları destekler.
- 70.000'e kadar elektrik RPM standardı.
- Kapalı durumda toz ve su korumalı.

Teknik Özellikler:

- Çalışma Frekansı: 10KHz veya 20kHz.
- Beklemede Pil Akımı: <0,5mA.
- 5V veya 12V Sensör Besleme Akımı: 40mA.
- Denetleyici besleme voltajı aralığı: PWR, 72V'a eşit veya daha düşük dereceli kontrolörler için 18V-90V.
- Besleme Akımı, PWR, 30mA Tipik.
- Yapılandırılabilir akü voltaj aralığı, B+. Maksimum çalışma aralığı: 18-1,25*Nominal Voltaj.
- Standart Gaz Kelebeği Girişi: 0-5 Volt (3 telli dirençli pot), 1-4 Volt (salon aktif gaz kelebeği).
- Gaz Girişi: 0-5 Volt. 0-5V sinyal üretmek için 3 telli pot kullanabilir.
- Ana Kontaktör Bobini Sürücüsü<2A.
- Tam Güçte Çalışma Sıcaklığı Aralığı: 0℃ ila 70℃ (MOSFET sıcaklığı).
- Çalışma Sıcaklığı Aralığı: -40℃ ila 100℃ (MOSFET sıcaklığı).
- Maksimum Pil Akımı: Yapılandırılabilir.
- 10 Saniye Akım 220A
- Sürekli Akım 80A
- Voltaj 24-84V

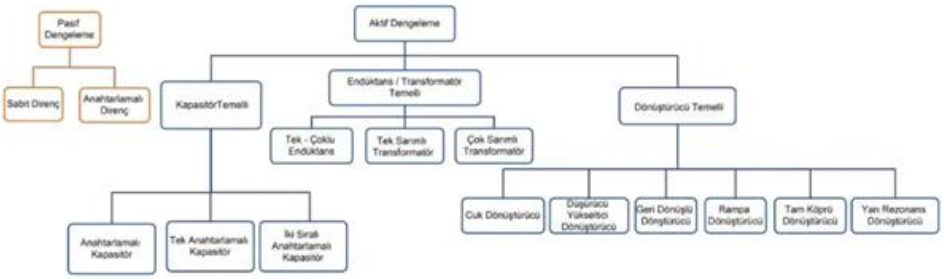
6. Batarya Yönetim Sistemi (BYS)

https://sendgb.com/v1xeu6IYAzN

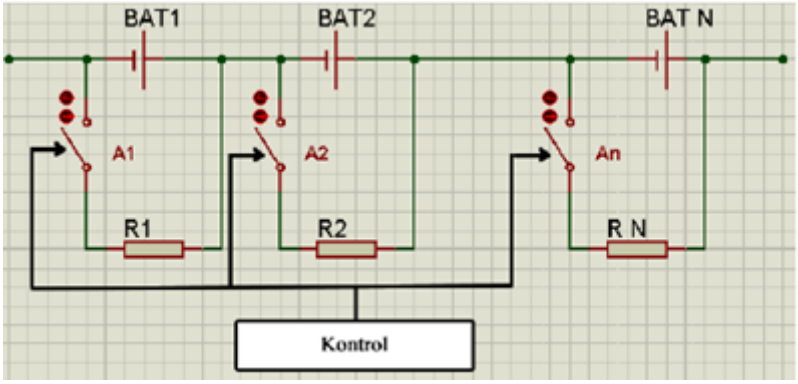
6.1 Dengeleme Yöntemi

Batarya Yönetim Sistemi'nin ana görevi batarya hücrelerini dengeleyerek batarya sağlığını ve ömrünü korumaktır. Dengeleme sistemi aktif ve pasif olarak iki dala ayrılır. Aktif dengeleme sistemi; sığaç tabanlı, endüktans transformatör tabanlı, dönüştürücü tabanlı olmak üzere üç ayrı dala ayrılır. Aktif dengeleme sistemini pasif dengeleme sisteminden ayıran en önemli özellik enerji verimliliğidir. Maliyet ve kullanımının sıklığı açısından sistemimizde pasif dengeleme sistemi kullanılmıştır.

Tablo 6.1.1 Batarya Yönetim Sistemi Dengeleme Yöntemleri



Pasif dengeleme sisteminin ana işlemi şarj ve deşarj durumunda hücrelerde bulunan fazla enerjiyi dirençler üzerinden harcayarak dengeleme işlemi yapmasıdır. Pasif dengeleme işlemi ile fazla enerji dirençler üzerinden ısı enerjisine dönüştürülerek harcanır. Böylelikle hücreler arası gerilim farkları azalarak bataryanın uzun ömürlü ve sağlıklı olması amaçlanır.



Şekil 6.1.1 Anahtarlamalı Direnç Yöntemi İle Pasif Dengeleme

Kullandığımız pasif dengeleme sistemi anahtarlamalı direnç yöntemi ile tasarlanmıştır. Devrede bulunan anahtar kontrolü, batarya ve direncin birbirine seri bağlanarak hücrelerdeki enerjiyi kontrol algoritmasına göre harcanmasını sağlar.

6.2 SOC Tahmin Algoritması

Bataryalar sıcaklık, şarj ve deşarj akımı, şarj işlemine doğru gerilimde başlandığına göre kapasiteleri her zaman değişkenlik gösterebilir. Bataryaların şarj edildiği akım salınımı, şarj ve deşarj sıklığı, maksimum kapasiteleri de değişebilir. Bu sebeple kullanılabilir kapasitenin kullanıcıya aktarılması gerekir. Kullanıcı şarj durumuna, deşarj durumuna ve kalan enerji miktarına göre durumu değerlendirerek uygulama yapar.

Li-ion pilleri 4.2V- 3 V gerilim aralığında kullanmak uygundur. 3V gerilimin altına düşmek sakıncalıdır. 20 seri pilin toplam aralığı 84 V- 60 V ‘ tur. SOC tahmin algoritmamız gerilim üzerinden kurulmuştur. Bataryanın 84 V gerilimi % 100, 60 V gerilimi %0 alınarak kullanıcıya iletilmiştir. 84V ve 60 V arasındaki her 1 V yüzdelik olarak %4 olarak hesaplanarak kullanıcıya iletilmiştir.

```
if(timer_500ms==1)
{

    timer_500ms=0;

    if(battery_toplam>=84)soc=100;
    if((battery_toplam>=83)  && (battery_toplam<84))soc=96;
    if((battery_toplam>=82)  && (battery_toplam<83))soc=92;
    if((battery_toplam>=81)  && (battery_toplam<82))soc=88;
    if((battery_toplam>=80)  && (battery_toplam<81))soc=84;
    if((battery_toplam>=79)  && (battery_toplam<80))soc=80;
    if((battery_toplam>=78)  && (battery_toplam<79))soc=76;
    if((battery_toplam>=77)  && (battery_toplam<78))soc=72;
    if((battery_toplam>=76)  && (battery_toplam<77))soc=68;
    if((battery_toplam>=75)  && (battery_toplam<76))soc=64;
    if((battery_toplam>=74)  && (battery_toplam<75))soc=60;
    if((battery_toplam>=73)  && (battery_toplam<74))soc=56;
    if((battery_toplam>=72)  && (battery_toplam<73))soc=52;
    if((battery_toplam>=71)  && (battery_toplam<72))soc=48;
    if((battery_toplam>=70)  && (battery_toplam<71))soc=44;
    if((battery_toplam>=69)  && (battery_toplam<70))soc=40;
    if((battery_toplam>=68)  && (battery_toplam<69))soc=36;
    if((battery_toplam>=67)  && (battery_toplam<68))soc=32;
    if((battery_toplam>=66)  && (battery_toplam<67))soc=28;
    if((battery_toplam>=65)  && (battery_toplam<66))soc=24;
    if((battery_toplam>=64)  && (battery_toplam<65))soc=20;
    if((battery_toplam>=63)  && (battery_toplam<64))soc=16;
    if((battery_toplam>=62)  && (battery_toplam<63))soc=12;
    if((battery_toplam>=61)  && (battery_toplam<62))soc=8;
    if((battery_toplam>=60)  && (battery_toplam<61))soc=4;
    if((battery_toplam>=59)  && (battery_toplam<60))soc=0;
```

Kod 6.2.1 SOC Tahmin Algoritması

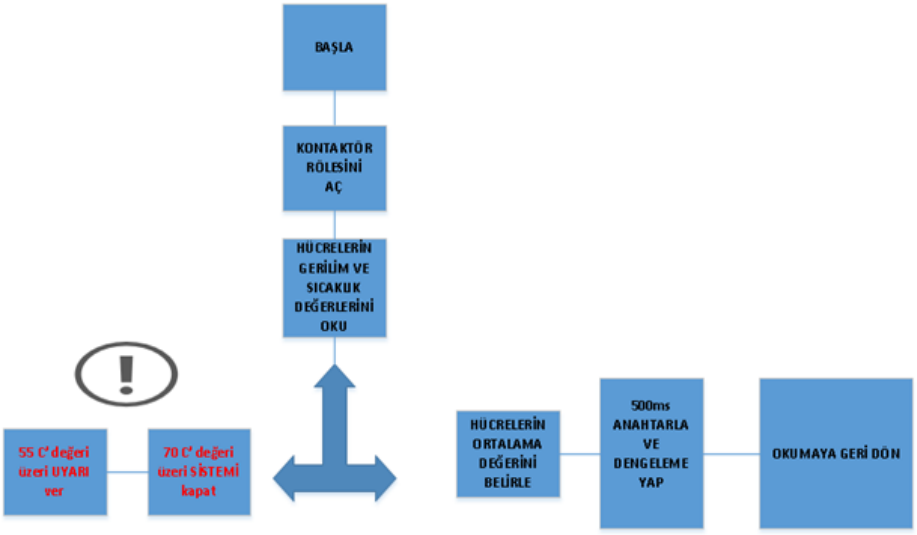
Yukarıda görülen algoritma 500 ms sayıcı oluşturularak kurulmuştur. Her 1 V aralığında SOC değerimizde %4 ‘ lük bir değişim yapılmaktadır.

6.3 Kontrol Algoritması

Kontrol algoritmasının akış diyagramı aşağıda verilmiştir. Veriler UART iletişim protokolü ile Araç kontrol sistemi kartına gönderilmektedir. 100 ms de ADC

okuma işlemleri yapılıyor. 500 ms saniye harcama devresi için optokuplörlere tetik veriliyor. 300 ms kesildikten sonra tekrar ADC okuması başlıyor.

Tablo 6.3.1 Kontrol Algoritması



Hücrelerin ortalama gerilim değeri hesaplandıktan sonra ortalamanın üstünde kalan hücreler 500 ms zamanla harcanmaya başlar. Harcanma bittikten sonra ADC okumasına geri döner ve döngü devam eder.
Ana sıcaklık sensörü olan temp4 sensöründen gelen analog değere göre;
-Sıcaklık 35 geçerse batarya soğutma sistemi çalışır.
-Sıcaklık 55 geçerse sürücüye uyarı verilir.
-Sıcaklık 70 geçerse aracın tüm enerjisi kesilir.

```
HAL_GPIO_WritePin(GPIOC, Buz_led_Pin, GPIO_PIN_RESET);
 HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, buzzer_tetik_Pin, GPIO_PIN_RESET);
 HAL_GPIO_WritePin(GPIOC, Fan_led_Pin, GPIO_PIN_RESET);
 HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, fan_tetik_Pin, GPIO_PIN_RESET);
 HAL_GPIO_WritePin(GPIOC, Kontak_led_Pin, GPIO_PIN_RESET);
 HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, kontak_tetik_Pin, GPIO_PIN_RESET);

 if(temp4>35)
 {

     HAL_GPIO_WritePin(GPIOC, Buz_led_Pin, GPIO_PIN_SET);
     HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, buzzer_tetik_Pin, GPIO_PIN_SET);
 }
 if(temp4>55)
 {
     HAL_GPIO_WritePin(GPIOC, Fan_led_Pin, GPIO_PIN_SET);
     HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, fan_tetik_Pin, GPIO_PIN_SET);
 }
 if(temp4>70)
 {
     HAL_GPIO_WritePin(GPIOC, Kontak_led_Pin, GPIO_PIN_SET);
     HAL_GPIO_WritePin(GPIOD, kontak_tetik_Pin, GPIO_PIN_SET);
 }
```

Kod 6.3.1 Röle Tetik Algoritması

6.4 Devre Tasarımı

6.4.1 Gerilim ve Sıcaklık Okuma

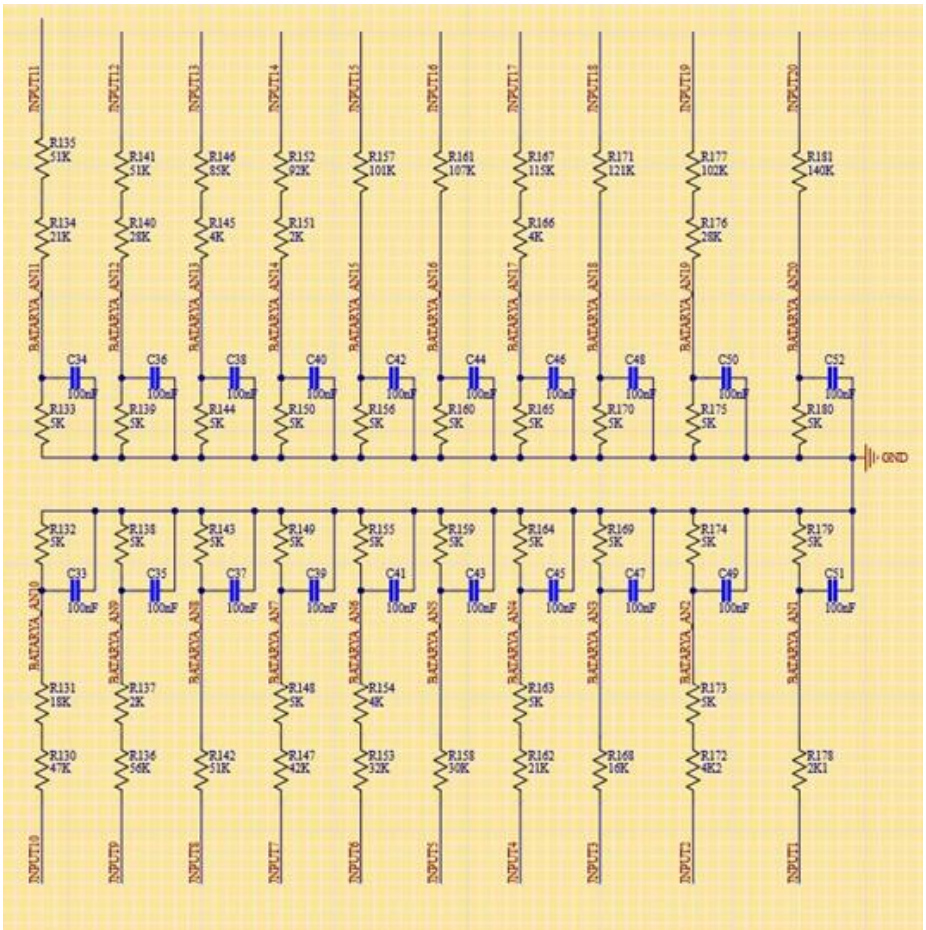
Mikrodenetleyiciye gönderilen analog değer gerilim bölücü dirençler ile bölünerek gönderilmiştir. Bataryadaki hücreler seri halde olduğu için gerilim bölücü oranı 5/2 oranında arttırılarak seçilmiştir. Her bir hücrenin gerilimi 0V – 3V arasına düşürülerek mikrodenetleyiciye verilmiştir. ADC 12 bit ve DMA üzerinden analog okuma yapmaktadır.

Sıcaklık sensörü olarak bataryada ısıl analizlere göre konumlandırılan LM35DZ sensörlerinin duyarlılığı 1/ 10 mv 'tur. Gerekli filtre kapasite ve dirençleri atılarak analog okuma yapılmıştır.

Gerilim bölücü voltajı = $\frac{Analog\ değer \times VREF(\cong 2.96V)}{4095}$

Hücre gerilim voltajı = Gerilim voltajı x 1.400

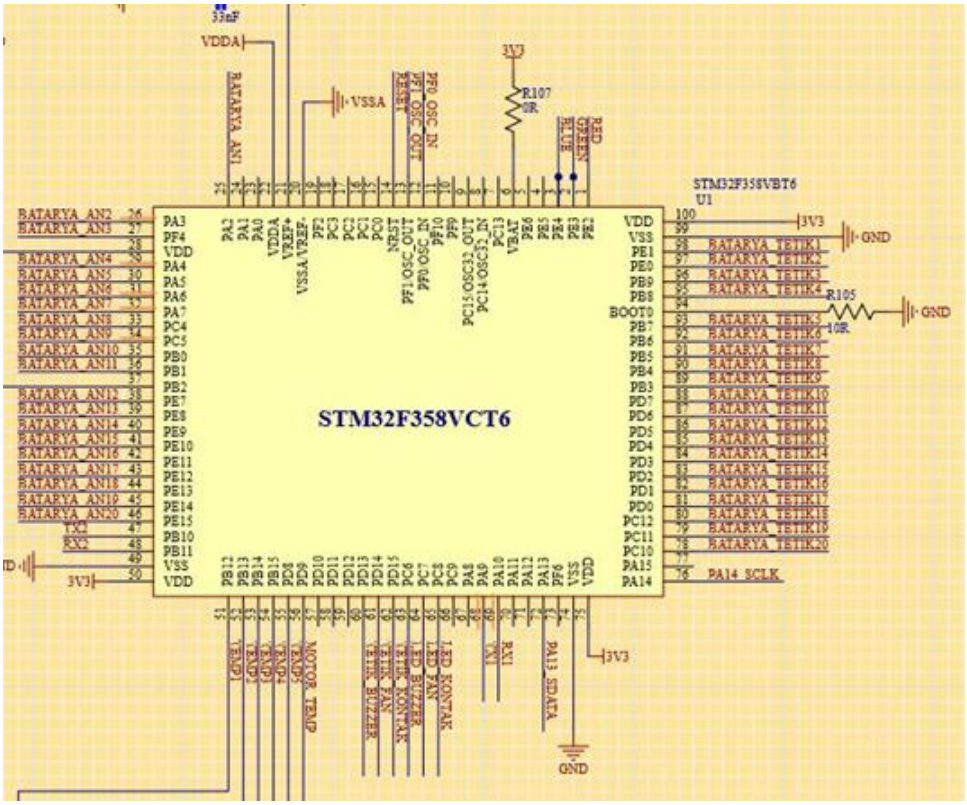
Gerilim bölücü dirençleri pillerden gereğinden az akım çekebilmek için yüksek ohm değerinde seçilmiştir.



Şekil 6.4.1.1 Gerilim Bölücü Devresi

6.4.2 Mikrodenetleyici Devresi

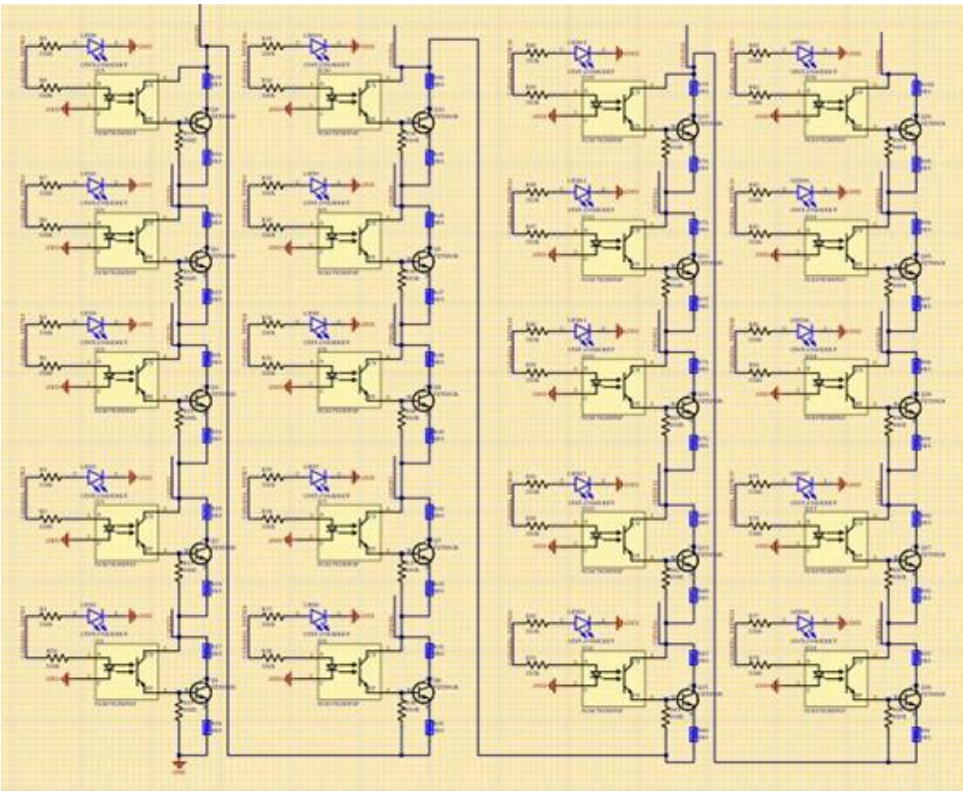
Mikrodenetleyici olarak ST firmasının F3 serisi olan STM32F358VCT6 denetleyicisi kullanılmıştır. 4 ADC kanalı olan denetleyici 39 analog okuma yapabilmektedir. 72 Mhz frekansa kadar çalışabilen denetleyici 12 bit ADC 'ye sahiptir.
Gerekli pinler STM32CubeIDE programında konfigürasyonları yapılarak Altium programında şematiği tasarlanmıştır.



Şekil 6.4.2.1 Mikrodenetleyici Devre Tasarımı

6.4.3 Anahtarlamalı Direnç Tasarımı

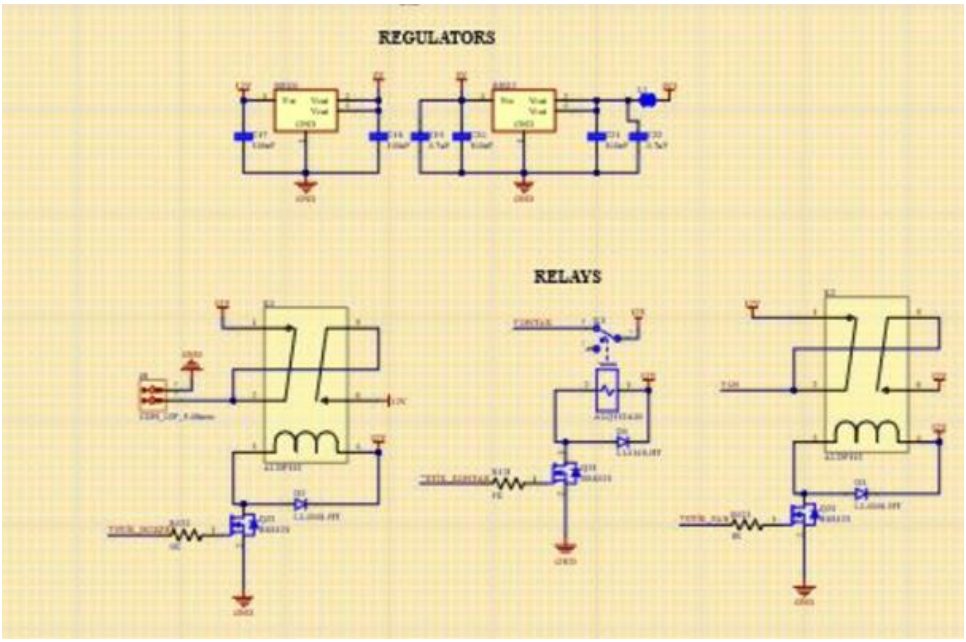
Anahtarlamalı direnç yapısında kullanılan anahtar olarak FZT690B transistörü seçilmiştir. 45 V, 3A olan transistör açılıp kapanabilmesi ve izalasyon sağlanabilmesi için base akımını optokuplör tarafından sağlar. Harcama direnci olarak 3.6 ohm direnç emiter ve kollektör tarafına kararlılığı sağlamak amacıyla yerleştirilmiştir.



Şekil 6.4.3.1 Anahtarlamalı Direnç Tasarımı

6.4.4 Röle ve Diğer Bileşenlerin Tasarım Devresi

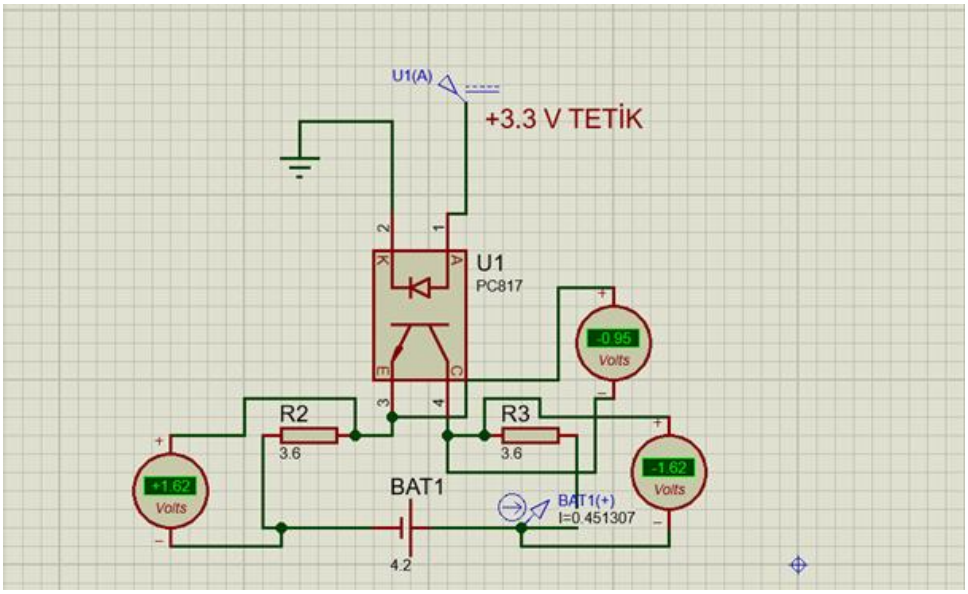
Güvenlik önlemleri için bataryadan alınan sıcaklık değerine sürücüye uyarı verilmesi ve aracın tüm enerjisinin kesilebilmesi için 12 V normalde açık ve normalde kapalı röle tasarımı yapılmıştır. Uyarı sireni için normalde kapalı, aracın enerjisini kesebilmek için normalde açık röle kullanılmıştır. Kullanıcı ledleri kullanılarak batarya yönetim sisteminin dengeleme, şarj ve deşarj durumlarının gözlenmesi hedeflenmiştir.



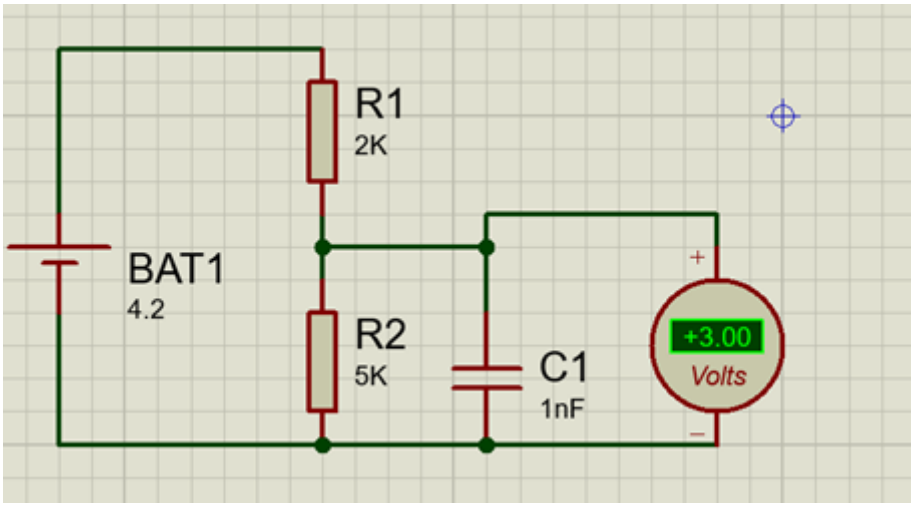
Şekil 6.4.4.1 Röle ve Diğer Bileşenlerin Tasarımı

6.5 Simülasyon Çalışmaları

Simülasyon çalışmaları Proteus programında yapılmıştır. Anahtarlamali direnç tasarımı ve gerilim bölücü devre simülasyonu aşağıdaki verilmiştir.
Kontrol algoritmasına göre harcanması gereken pil için denetleyici GPIO çıkışını Hıgh yaparak anahtarı açar ve harcama başlar. Harcama akımı olarak 0.45A 500ms bir harcanarak ısıya dönüştürülür.



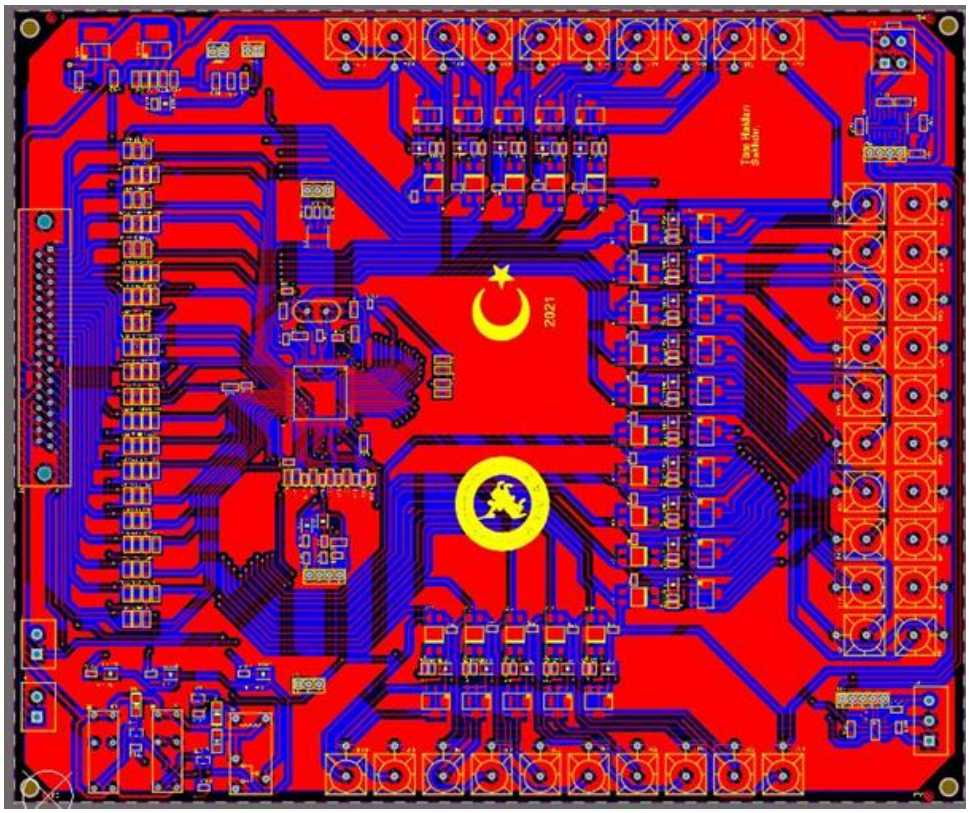
Şekil 6.5.1 Anahtarlamalı Direnç Simülasyonu



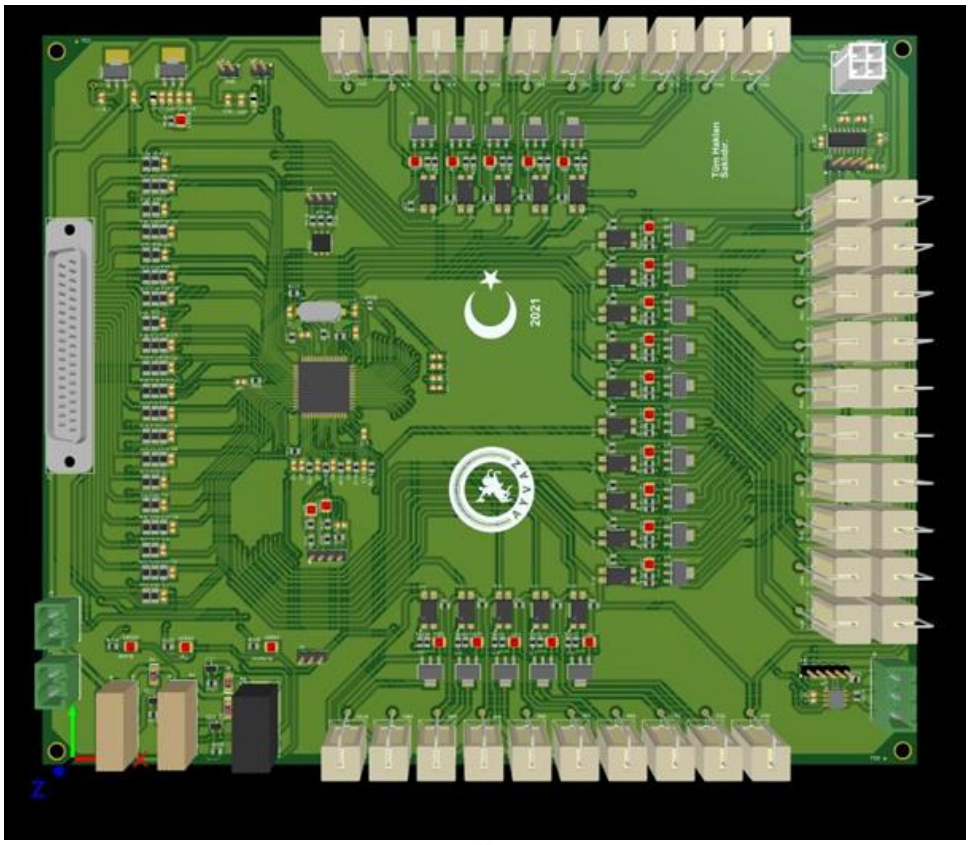
Şekil 6.5.2 Gerilim Bölücü Simülasyonu

6.6 Baskı Devre Çalışmaları

Baskı devre çalışmaları Altium programında yapılmıştır. Baskı devre 2 layer olarak tasarlanarak komponentler sadece üst tarafa yerleştirilmiştir. Batarya paketinden gelen balans kabloları 37 pin dsub konnektör ile alınmıştır.



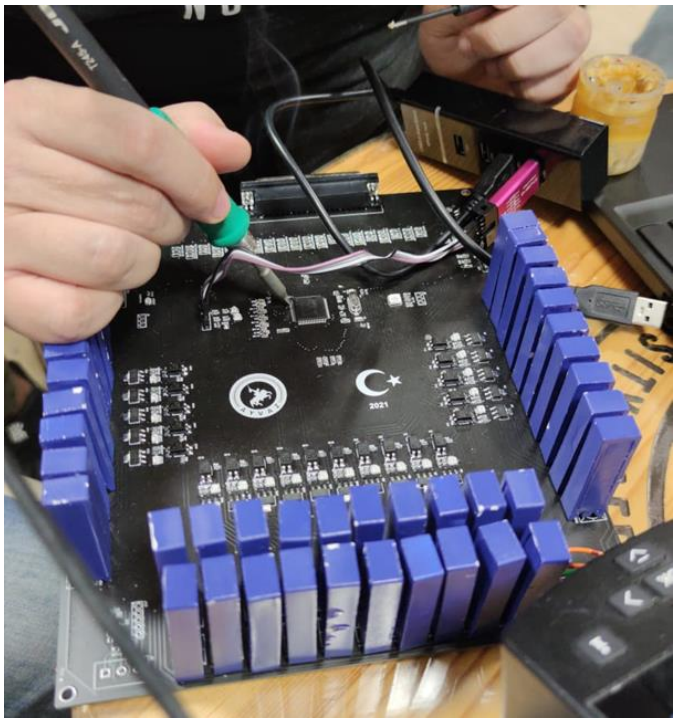
Şekil 6.6.1 Baskı Devre Üstten Görünüm



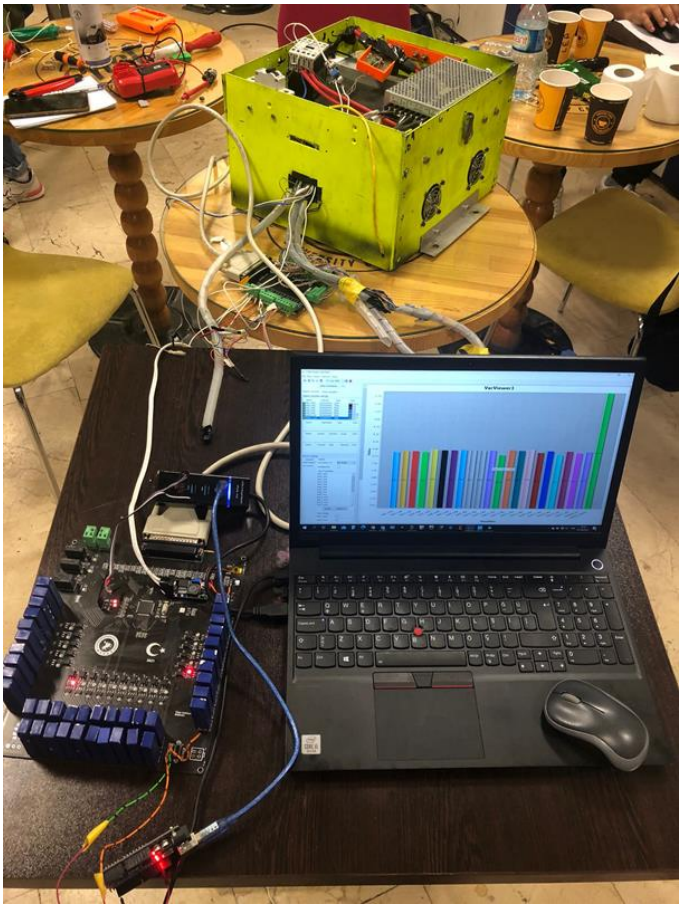
Şekil 6.6.2 Baskı Devre Üstten 3 Boyut Görünüm

6.7 Üretim Çalışmaları

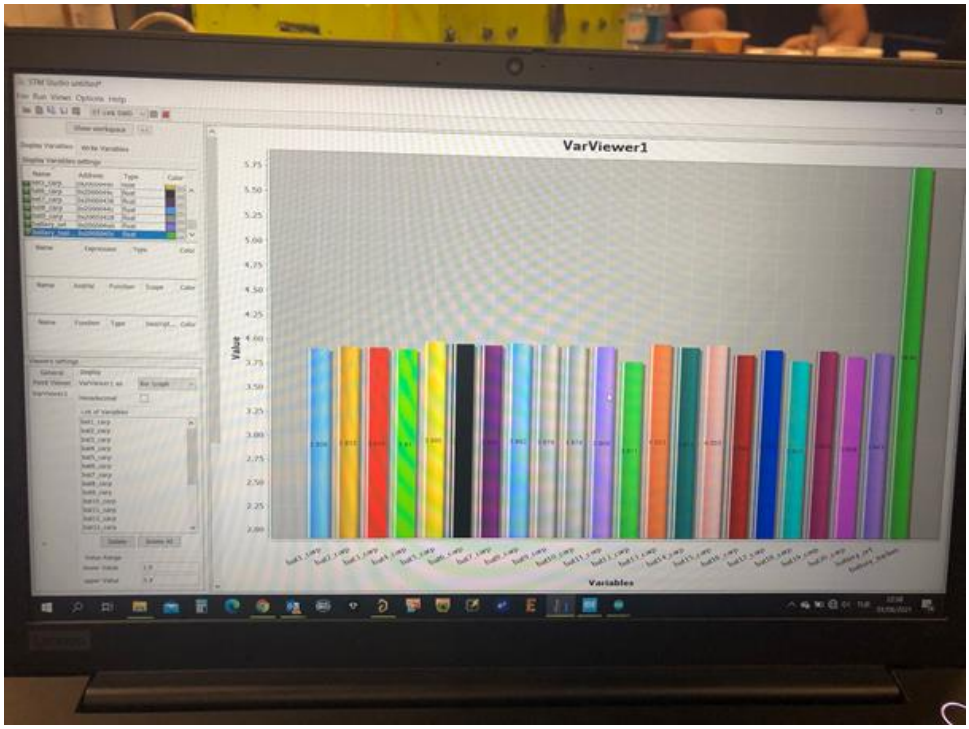
Devremizi yurtdışında bastırarak üretim çalışmaları için lehimleme işlemini yaptık. Lehimleme işleminden sonra kontrollerimizi sağlayarak herhangi bir sorun yaşamadık.
Batarya balans kablolarını ve diğer bağlantı kablolarını bağlayarak değerleri STM Studıo programından inceledik.



Şekil 6.7.1 Baskı Devre Lehimleme İşlemleri

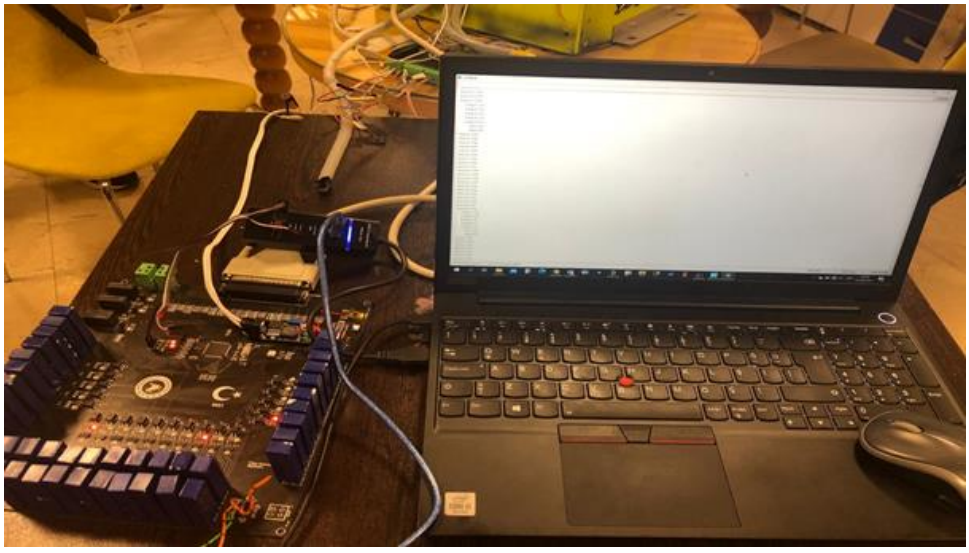


Şekil 6.7.2 Batarya ve Batarya Yönetim Sistemi Bağlantısı

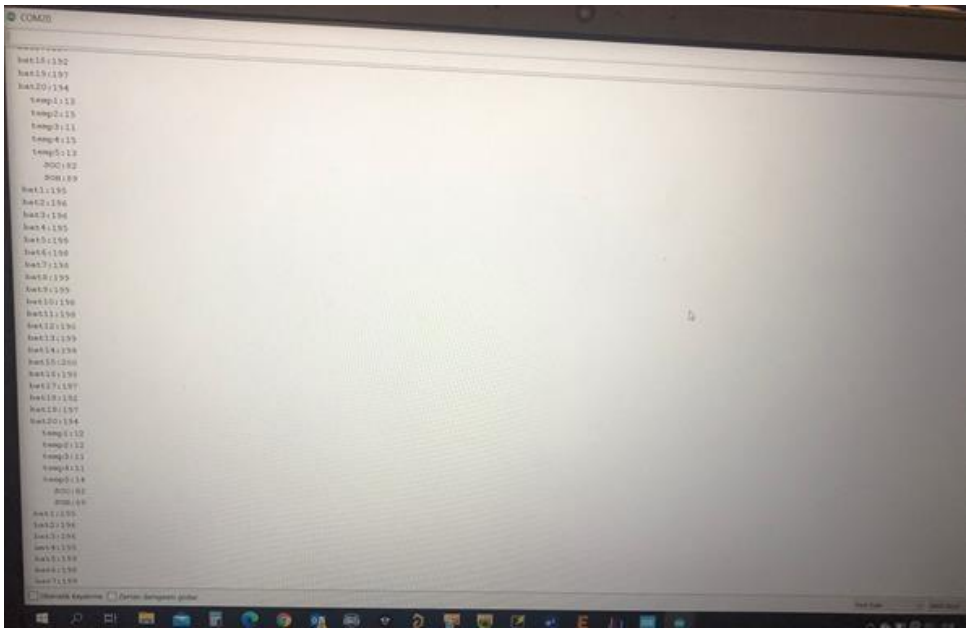


Şekil 6.7.3 Batarya Gerilimlerinin İzlenmesi

Batarya gerilimleri ve sıcaklıklarını batarya yönetim sistemi debug ekranında gördükten sonra UART ile verilerimizi Araç kontrol sistemine gönderdik. Araç kontrol sistemine veriler 8 bit integer değer olarak gönderiyoruz. 0- 255 arasında değer alabilmesi için batarya gerilimlerini 2 ile bölüp 100 ile çarparak gönderiyoruz.



Şekil 6.7.4 Batarya Yönetim Sistemi ve Araç Kontrol Sistemi Bağlantısı



Şekil 6.7.5 Araç Kontrol Sistemi Debug Ekranında Verilerin Gözlenmesi

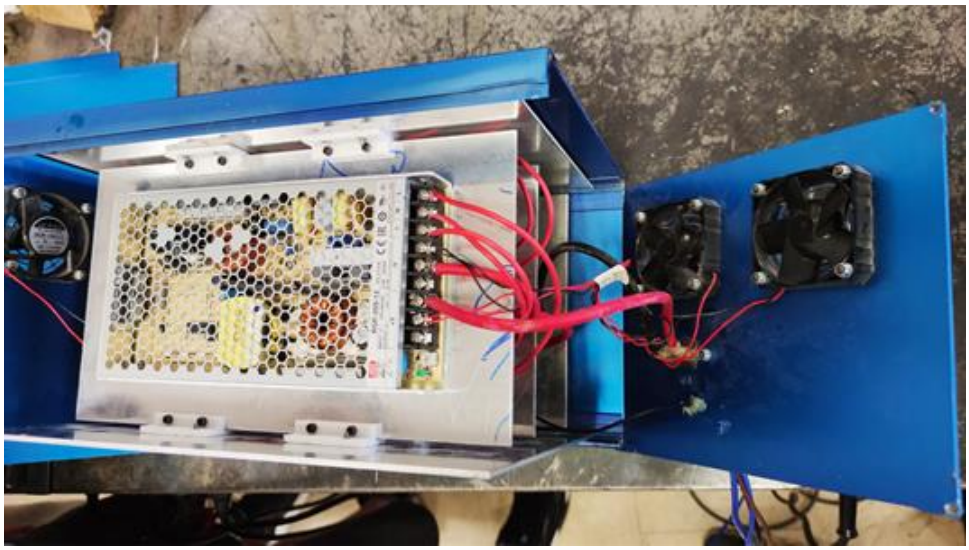
Tablo 6.8 Karşılaştırma Tablosu

		Önceki Tasarım	Mevcut Tasarım
Pil Paketleme Tasarımı	:	20 Seri 19 Paralel	20 Seri 19 Paralel
Çıkış Voltajı	:	84 V	84 V
Çıkış Akımı	:	55 A	2900mAhx19
Dengeleme Yöntemi (aktif veya pasif)	:	Pasif	Pasif
Devre Tasarım Tipi	:	Yerli PCB	2 katlı yurtdışı PCB
SOC Tahmin Algoritması	:	Gerilime göre yüzdelik olarak	Gerilime göre yüzdelik olarak
Kontrol Algoritması	:	Pillerin ortalama gerilimine göre	Pillerin ortalama gerilim değerine göre
Yerli mi Değil mi	:	Yerli	Yerli

7. Yerleşik Şarj Birimi (YŞB)

Anahtarlamalı bir güç kaynağı olan yerleşik şarj birimi batarya grubunu şebekeden beslenerek şarj eder. Bu güç kaynağının kullanım amacı sistemi gerekli güç elektroniği devreleri sayesinde şebekeden çektiği 50Hz frekansa sahip 220V gerilimli alternatif akımı istenilen düzeye çekerek bataryaların şarj edilmesini sağlar.
Bu sene yerleşik şarj biriminde ARG3 firmasının Voltion VLT-840-NMC250 modeli kullanılmıştır.

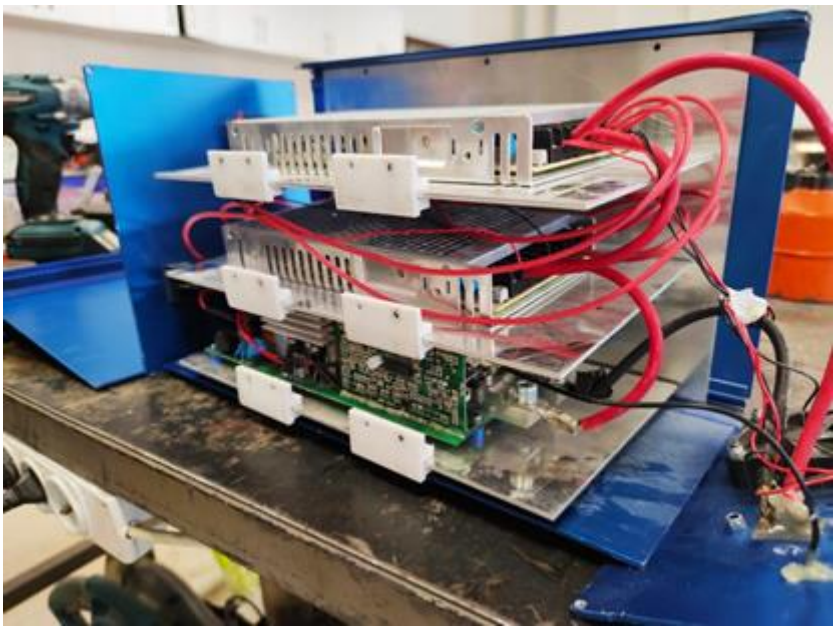
Şekil 7.1 Yerleşik Şarj Birimi



Şekil 7.2 YŞB Üst İç Görünüm

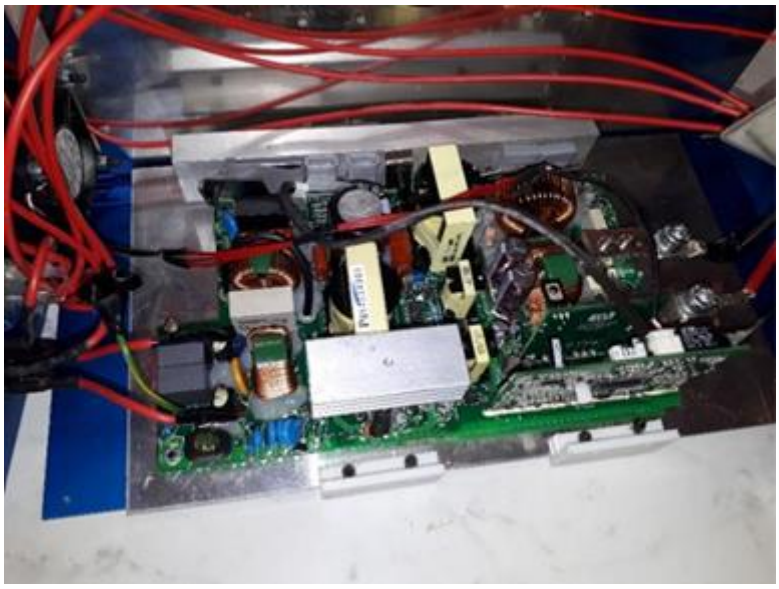
7.1 Yerleşik Şarj Birimi Çalışma Prensibi:

Şarj sistemi, bir doğrultma ünitesi, bir yükseltme ünitesi ve bir alçaltma ünitesi olmak üzere üç ana bölümden oluşur. Ayrıca kontrol ünitesi bölümü de bulunur. Kontrol ünitesi sistemin izlenmesini ve sistemin bilgilendirilmesini amaçlar.



Şekil 7.1.1 Yerleşik Şarj Birimi İç Katmanları

Elektrik şebekesinden sağlanan AC voltajın DC voltaja dönüştürülme işlemi doğrultucu ünite tarafından gerçekleştirilir.

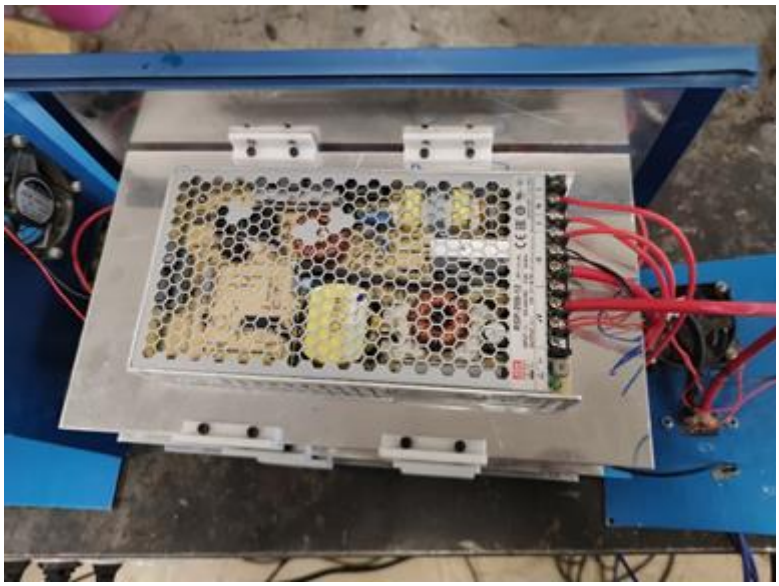


Şekil 7.1.2 YŞB Alt Katman

Doğrultucu çıkışında DC gerilimin elde edilmesi gerekir. Negatif alternatif kısım ters çevrilir ve pozitif dönüşüme taşınır. Bu işlem köprü diyotların yardımıyla gerçekleşir. Ancak burada elde ettiğimiz voltaj tam olarak DC değildir. Bu nedenden dolayı doğru akımı filtrelemek için bir kondansatör bağlanır.

Şekil 7.1.3 YŞB Orta Katman

Amplifikatör ünitesinde gelen gerilim değeri yükseltilerek alçaltma ünitesine iletilir. Sistemin daha düşük besleme gerilimine ihtiyacı olduğu için alçaltma ünitesi güçlendirilmiş DC gerilimleri düşürür. Pilin durum verilerini incelemek için kontrol devresi kullanılır.



Şekil 7.1.4 YŞB Üst Katman

7.2 Özellikler

VOLTION VLT-840-NMC250

- Batarya şarj cihazı sabit akım/sabit voltaj değerlerinde şarj işlemi gerçekleştirir.
- Şarj cihazı lityum iyon pili 5 saatte şarj edebilmektedir.
- Şarj cihazı soğutma ihtiyacına uygun hava akışı sağlayacak yapıda olup üzerinde dahili soğutma fanları bulunmaktadır.
- Şarj cihazı alternatif akımda 90-264 VAC (47-63Hz frekans aralığında), sabit akımda 127-370 VDC şarj etme özelliğine sahiptir.
- Şarj cihazının çıkış voltajı 72V, çıkış gücü 720 Watt'tır.
- Şarj cihazında şarj durumunu başlatmak veya bitirmek için dahili bir açma / kapama düğmesi bulunur.
- Şarj cihazında şarj durumu veya arıza durumunun izlenebildiği dahili bir LED ekipmanı bulunmaktadır.
- Şarj cihazı (-20) / (+ 60) santigrat derece çalışma koşullarına uygundur.
- Şarj cihazı en az IP 54 koruma seviyesine sahiptir.
- Şarj cihazı 200mmx240mmx400mm ölçülerinden büyüktür.
- Şarj cihazının ağırlığı 10 kg'dan azdır.

8. Enerji Yönetim Sistemi (EYS)

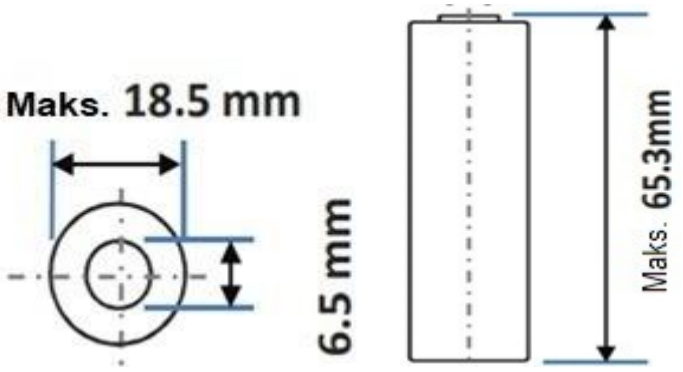
9. Batarya Paketi

Teknik özellikler;

• Batarya paketinin çalışma voltajı 64V-84V aralığındadır.
• Panasonic 18650PF hücrelerinden 20 seri ve 19 paralel olmak üzere toplam 380 hücre kullanılmıştır.
• Paket içerisinde bulunan DC-DC dönüştürücü, 72V ana çıkış hariç 12V gerilimde 100W çıkış gücü sağlar.
• Batarya paketi, nominal 72 V voltajda 55,1 Ah ve 3967 Wh kapasiteye sahiptir.
• Sürekli 100 Amper akım çekimine uygun olarak tasarlanıp üretilmiştir.
• Acil durumlar için 90dB uyarı sinyali kullanılmıştır.
• Batarya paketimizin dış malzemesinde alüminyum alaşım kullanılmıştır.
• Pil paketinin boyutu 357 mm, genişliği 343 mm, yüksekliği 223 mm'dir.

9.1 Hücrelerin Özellikleri

Batarya paketinde kullanılan pilin modeli Lityum İyon NCR18650PF' dir.

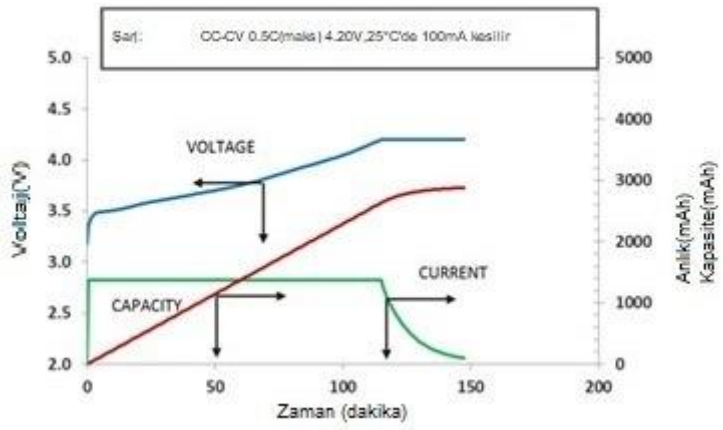


Şekil 9.1.1 Teknik Özellikler

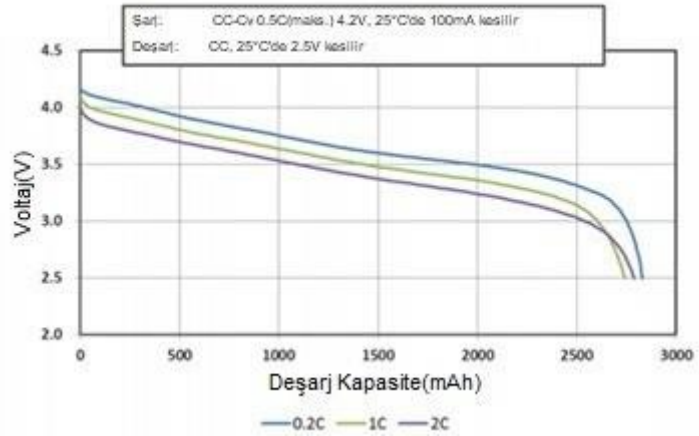
Tablo 9.1.1 Teknik Özellikler

Kapasite	Min. 2750mAh Typ.2900mAh
Nominal voltaj	3.6 V
Şarj	CC-CV, Std. 1375mA, 4.2 V, 4.0 S.
Ağırlık (max)	48.0 g
Sıcaklık	Şarj: 0-45 °C, Deşarj: -20- 60°C

9.2 Şarj-Deşarj Karakteristiği

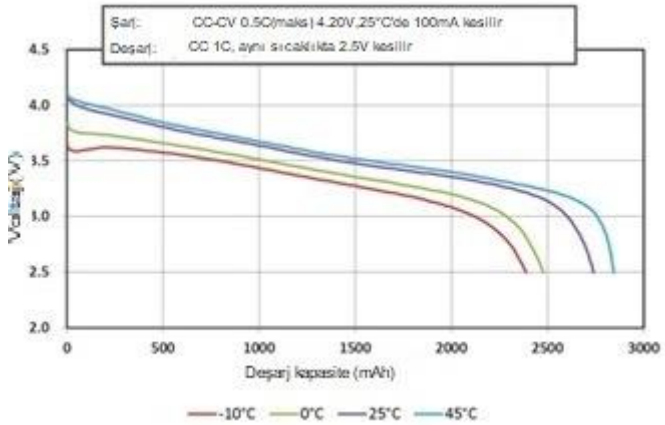


Şekil 9.2.1 Şarj Karakteristiği



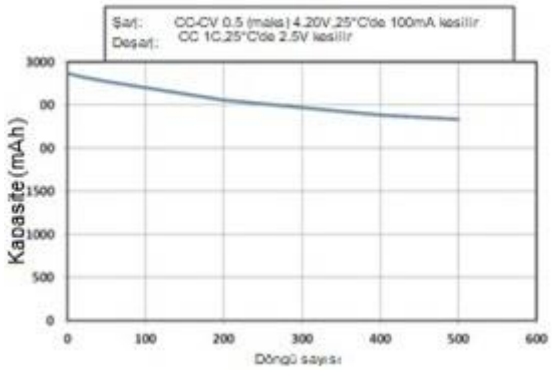
Şekil 9.2.2 Deşarj Karakteristiği

9.3 Sıcaklık Değişimine Bağlı Deşarj Karakteristiği



Şekil 9.3.1 Sıcaklık Değişimine Bağlı Deşarj Grafiği

9.4 Pil Ömrü

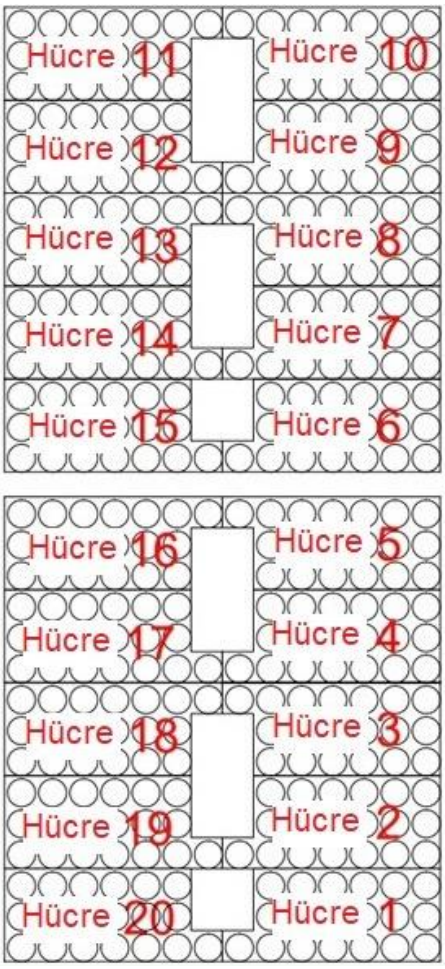


Şekil 9.4.1 Pil Ömrü Karakteristiği

9.5 Batarya Kutusu Mekaniği

9.5.1 Hücre Yerleşim Planı

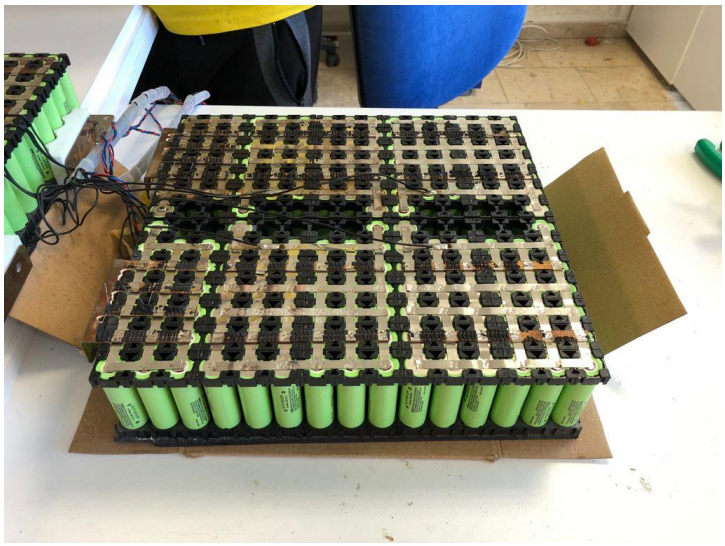
Batarya paketimizde 72 V (20 hücre x 3.4V) nominal gerilim sağlayan seri bağlı batarya hücreleri vardır. Paralel bağlanan piller 55,1 Ah (19 pil 2,9 Ah) kapasite değerindedir. Hücreleri taşıyan 1.5 mm çapındaki kabloların çıkış uçları ekibimiz tarafından tasarlanan BYS sistemine göre düzenlenmiştir.



Şekil 9.5.1.1 AutoCad Hücre Yerleşim Planı

Şekil 9.5.1.2 Batarya Grubu

Koruyucu katmanlarla hücreler birbirinden izole edilir. Bağlantı için hücreleri doğrudan lehimlemek yerine nikel şeritler ile merkezleme işlemi yapılır. Bataryalara zarar vermeden monte edebilmek ve batarya gruplandırmasını yapabilmek için pillerin arasına yerleştirilen metallerin çok hızlı bir şekilde ve yüksek amper gönderilerek monte edilmesi gerekir. Bu işlem batarya puntolaması işlemidir. Çok kısa sürede pillerin üzerindeki bağlantı metallerine gönderilen akım doğrudan pillere gelmediği için pillere zarar vermeden kurulum yapılır.



Şekil 9.5.1.3 Batarya Grubunun Bağlantı Görüntüsü

9.5.2 Termal Yönetim

Termal sürüklenme olarak bilinen bir süreç nedeniyle lityum iyon piller patlamaya eğilimlidir. Bu durum temel olarak artan sıcaklığın sistemi daha fazla ısıtması ve dolayısıyla sıcaklığın kademeli olarak artmasıyla oluşan pozitif bir döngü olarak tanımlanabilir. Sıvı soğutma veya hava soğutma yoluyla ısıyı dağıtan mekanik parçalar batarya paketini ısınmadan korumak için kullanılır. Düşük maliyetli olması için batarya paketinde 12V, 4 adet DC fan kullanılmıştır. Kullanılan soğutma fanları enerji verimli ve uygun maliyetlidir. Alüminyum malzemeden yapılan batarya kutusunun her iki yanına 4 adet delik açılmıştır ve fanlar takılmıştır. Fanlardan ikisi havayı emerek sistemi soğutmak için, diğer ikisi ise içeride oluşan sıcak havayı dışarı atmak için kullanılır. Soğuk hava fanlardan pompalanır.

Şekil 9.5.2.1 12V DC Fan

Şekil 9.5.2.2 Havalandırma Çıkışları

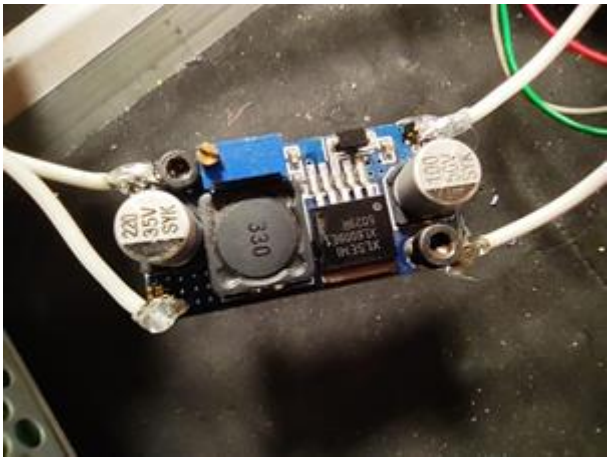
9.6 Elektrik ve Kontrol Ünitesi

Araç batarya yönetim sistemi tarafından yönetilen batarya paketinden güç aldığında aracın dışına ekstra hava çıkışı sağlamak için soğutma fanları devreye girer.

Batarya paketinde 72 V nominal gerilimi 12V’ a çevirecek olan dönüştürücü bulunur ve 12 V araç içerisinde kablolarla taşınarak gerekli yerlerde kullanılır. Kullanılan kabloların düzenlenmesi ve yenilenmesi yapılarak daha güvenli ve sağlıklı hale getirilmiştir, sade bir görünüm kazandırılmıştır.

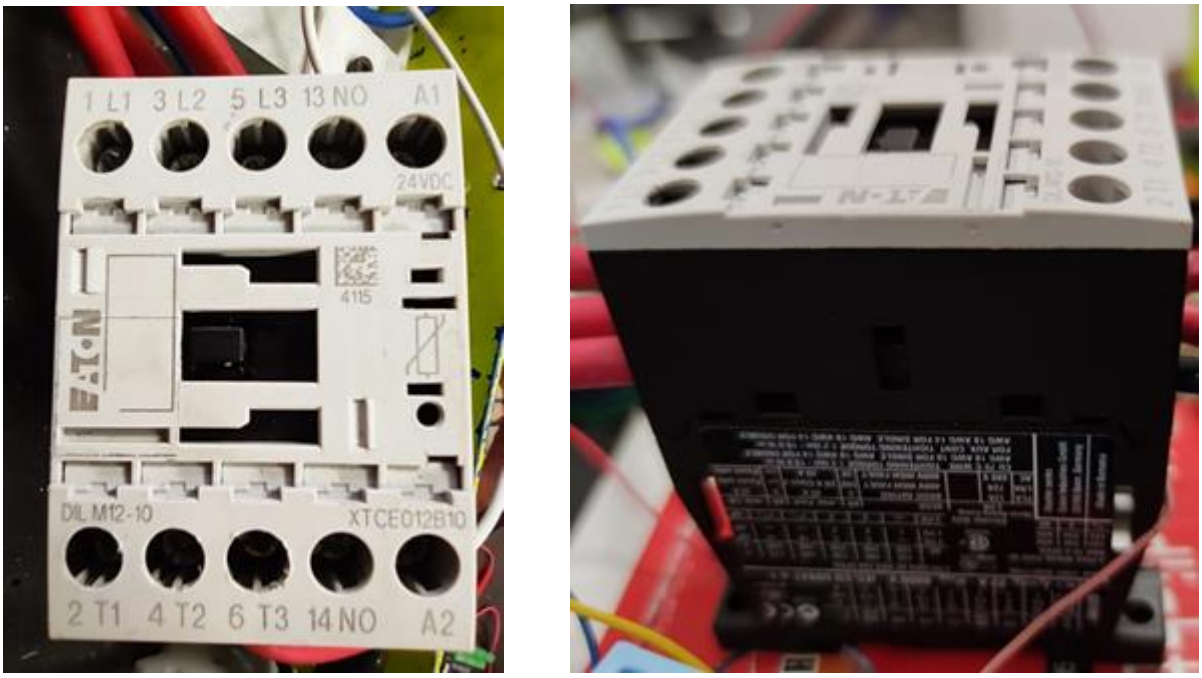
Şekil 9.6.1 72-12 V Dönüştürücü

72V-12V dönüştürücü ile 12 V' a düşürülen voltaj, kontaktörü tetiklemek için 12V-24V dönüştürücü ile voltaj 24V' a çıkarılarak kullanılır. Geçen sene batarya paketinde kullanılan 12V-24V dönüştürücü daha güvenli ve sağlıklı olan başka model ile değiştirilmiştir. Ayrıca 24V kablolarla batarya paketinin üzerine taşınır ve gerektiğinde kullanılır.



Şekil 9.6.2 12V-24V Dönüştürücü

Kontaktör üzerinden, motora giden ana voltaj ve dönüştürücüye giden voltajlar geçer. Kontaktöre enerji verilerek gücün akması sağlanır. Herhangi bir arıza durumunda kontaktör bobinlerine enerji verilmediği için enerji kesilir ve böylece araç güvenliği sağlanır. Geçen sene kullanılan kontaktör EATON firmasının M012B DC modeli ile değiştirilmiştir.

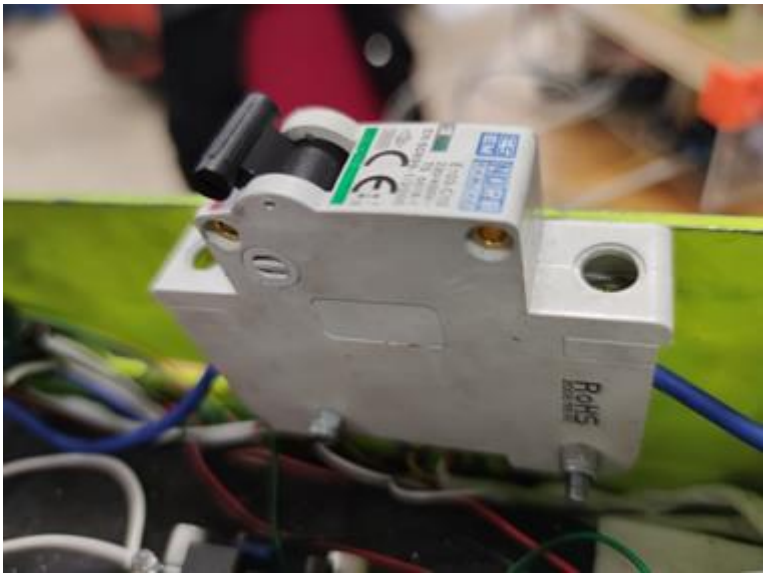


Şekil 9.6.3 Kontaktör

Batarya paketi ana hattı önce 160 A sigortadan geçer. 160 A sigorta herhangi bir kısa devre veya aşırı akım çekilmesi durumunda atar. Böylece araç güvenliği sağlanır.

Şekil 9.6.4 Akım Sigortası

Gerilimin 72-12V dönüştürücüye gelmesi için öncelikle sigortadan geçmesi gerekir. Kontaktöre enerji akışı sigorta kapalıyken gerçekleşmez. Böylece araç güvenliği sağlanmış olacaktır.



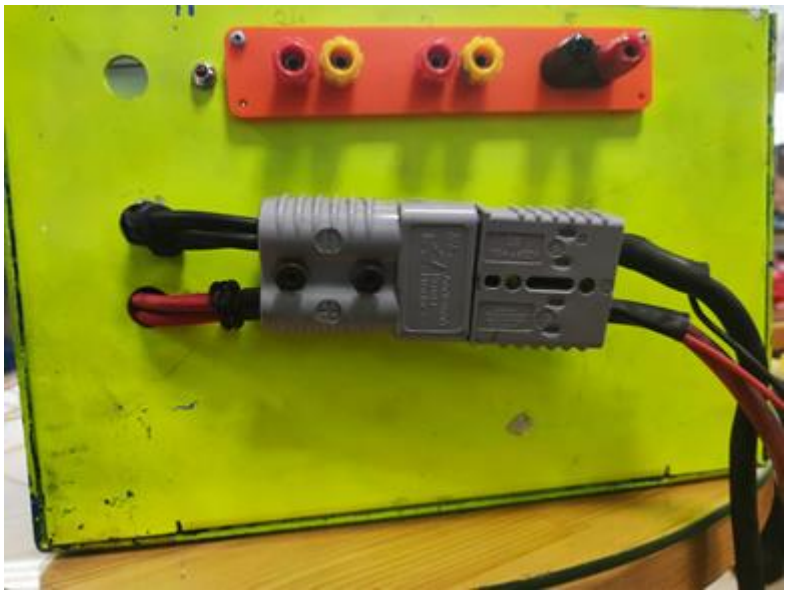
Şekil 9.6.5 Sigorta

9.7 Güvenlik önlemleri

Lityum hücrelerinin aşırı ısınmasına, yanmasına ve zehirli gazlar salmasına fiziksel hasar ve kısa devre gibi olaylar neden olabilir. Bu durum yolcular ve aracın kendisi için bir güvenlik tehdidi oluşturur. Termal kaçak sistemi kullanılarak, gazlar daha iyi tahliye edilir ve hücre paketi soğutulur. Gaz emisyonunu etkili bir şekilde durdurabilmek için stratejik olarak tasarlanmış havalandırma delikleri ve termal kaçak sisteminde kullanılan bir soğutma fanı kullanılarak batarya paketinin aşırı ısınmasını önlenmiştir.

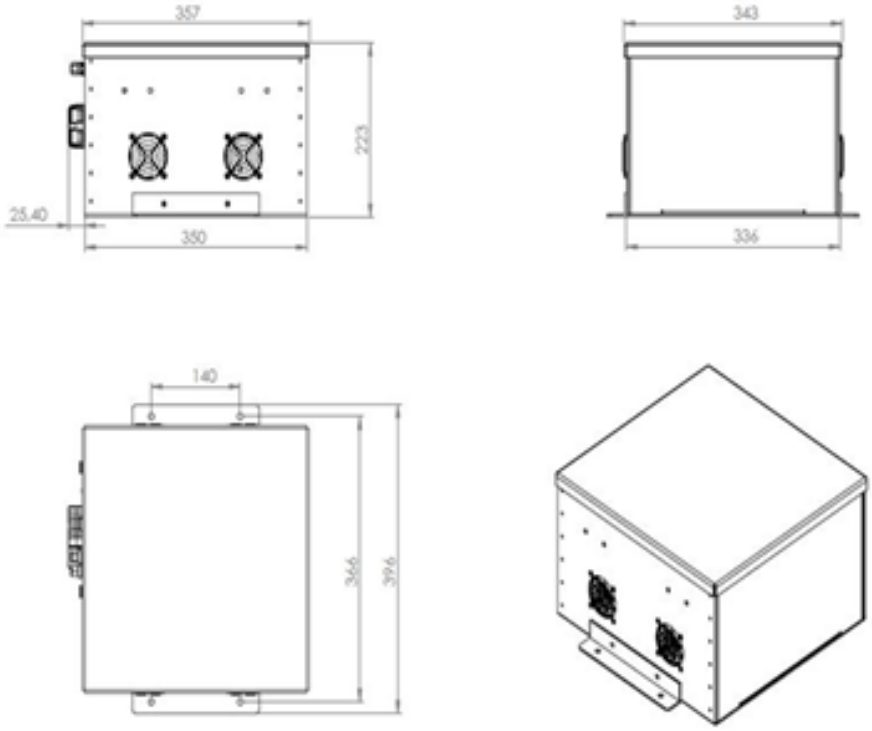
Şekil 9.7.1 Havalandırma Kanalları

İlk enerjilendirmeyi yapabilmek için sigorta kapatılmalı ve kontaktör elle çekilmelidir. Böylece dönüştürücüden gelen enerji kontaktör bobinlerine gidecek ve kontaktör çekili kalarak batarya paketinin çıkışına enerji geçişi sağlanacaktır.

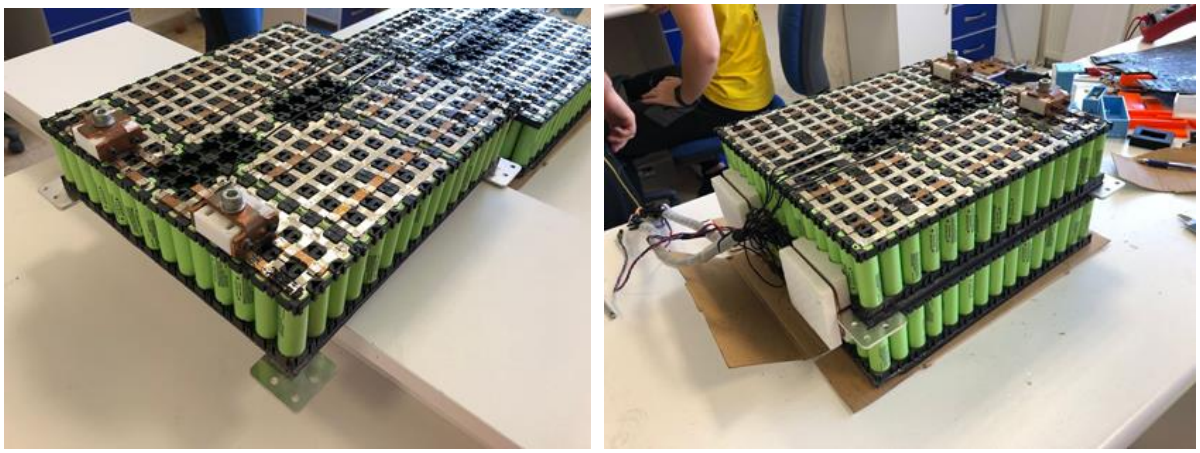


Şekil 9.7.2 Motora Giden Besleme Kabloları

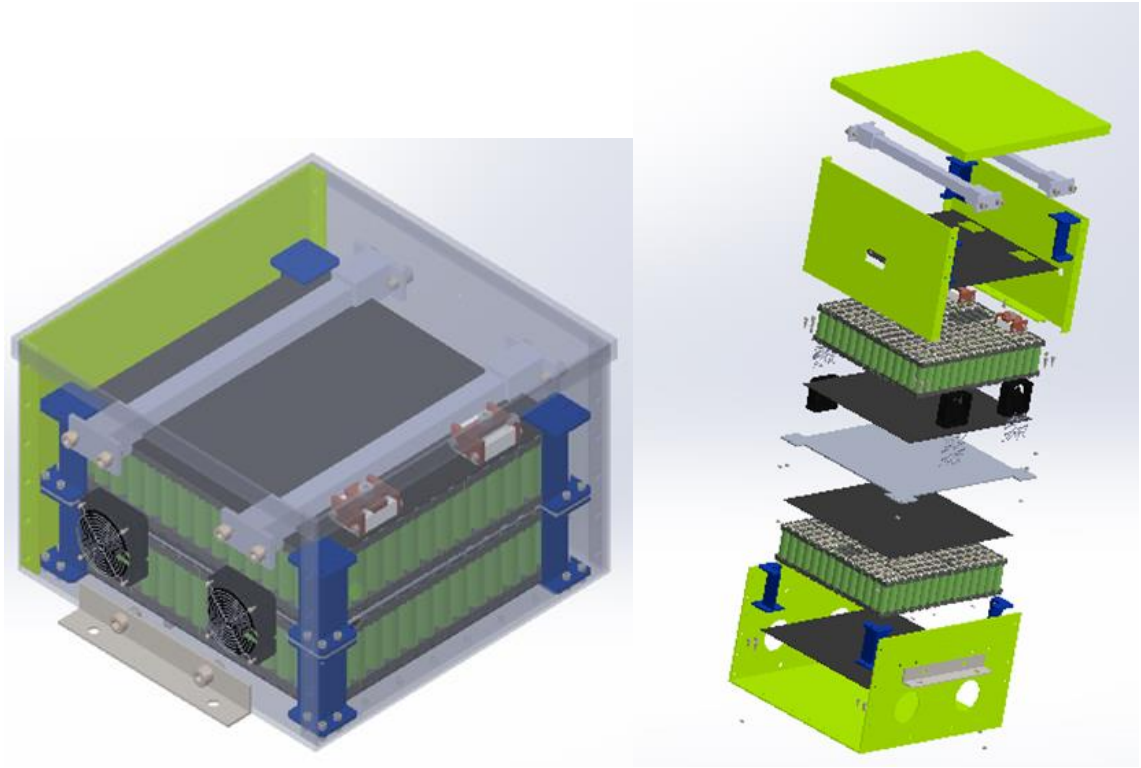
9.8 Batarya Kutusu Malzemelerinin Tasarımı



Şekil 9.7.3 Batarya Kutusunun Teknik Resmi



Şekil 9.7.4 Batarya Paketinin İç Görünümü



Şekil 9.7.5 Batarya Kutusunun Montajı ve Patlatma Görüntüsü

9.9 Batarya Paketinin Araca Bağlantısı

Batarya paketinin L konnektör ile arabanın şasesine bağlantı yapılması uygun görülmüştür.

Şekil 9.9.1 L Konnektör

Tablo 9.10 Karşılaştırma Tablosu

		Önceki Tasarım	Şu anki Tasarım
Li-ion Hücre Tipleri (Kese, Silindirik, Prizmatik vb.)	:	20 seri ve 19 paralel	20 seri ve 19 paralel
Paketin Kapasitesi (Ah) ve Enerji Yoğunluğu (Wh)	:	55 Ah, 3967 Wh	55 Ah, 3967 Wh
Batarya Kutusu Malzemesi	:	Alüminyum	Alüminyum
İzolasyon Malzemeleri	:	Keçe	Keçe
Soğutma Sistemi Tasarımı	:	12 V Fan	12 V Fan
Paketin Termal Analizi	:	SolidWorks Termal Analiz	SolidWorks Termal Analiz
Güvenlik (yangın) Duvar Malzemesi	:	Sigorta ve Kontaktör	Sigorta ve Kontaktör
Pil Paketinin Konumu	:	Aracın ön kısmında	Aracın ön kısmında
Yerli veya Değil	:	Yerli	Yerli

10. Elektronik Diferansiyel Uygulaması

11. Araç Kontrol Sistemi (AKS)

Önceki senelere nazaran ekibi zorlayan karmaşık bir yapıdan ziyade, amacına hizmet eden ve analizi zor olmayan bir ürün ortaya konuldu. Ayvaz Elektromobil takımına katılan yeni üyelerin kolaylıkla uyum sağlayabildiği ve katkı sağlayabildikleri bir yapı kuruldu.

Araç Kontrol Sistemi motor ve bataryadan aldığı sıcaklık, hız ve gerilim verilerini elde ederek;

1. Arıza ve durum tespiti yapabilen
2. Güvenlik önlemleri çerçevesinde gerekli uygulamaları yapabilen
3. Gerekli verileri sürücü ekranına aktaran
4. Tüm verileri kablosuz RF haberleşme sistemi ile telemetri ekranına ileten
5. En sonda ise log kaydı tutabilen bir birimdir.

11.1 Mikroişlemci

Arduino, farklı sensörlerden veri toplamak ve haberleşme özelliği ile bilgi vermek için en kolay mikroişlemcilerden biridir.

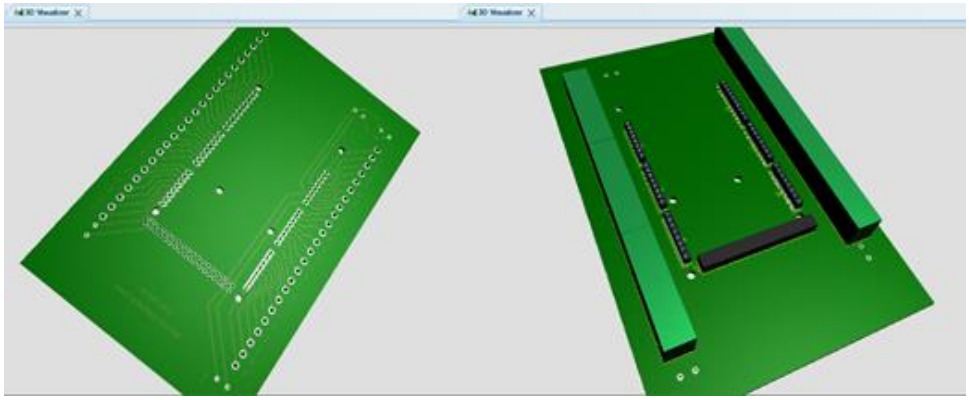
Mega 2560 Arduino Özellikleri

Şekil 11.1.1 Kullanılan Mikroişlemci Kartı

Mikroçip: Atmega2560.

- Çalışma gerilimi: 5V.
- Giriş gerilimi: 7-12V.
- 54 dijital I/O pinler.
- 16 analog giriş.
- 4 UART (seri portlar).
- Çalışma frekansı: 16MHz

Bu mikroişlemci batarya paketinin içinde bulunan regülatörler sayesinde beslenmektedir.



Şekil 11.1.2 Mikroişlemci için Shield Board Baskı Çizimi

```
//Verileri Stringe çevirdik.
String ax =(sTemperature0);
String bx =(sTemperature1);
String cx =(simuleVoltage);
String dx =(simuleBattery);
String ex =(mySimuleSpeed);
String fx =("*");
String gx = (" \n");
String hx = (" ");
String ix = ("$");
String jx = ("END");

//Burada da veriler char'a çevrildi çünkü paket yollanılması gerekiyor.
const char* bysverisix=bysverisi.c_str();
const char* a = ax.c_str();
const char* b = bx.c_str();
const char* c = cx.c_str();
const char* d = dx.c_str();
const char* e = ex.c_str();
const char* f = fx.c_str();
const char* g = gx.c_str();
const char* h = hx.c_str();
const char* i = ix.c_str();
const char* j = jx.c_str();
```

Kod 11.1.1 Ana Arduino Veri Atamaları

Veriler Lora'nın düzgün bir şekilde okuması için paket şeklinde gönderilmesi gerekmektedir. Bu yüzden verilerdeki integer veri değişkenleri önce String'e sonra ise Pointer Char'a çevrildi.

```
while(z<=5){//Verileri burada Lora vasıtasıyla yolladık.
 z++;
 delay(40);
 mySerial.write(i);

  mySerial.write(i);mySerial.write(f);
mySerial.write(a);mySerial.write(f);
mySerial.write(b);mySerial.write(f);
mySerial.write(c);mySerial.write(f);
mySerial.write(d);mySerial.write(f);
mySerial.write(e);mySerial.write(f);
 mySerial.write(bysverisix);

mySerial.write(j);
 mySerial.write(g);
 mySerial.write(g);
 delay(40);
  }
```

Kod 11.1.2 Veriyi Gönderecek Kodlar

Burada Char veri değişkenine atanmış olan veriler belirlenen sıraya göre Lora'ya gönderilmektedir. Buradaki sıra önemlidir çünkü C# programında da aynı sıraya göre veriler atanacaktır.

Araç İçi Haberleşme Sistemi

Diğer tüm birimler ve AKS, aralarında haberleşir ve aracı güvende tutmak için birlikte çalışırlar. Bu amaca göre kontrol ünitesi ile Batarya Yönetim Sistemi arasında bağlantı bulunmaktadır. Her iki ünite de UART haberleşme destekli mikroişlemciler kullandığından haberleşme için Rx ve Tx pinleri kullanılmaktadır.

```
String bysverisi = Serial.readStringUntil('#');
```

Kod 11.1.3 Batarya Yönetim Sistemi Gelen Veri Parçası

Araç içindeki BYS'den AKS'ye haberleşme için Arduino'nun UART iletişimi kullanıldı. AKS, BYS'den gelen veriyi "#" işaretine kadar okuyup ardından "bysverisi" adlı String veri çeşidine atamaktadır.

```
void receiver(){
    receive_data=Serial.read();
   // Serial.println(receive_data);
    if(receive_data==71)receive_data_number=0;
    if(receive_data_number>35)receive_data=35;
    if(receive_data_number<33){

      MSG[receive_data_number]=receive_data;
      //Serial.println(receive_data_number);
      //Serial.println( MSG[receive_data_number]);
    }
    if(receive_data_number==30){
        Serial.print("  bat1:");
        Serial.println(MSG[1]);
        Serial.print("  bat2:");
        Serial.println(MSG[2]);
        Serial.print("  bat3:");
        Serial.println(MSG[3]);
        Serial.print("  bat4:");
        Serial.println(MSG[4]);
        Serial.print("  bat5:");
        Serial.println(MSG[5]);
        Serial.print("  bat6:");
        Serial.println(MSG[6]);
        Serial.print("  bat7:");
        Serial.println(MSG[7]);
        Serial.print("  bat8:");
        Serial.println(MSG[8]);
        Serial.print("  bat9:");
        Serial.println(MSG[9]);
        Serial.print("  bat10:");
        Serial.println(MSG[10]);
        Serial.print("  bat11:");
        Serial.println(MSG[11]);
        Serial.print("  bat12:");
        Serial.println(MSG[12]);
        Serial.print("  bat13:");
        Serial.println(MSG[13]);
        Serial.print("  bat14:");
        Serial.println(MSG[14]);
        Serial.print("  bat15:");
        Serial.println(MSG[15]);
        Serial.print("  bat16:");
        Serial.println(MSG[16]);
        Serial.print("  bat17:");
        Serial.println(MSG[17]);
        Serial.print("  bat18:");
        Serial.println(MSG[18]);
        Serial.print("  bat19:");
        Serial.println(MSG[19]);
        Serial.print("  bat20:");
        Serial.println(MSG[20]);

        Serial.print("    temp1:");
        Serial.println(MSG[21]);
        Serial.print("    temp2:");
        Serial.println(MSG[22]);
        Serial.print("    temp3:");
        Serial.println(MSG[23]);
        Serial.print("    temp4:");
        Serial.println(MSG[24]);
        Serial.print("    temp5:");
```

Kod 11.1.4 Batarya Yönetim Sistemi Haberleşme Kodları

```
int MSG[32],receive_data,receive_data_number;
#include "Receiver.h"
void setup() {
 Serial.begin(9600);
 //Seriall.begin(115200);
}
void loop() {
  if (Serial.available()){
      receiver();
    }

}
```

Kod 11.1.5 Batarya Yönetim Sistemi Setup Haberleşme Kodları

Batarya Yönetim Sisteminden okunan veriler bir kütüphane oluşturularak içine atanır (Kod 11.1.4). Oluşturulan kütüphanenin içindeki fonksiyon ana işlemcide kullanılarak Kod 11.1.5'de gösterildiği üzere veriler aks sisteminde kullanılır.

11.2 Tanı

AKS, aracın etrafındaki sensörlerden, araç durumunun istendiği gibi olup olmadığını kontrol etmek için veri toplanır.
Araç içinde batarya paketinde 5, motorda 1 adet olmak üzere toplamda 6 sıcaklık sensörü bulunmaktadır. Bu sensörler aracılığıyla, sıcaklık istenmeyen seviyelere ulaştığında gereken güvenlik önlemleri uygulanabilmektedir.
Sıcaklık ölçmek için DS18B20 sıcaklık sensörü kullanıldı.

Şekil 11.2.1 DS18B20Sıcaklık Modülü

DS18B20 sıcaklık sensörü kartı, üzerinde gerekli devre elemanlarının yapılmış olduğu ve besleme ve sinyal çıkışının rahat bir şekilde yapılabilmesi için kart haline getirilmiş bir modüldür. DS18B20 1 hatlı dijital sıcaklık sensörü bulunmaktadır. Bu sensör 9 ila 12-bit aralığında değerler ile -55C ile 125C (+/-0.5C) aralığında değerler vermektedir.
Bu sensörü kullanmak için “DallasTemperature” kütüphanesi kullanıldı.

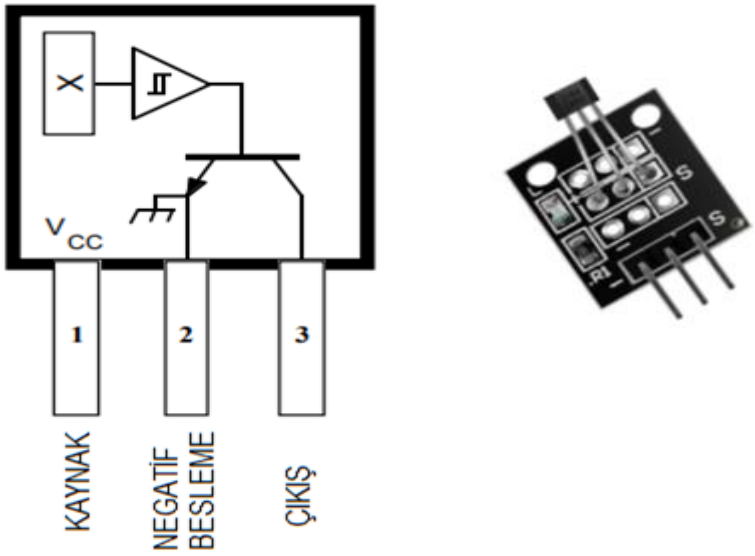
```
temperature0 = DS18B20.getTempC(DS18B20adress0);
temperature1 = DS18B201.getTempC(DS18B20adress1);
temperature2 = DS18B202.getTempC(DS18B20adress2);
temperature3 = DS18B203.getTempC(DS18B20adress3);
```

```
//DS18B20 için gereken kodlar.
OneWire oneWire(2);
OneWire oneWire1(3);
OneWire oneWire2(4);
OneWire oneWire3(5);
DallasTemperature DS18B20(&oneWire);
DallasTemperature DS18B201(&oneWire1);
DallasTemperature DS18B202(&oneWire2);
DallasTemperature DS18B203(&oneWire3);
DeviceAddress DS18B20adress0, DS18B20adress1, DS18B20adress2, DS18B20adress3;
```

Kod 11.2.1 Sıcaklık Sensörü Kütüphane Kodları

Kod 11.2.1'de gösterilen DS18B20 sensörlerinden gelen veriler değişkenlerine atandı. Sonrasında ihtiyaç duyulan şekilde kullanıldı.

Hız ölçümü;



Şekil 11.2.2 Hall Effect Manyetik Sensör

Özellikleri:

- 4,5 V ila 24 V aralığında çalışır.
- Ters pil koruması yapar.
- Küçük, piyasada bulunan kalıcı mıknatıslarla etkinleştirilir
- Katı Hal Güvenilirliği,
- Küçük Boyut,
- Fiziksel Strese Dayanıklılık özelliklerine sahiptir.

```
while(true){
  if (digitalRead(hall_pin)==0){
    if (on_state==false){
      on_state = true;
      hall_count+=1.0;
    }
  } else{
    on_state = false;
  }
  if (hall_count>=hall_thresh){
    break;
  }
  float check = micros();
  if(check-start>=1000000){
   if(hall_count<1){
  hall_count=0;
  mySpeed=1;
    break;
  }
  }
}
float end_time = micros();
float time_passed = ((end_time-start)/1000000.0);
float rpm_val = ((hall_count*60)/time_passed);
float mySpeed = (rpm_val*(0.00027)*2*(3.14)*60/(time_passed*60*60));
```

Kod 11.2.2 Hız Ölçümü Kodları ve Hesaplamaları

Aracın hızının ölçülmesi için hall effect sensör kullanıldı. Yukarıdaki mikroişlemciye yazılan kodlar aracın tekerleğinin yarı çapına göre aracın hızını ölçmektedir.

11.3 Araç Durumu ve Bilgilendirme Ekranı

Nextion, bir insan ile bir makine, uygulama veya cihaz arasında bir kontrol ve görselleştirme arabirimi sağlayan bir İnsan Makine Arayüzü (HMI) çözümüdür

Şekil 11.3.1 Nextion Ekran 7”

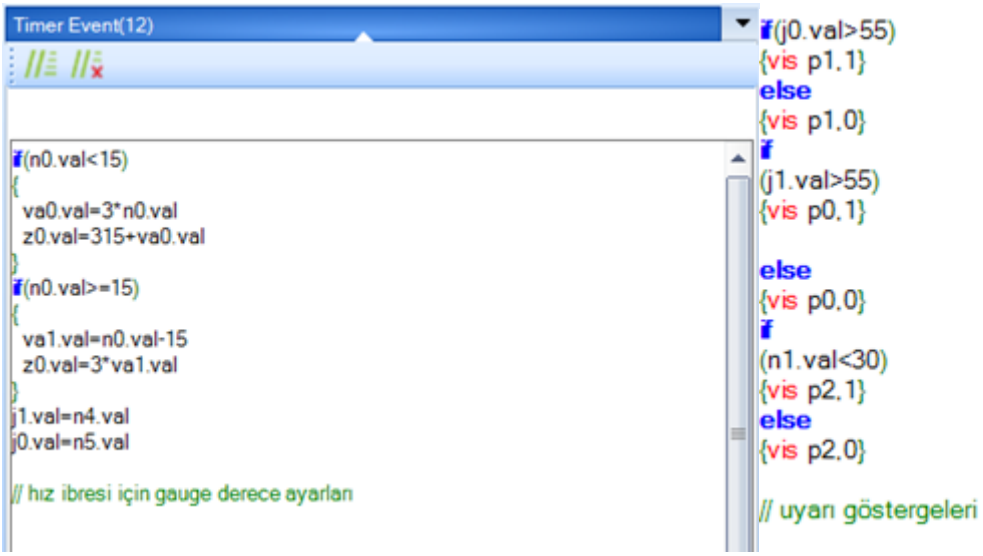
Nextion Ekran Özellikleri

- 800 x 480 Çözünürlük
- RGB 65K canlı renkler
- Entegre 4 telli Dirençli Dokunmatik Panelli TFT Ekran
- Herhangi bir TTL Seri port ile 4 pinli arabirim
- Kullanıcı Uygulama Kodu ve Verileri için 16M Flash Bellek
- Yazılım yükseltmesi için dahili mikro SD kartı
- Ayarlanabilir Parlaklık: 0 ~ 230 nit ayar aralığı %1'dir
- 5V 510mA çalışma aralığı
- Görme Alanı: 154.08mm (L) × 85.92mm (W)
- En: 107mm
- Boy: 186mm
- Yükseklik: 9mm

```
//Nextion için ayarlanan kodlar
n0.setValue(mySpeed);  //hız
n1.setValue(value0);   //doluluk
n2.setValue(value2);  //batarya voltaj
n3.setValue(value1);     //motor voltaj
n4.setValue(temperature2);   //batarya sıcaklık
n5.setValue(temperature3);   //motor sıcaklık
```

Kod 11.3.1 Mikroişlemcide Ekran İçin Atanan Veriler

Nextion'a yollamak için mikroişlemciden gönderilen veriler yukarıdaki gibidir.



Kod 11.3.2 Nextion Editor Uygulaması Kodlar

Nextion HMI'nın tercih edilmesinin nedeni, arayüz tasarımında piyasadaki en kullanışlı ürün olmasıdır. Bu ekran dış dünyadaki seri port tarafından kontrol edilmektedir. Ayrıca Nextion HMI kendi editörü üzerinden kod yazılabilir, harici mikrodenetleyecilerden ve bilgisayarlardan veri alarak ekranda görüntüleyebilir. Nextion HMI sayesinde araçtan gelen verileri tek bir ekranda görüntüleme imkanına sahiptir. Ekranda yer alan uyarı işaretleri ve değerlerle aracın durumunu izlenebilir.

Şekil 11.3.2 Nextion Ekran Tasarımı

Şekil 11.3.3 Uyarıları Temsilen Gösterilen Nextion Ekranı

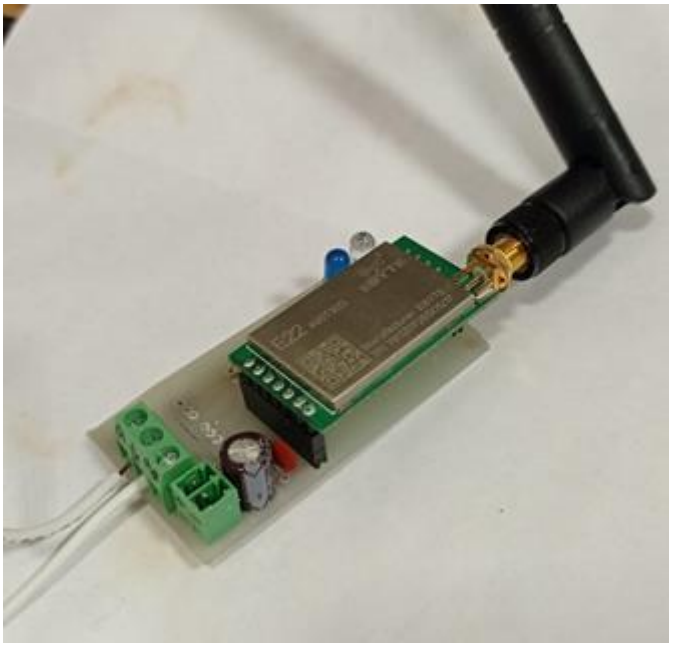
Oluşturulan Nextion ekranda geleceğe yönelik bir tasarım yapıldı. Önceki senelerde oluşturulan Nextion ekranlara göre daha yenilikçi ikonlar ve uyarı işaretleri konuldu. Azami şeklilde bilgi karışıklığı olmadan veriler gösterildi.

11.4 Verilerin İzleme Merkezine İletilmesi

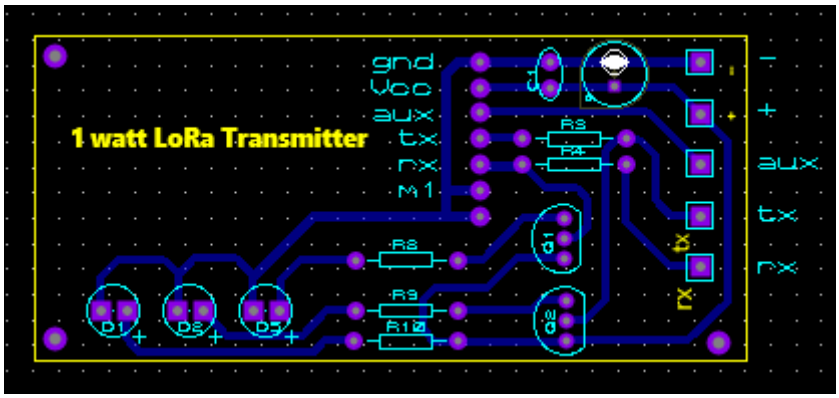
Telemetri Sistemi'nde, ekibin amacı gösterişli bir tasarımdan ziyade araç dışı iletişim ve kontrolü en anlaşılır şekilde tasarlamak ve güçlendirmektir. Okuma hızı artırılmış, veri iletiminin güvenliği ve sürekliliği (ve aracın ve sürücünün yaşayacağı olası durumlar) 'ilk iş zarar vermemek' düşüncesi ile ön planda tutulmuş ve birçok denemeden geçirilmiştir.

11.4.1 RF Haberleşme

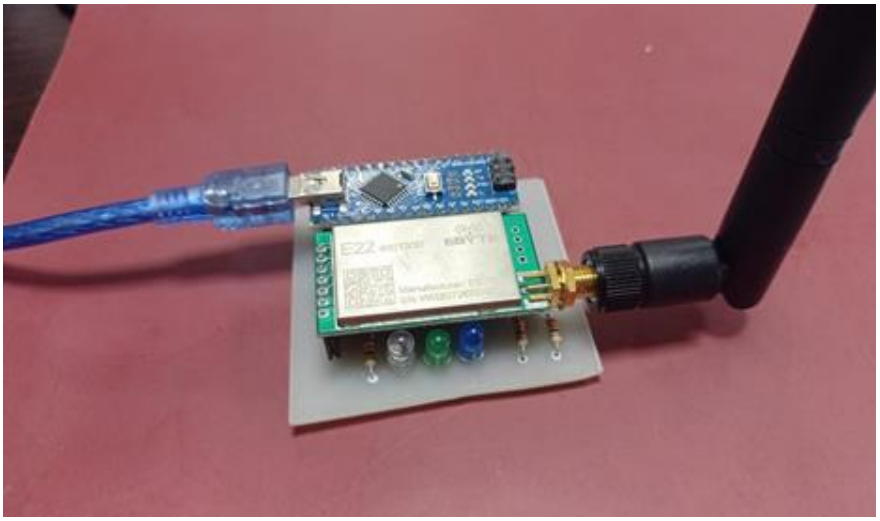
RF ile oluşturulan ve LoRa E22-400T30D 410~493 MHz 30dBm RF modülünü kullanan iletişim sistemi. Bu modül 6 kilometreye kadar korumasız veri iletimine sahiptir. Bu, gönderilen verilerin eşit frekanslı modüller tarafından okunabileceği anlamına gelir. Bu sebeple veriler şifrelenerek güvenli iletişim sağlanır.



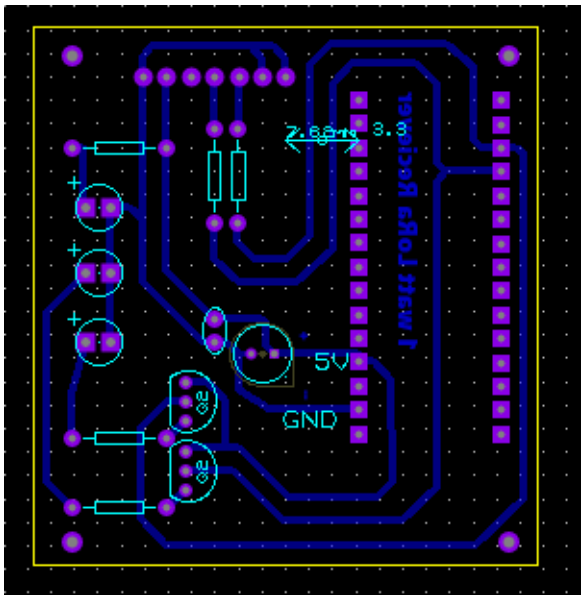
Şekil 11.4.1 Verici LORA Modülü Devresi



Şekil 11.4.2 Verici LORA Modülü PCB Çizimi



Şekil 11.4.3 Alıcı LORA Modül Devresi



Şekil 11.4.4 Alıcı LORA Modülü PCB Çizimi

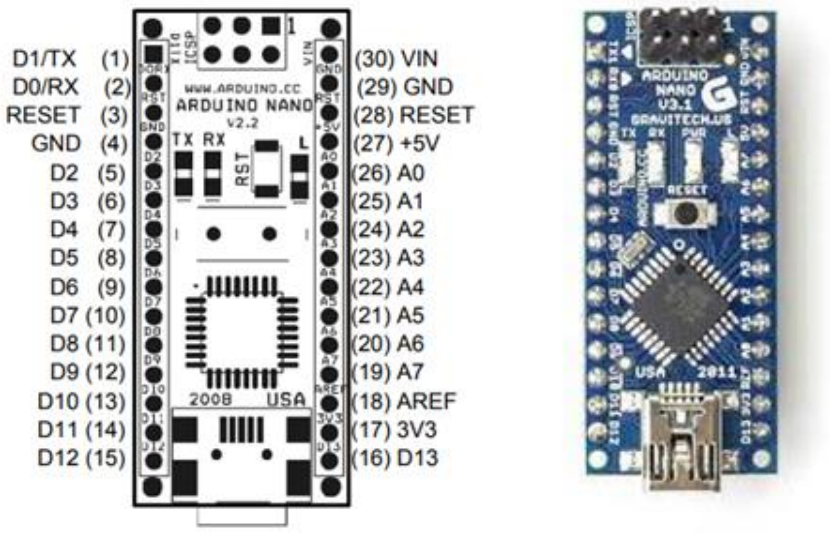
Tablo 11.4.1 LoRa E22-400T30D Modül Özellikleri

Ana Parametre	Değer	
	Asgari	Azami
Güç Kaynağı(V)	0	5.5
Engelleme Gücü(dBm)	-	10
Çalışma sıcaklığı (°C)	-40	85
Çalışma Frekansı (MHz)	410	493
Azami TX Gücü (dBm)	29.5	30.5

Lora modülü 412MHz de kullanıldı.412MHz'de kullanılmasının nedeni daha uzak mesafelere ulaştırmaktır. Veri iletimi spectrum(yayılım) olarak kullanıldı ve point to point (bir uçtan diğerine) olması için verileri sadece alıcı LORA'nın alabileceği şekilde yollandı. Bunu, verilerin başına "$" işareti ve sonuna da "END" koyulup alıcı olan Lora için alınacak paket oluşturuldu. Alıcı mikroişlemcide de sadece bu paketi alacak kodlar yazıldı. Böylece ihtiyaç olan paket ulaştırılmış oldu.

Paket içeriğimizi programlarımızda kullanmak için belirli veri çeşitlerine çevrildi. Bunu her verinin ardına yıldız işareti "*" koyup kodlarda da "*" olan yerden bölerek bir diziye atanması sağlandı. Dizideki elemanlarıda yollanılan sıraya göre belirli veri çeşitlerine atandı. Böylece veriler programda ihtiyaç duyulan yerlerde kullanıldı.

11.4.2 RF Alıcı Mikroişlemci-Arduino Nano



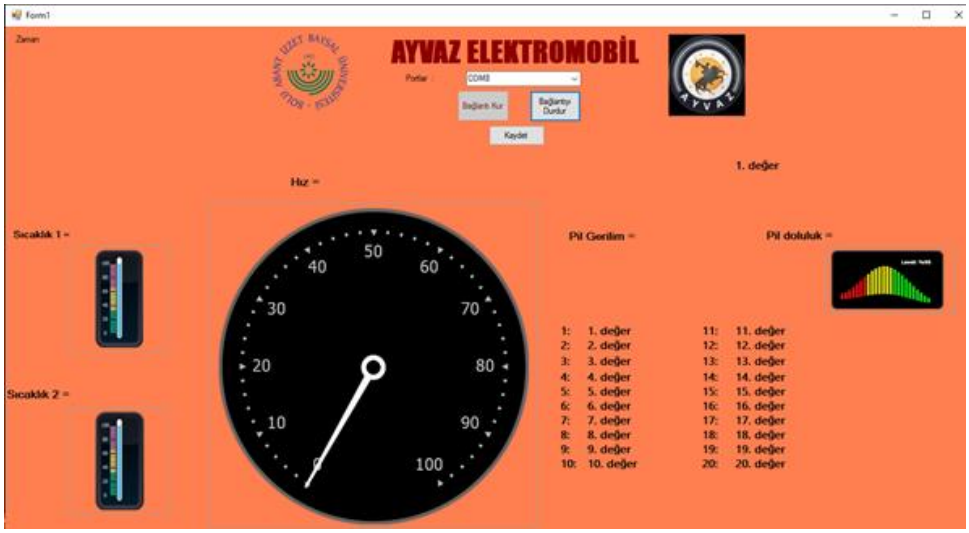
Şekil 11.4.5 Alıcı RF Modülü Kontrol Eden Mikroişlemci Nano

Tablo 11.4.2 Arduino Nano Özellikleri

Pin Numaraları	Pin İsmi	Türü	Tanım
1-2, 5-16	D0-D13	I/O	Port 0'dan 13'e dijital giriş/çıkış
3, 28	RESET	Giriş	Baştan başlatma
4, 29	GND	Güç	5v Negatif
17	3V3	Çıkış	+3.3V besleme çıkışı
19-26	A7-A0	Giriş	0'dan 7'ye Analog giriş
27	+5V	Çıkış ya da giriş	5v Pozitif
30	VIN	Güç	5v MCU Besleme

11.5 Telemetri

Alıcı olarak çalışan LORA modülü sayesinde elde edilen veriler Arduino Nano işlemcisine aktrılmaktadır. Bu işlemci ise verileri dijital olarak bir bilgisayara aktarmaktadır. Aktarılan bilgisayarda bulunacak olan Telemetri uygulaması ile RF üzerinden alınan veriler görüntülenmektedir.



Şekil 11.5.1 Telemetri Ekranı

```
if (data.StartsWith("$"))
{
    string[] element = data.Split('*');//Veri '*' karakterine göre elemanlara ayırıldı.
    temprature1 = element[1].Substring(0, 2); linearScaleComponent1.Value = Convert.ToInt32(temprature1);//Char'ı string e çevirip Gauge'ye değer atıyoruz
    temprature2 = element[2].Substring(0, 2); linearScaleComponent2.Value = Convert.ToInt32(temprature2);//
    voltage1 = element[3].Substring(0, 2);
    fullness1 = element[4].Substring(0, 2); linearScaleComponent3.Value = Convert.ToInt32(fullness1);//
    mySpeed1 = element[5].Substring(0, 2);
    mySpeeda = Convert.ToInt32(mySpeed1);
    mySpeedb = mySpeeda - 10;arcScaleComponent1.Value = mySpeedb;
    mySpeed2 = Convert.ToString(mySpeedb);
    label9.Text = element[1];//sıcaklık1 değeri
    label10.Text = element[2];//sıcaklık2 değeri
    label11.Text = element[3];//pil voltajı
    label12.Text = "%" + element[4];//pil doluluk oranı
    label13.Text = mySpeed2;//hız
    label43.Text = element[6].Substring(0,2);// bys den alınan gerilim verileri
    label42.Text = element[7].Substring(0, 2);//
    label41.Text = element[8].Substring(0, 2);//
    label40.Text = element[9].Substring(0, 2);//
    label39.Text = element[10].Substring(0, 2);//
    label38.Text = element[11].Substring(0, 2);//
    label37.Text = element[12].Substring(0, 2);//
    label36.Text = element[13].Substring(0, 2);//
    label35.Text = element[14].Substring(0, 2);//
    label34.Text = element[15].Substring(0, 2);//
    label53.Text = element[16].Substring(0, 2);//
    label52.Text = element[17].Substring(0, 2);//
    label51.Text = element[18].Substring(0, 2);//
    label50.Text = element[19].Substring(0, 2);//
    label49.Text = element[20].Substring(0, 2);//
    label48.Text = element[21].Substring(0, 2);//
    label47.Text = element[22].Substring(0, 2);//
    label46.Text = element[23].Substring(0, 2);//
    label45.Text = element[24].Substring(0, 2);//
    label44.Text = element[25].Substring(0, 2);//
```

Kod 11.5.2 Visual Studio Telemetri için Veri Atamaları

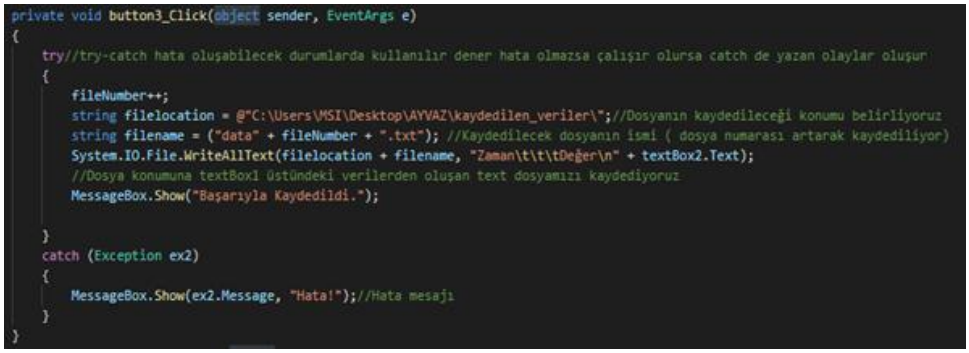
C# kodlarında da görüldüğü gibi “element” dizisindeki elemanlar belirli bir sıraya göre atandı. Atanan veriler telemetri sisteminde gösterilmek üzere ayarlandı.

11.6 Log Kaydının Tutulması

```
textBox2.Text += DateTime.Now.ToString() + " Sıcaklık1       :   " + element[1] + "\n";//Log kaydı tutulması için gereken textBox.
textBox2.Text += DateTime.Now.ToString() + " Sıcaklık2       :   " + element[2] + "\n";//
textBox2.Text += DateTime.Now.ToString() + " Batarya gerilim :   " + element[3] + "\n";//
textBox2.Text += DateTime.Now.ToString() + " Batarya doluluk :   " + element[4] + "\n";//
textBox2.Text += DateTime.Now.ToString() + " Hız             :   " + mySpeed2 + "\n";//
textBox2.Text += DateTime.Now.ToString() + " Batarya gerilim :   " + element[6] + "\n";//
textBox2.Text += DateTime.Now.ToString() + " Batarya gerilim :   " + element[7] + "\n";//
textBox2.Text += DateTime.Now.ToString() + " Batarya gerilim :   " + element[8] + "\n";//
textBox2.Text += DateTime.Now.ToString() + " Batarya gerilim :   " + element[9] + "\n";//
textBox2.Text += DateTime.Now.ToString() + " Batarya gerilim :   " + element[10] + "\n";//
textBox2.Text += DateTime.Now.ToString() + " Batarya gerilim :   " + element[11] + "\n";//
textBox2.Text += DateTime.Now.ToString() + " Batarya gerilim :   " + element[12] + "\n";//
textBox2.Text += DateTime.Now.ToString() + " Batarya gerilim :   " + element[13] + "\n";//
textBox2.Text += DateTime.Now.ToString() + " Batarya gerilim :   " + element[14] + "\n";//
textBox2.Text += DateTime.Now.ToString() + " Batarya gerilim :   " + element[15] + "\n";//
textBox2.Text += DateTime.Now.ToString() + " Batarya gerilim :   " + element[16] + "\n";//
textBox2.Text += DateTime.Now.ToString() + " Batarya gerilim :   " + element[17] + "\n";//
textBox2.Text += DateTime.Now.ToString() + " Batarya gerilim :   " + element[18] + "\n";//
textBox2.Text += DateTime.Now.ToString() + " Batarya gerilim :   " + element[19] + "\n";//
textBox2.Text += DateTime.Now.ToString() + " Batarya gerilim :   " + element[20] + "\n";//
textBox2.Text += DateTime.Now.ToString() + " Batarya gerilim :   " + element[21] + "\n";//
textBox2.Text += DateTime.Now.ToString() + " Batarya gerilim :   " + element[22] + "\n";//
textBox2.Text += DateTime.Now.ToString() + " Batarya gerilim :   " + element[23] + "\n";//
textBox2.Text += DateTime.Now.ToString() + " Batarya gerilim :   " + element[24] + "\n";//
textBox2.Text += DateTime.Now.ToString() + " Batarya gerilim :   " + element[25] + "\n";//
```

Kod 11.6.1 Telemetride Görülen Değerlerin Kayıt Atamaları

Log kaydının tutulması için programın içinde bir “textBox” gerekmektedir çünkü kodlarımızda bu veri değişkeni log kaydına aktarılmaktadır. Verilerin başında tarih, sonrasında verinin ismi, son olarak da verinin kendisi bulunmaktadır.



```
private void button3_Click(object sender, EventArgs e)
{
    try//try-catch hata oluşabilecek durumlarda kullanılır dener hata olmazsa çalışır olursa catch de yazan olaylar oluşur
    {
        fileNumber++;
        string filelocation = @"C:\Users\MSI\Desktop\AYVAZ\kaydedilen_veriler\";//Dosyanın kaydedileceği konumu belirliyoruz
        string filename = ("data" + fileNumber + ".txt"); //Kaydedilecek dosyanın ismi ( dosya numarası artarak kaydediliyor)
        System.IO.File.WriteAllText(filelocation + filename, "Zaman\t\t\tDeğer\n" + textBox2.Text);
        //Dosya konumuna textBox1 üstündeki verilerden oluşan text dosyamızı kaydediyoruz
        MessageBox.Show("Başarıyla Kaydedildi.");

    }
    catch (Exception ex2)
    {
        MessageBox.Show(ex2.Message, "Hata!");//Hata mesajı
    }
}
```

Kod 11.6.2 Atanan Değerlerin Kaydedilmesi

Butonun fonksiyonuna yazılan bu kodlar verilerin “data (dosya numarası).txt” olarak kaydedilmesini sağlamaktadır. Böylece her butona basıldığında text dosyası şeklinde log kaydı oluşmaktadır.

Tablo 11.7 Karşılaştırma Tablosu

		Önceki Tasarım	Şimdiki Tasarım
AKS Fonksiyonları	:	Araçtan tüm veriler toplanıp izleme istasyonuna gönderildi. Motordaki aşırı ısınma için uyarı sistemi eklendi. Sürücü için veri görüntüleme sistemi oluşturuldu. Batarya Uyarı Sistemi oluşturuldu.	Önceki tasarımda bulunan özellikler geliştirilmeye odaklanıldı. Çözüme, kompleks olmayan yollar ile ulaşıldı.
Kontrolör Entegre Devresi	:	STM32F103C8T6	Arduino Mega
AKS G/Ç sayısı	:	3 (Motor, Batarya, RF)	4 (Motor, Batarya, RF Modül, Nextion Ekran)
Elektronik Devre Tasarımı	:	Proteus ISIS	Proteus ISIS
Baskı Devre Kartı Tasarımı	:	Proteus ARES	Proteus ARES
Baskı Devre Kartı Üretimi	:	Baskı Devre Makinesi	Isıl Baskı ve Kimyasal Çözelti ile Bakır Plaket üzerine basılmıştır.

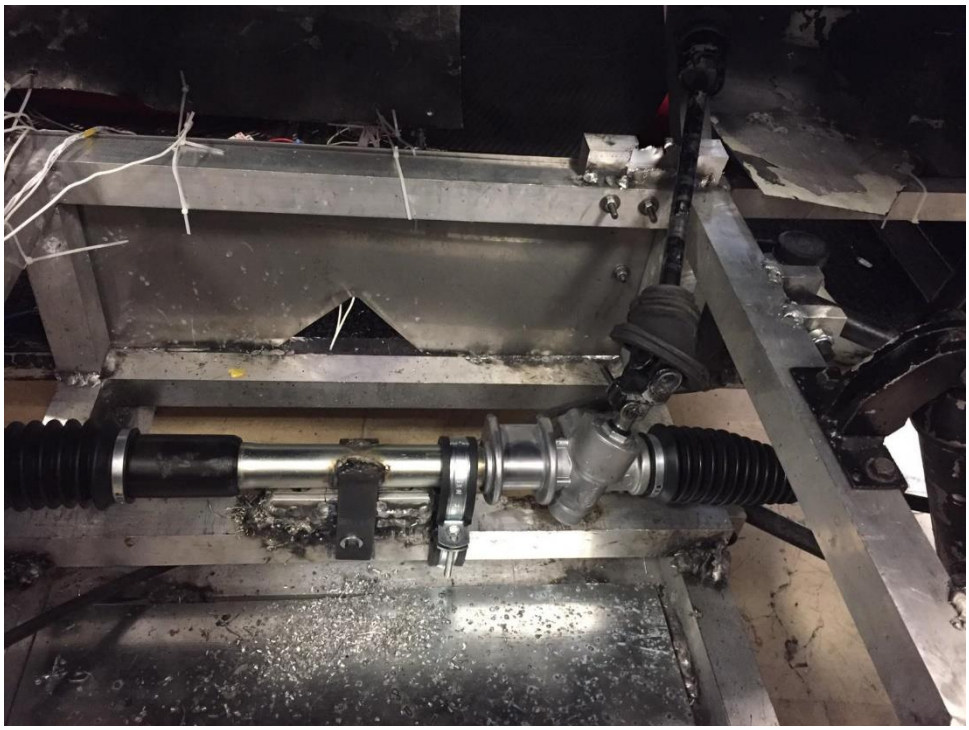
Yazılım Algoritması	:	C, C++ ve C# ile yazıldı	C, C++ ve C# ile yazıldı
Deneysel Çalışma	:	Haberleşme Sistemleri	Gömülü Sistemler, Haberleşme Sistemleri
Boyut (PCB / Kutu)	:	88.6 mm × 62.3 mm / 168.8 mm × 93.5 mm	150 mm x 92.7 mm 200 mm x 100mm (planlanan)

12. İzolasyon İzleme Cihazı

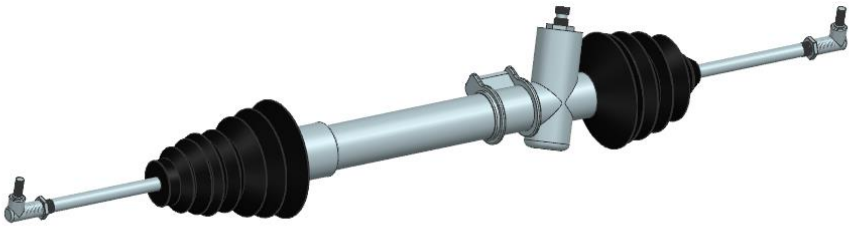
13. Direksiyon Sistemi

Direksiyon kutusu olarak Toyota Corolla model aracın 1992-1997 yılları arasında üretimde olan direksiyon kutusu kullanılmıştır. Alınan direksiyon kutusunun montajı için şaseye profil kaynatılarak şekil 13.2'de görülen yatak sistemi yapılmıştır, bu sayede sürüş daha konforlu hale getirilmiştir.

Şekil 13.1 Direksiyon Kutusu ve Rot Milleri



Şekil 13.2 Direksiyon Kutusu Yatağı



Windows'u Etkinleştir

Şekil 13.3 Direksiyon Kutusu CAD Çizimi

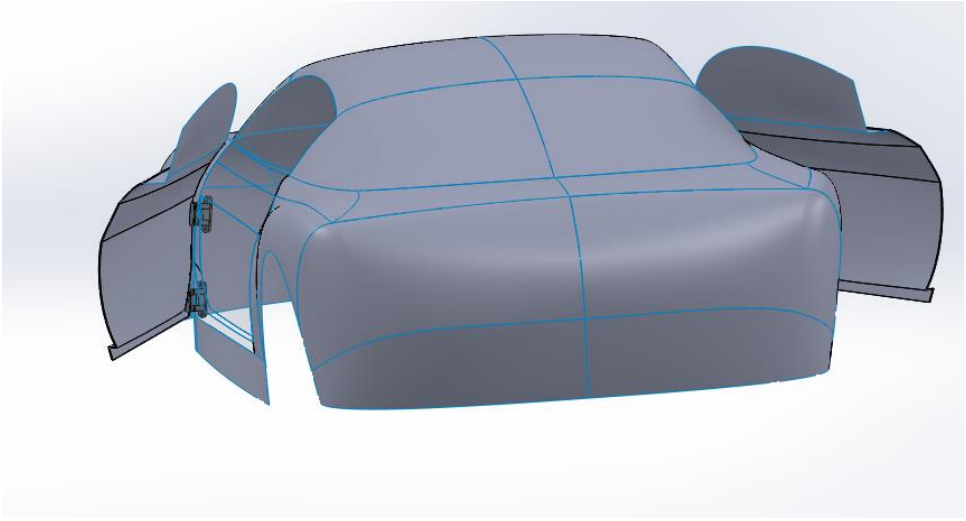
---

https://sendgb.com/are4Tb9RvXH

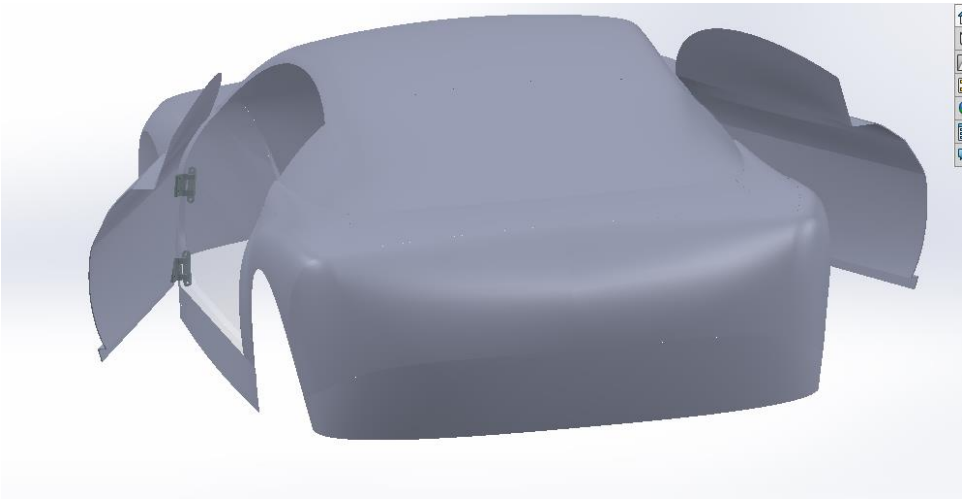
14. Kapı Mekanizması

Aracın kapıları karbon fiber elyaf malzemeden kurallara uygun bir şekilde üretilmiştir. Kapıların, kalıptan çıktıktan sonra salınım yapmamaları için, iç kısmına çelik lamalardan şekil 14.4'te görülebilen iskelet sistemi üretilmiştir, bu sayede kapılar daha mukavim hale getirilmiştir. Aracın kapı-kilit mekanizması olarak TOFAŞ marka aracın kilit sistemi kullanılmıştır. İç kapı kolu için de aynı marka araçtan faydalanılmıştır.

Kapımız hem içeriden hem dışarıdan açılıp kapatılmaktadır, herhangi bir olumsuzlukta sürücü zorlanmadan aracı terk edebilir. Şekil 14.5'te görülebileceği gibi kapı kilit mekanizması ve iç kapı kolu bir tel yardımıyla birbirine bağlanmıştır. Kapı menteşelerinin konumu belirlenirken ana kriter kapının ağırlığının menteşenin konumuyla dikey düzlemde yapacağı dönme hareketini engellemek olmuştur, bu yüzden ilk menteşe kapının olabildiğince alt kısmına yerleştirilmiştir. Ağırlıktan ötürü meydana gelecek olan dönme hareketi engellendikten sonra kapının sağa veya sola hareketinin engellenmesi için ikinci bir menteşe kapının üst noktasına (İlk menteşeye göre daha üst bir noktaya) montajlanmıştır, bu sayede kapının sağa-sola ve ileri-geri ötelenme hareketleri engellenmiştir.



Şekil 14.1 Kapı ve Menteşe Tasarımı

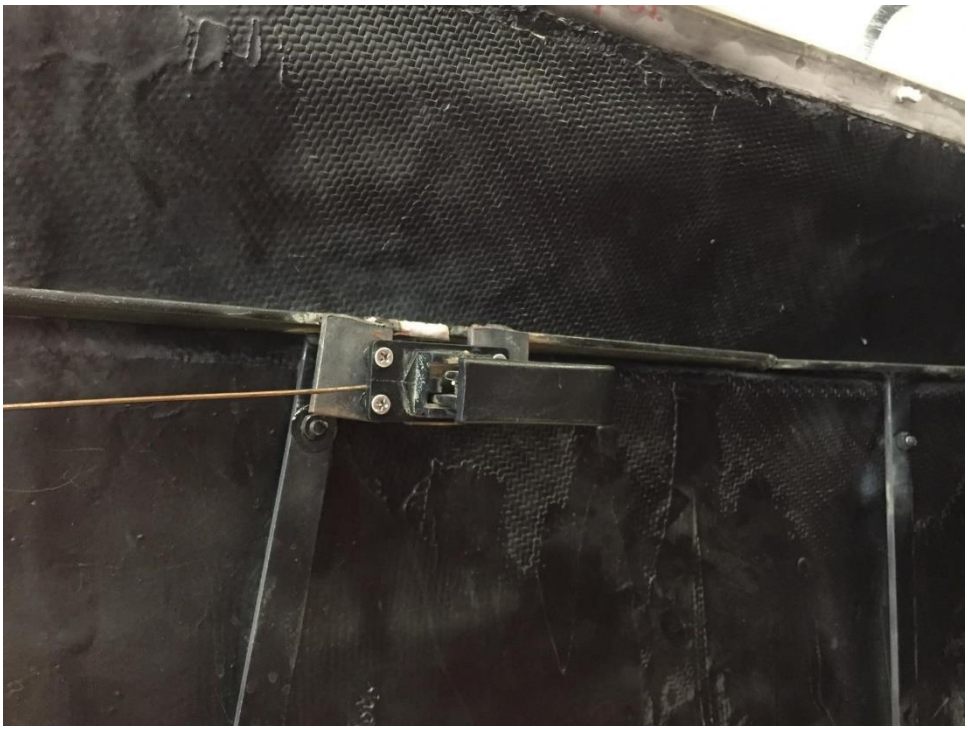


Şekil 14.2 Kapı ve Menteşe Tasarımı

Şekil 14.3 Kapının Dıştan Görünüşü

Şekil 14.4 Kapının İçten Görünüşü

Şekil 14.5 Kapı Kilit Mekanizması

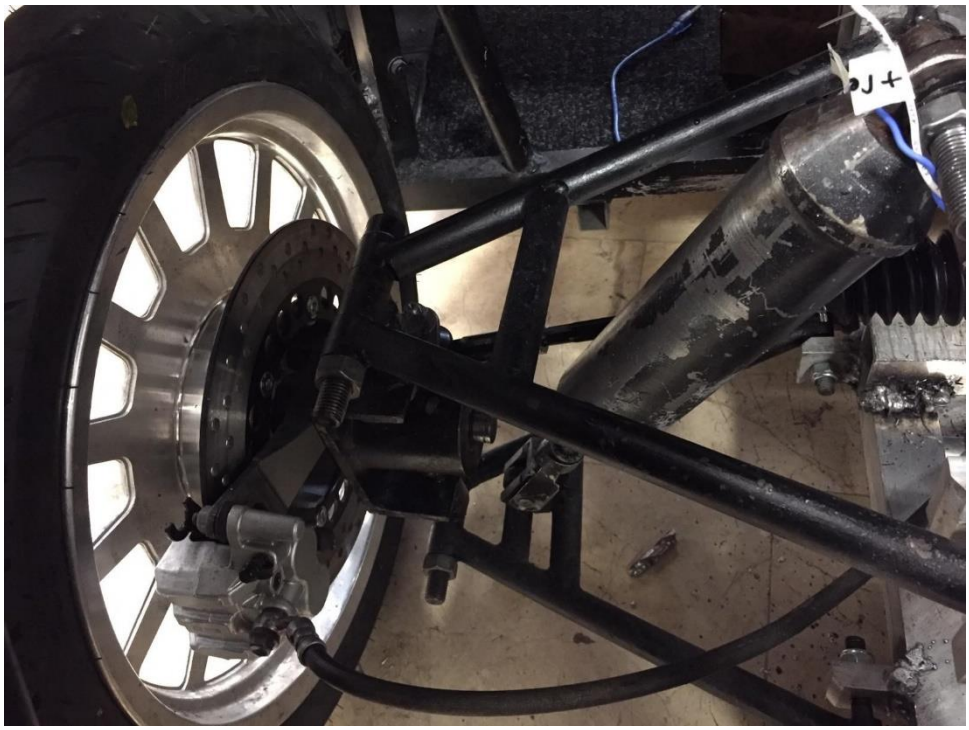


Şekil 14.6 Kapı Tutamağı

15. Mekanik Detaylar

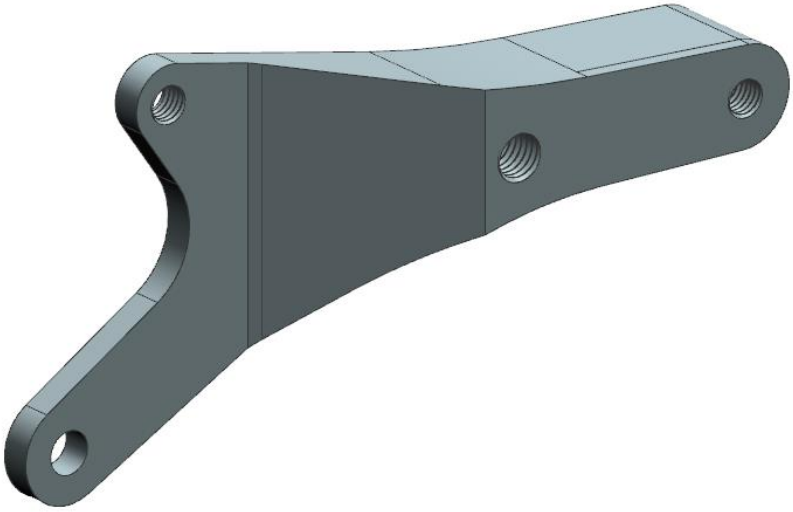
15.1 Ön Takım Düzeneği

Ön takım düzeneği kontrol kolları, süspansiyon, porya ve fren sisteminden meydana gelir. Kontrol kolları yapı çeliğinden şekil 15.1.1'de görülebileceği şekilde imal edilmiştir. Üretimi biten kontrol kolları şaseye M12 cıvata ve somunlarla bağlanır. Aracın poryası 1045 çeliğinden üretilmiştir. Fren kaliperi olarak monero marka kaliperler kullanılmıştır, MCT250 motorunun fren diskleri kullanılmıştır. Süspansiyon sistemi takımına özel tasarım olduğu için 19 no'lu başlıkta detaylıca açıklanmıştır.



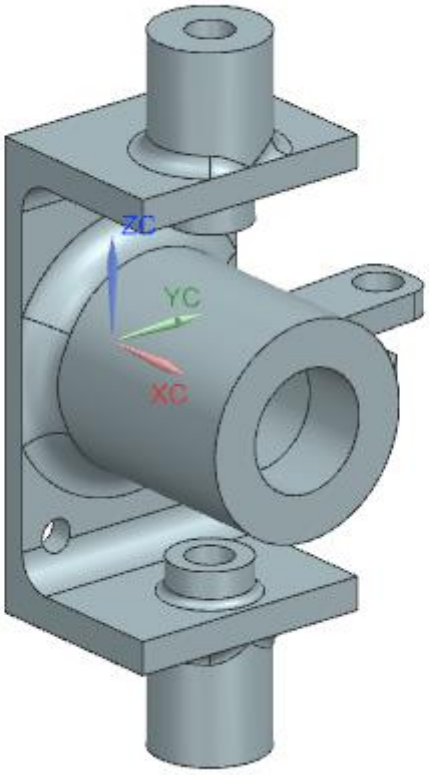
Şekil 15.1.1 Araba Ön Takım Düzeneği

Şekil 15.1.2 Araba Ön Takım Düzeneği



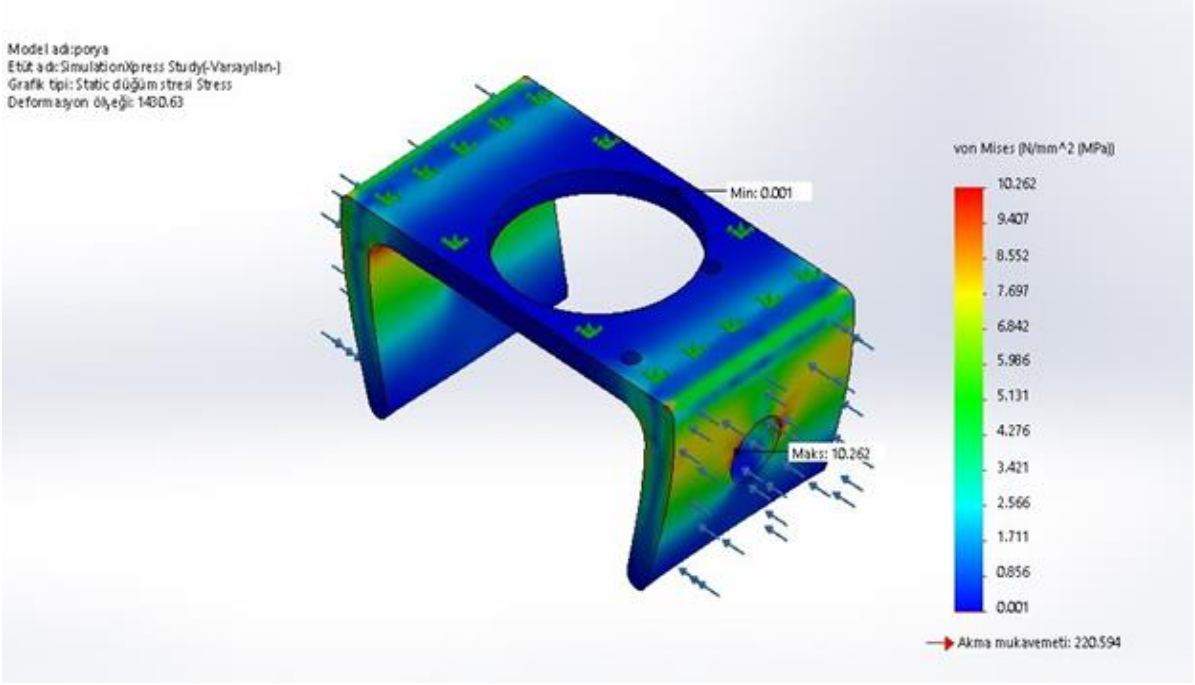
Şekil 15.1.3 Kaliper-Porya Bağlantısı

Şekil 15.1.4 Gerçek Kaliper-Porya Bağlantısı



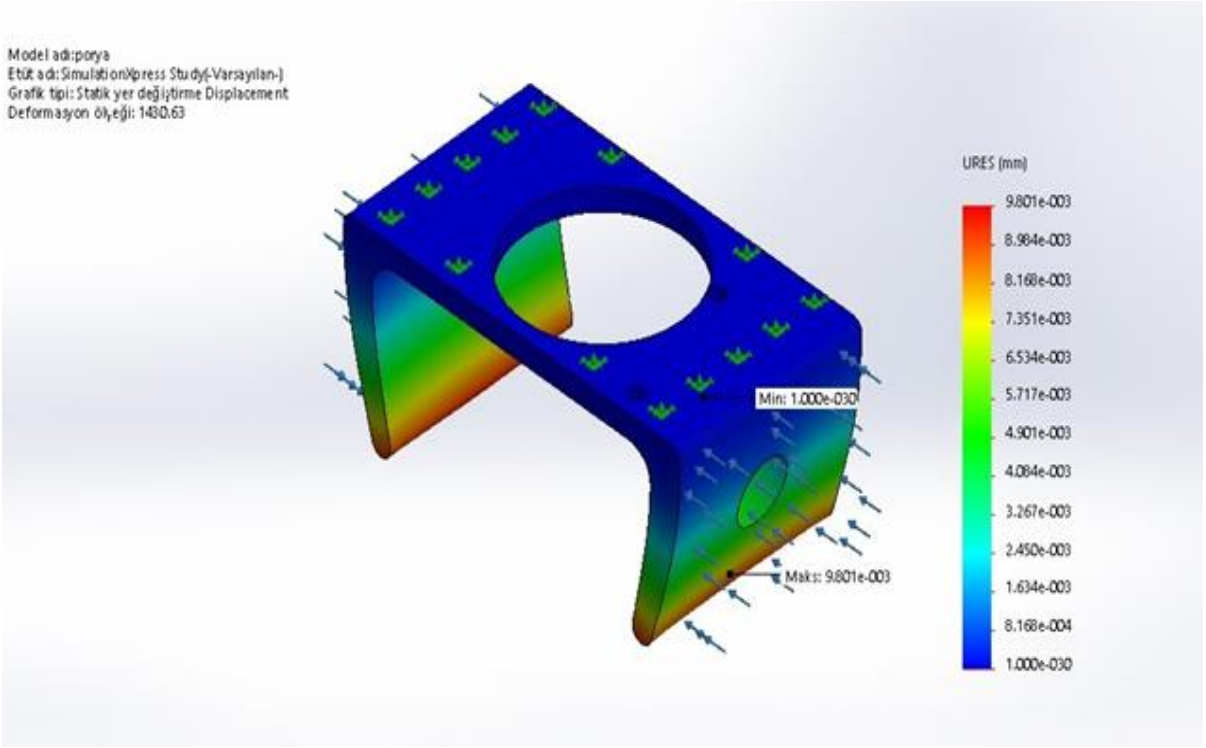
Şekil 15.1.5 Poryanın CAD Çizimi

Ad	Tip	Min	Maks.
Stress	VON: von MisesStresi	0.001N/mm^2 (MPa) Düğüm: 12697	10.262 N/mm^2 (MPa) Düğüm: 13084

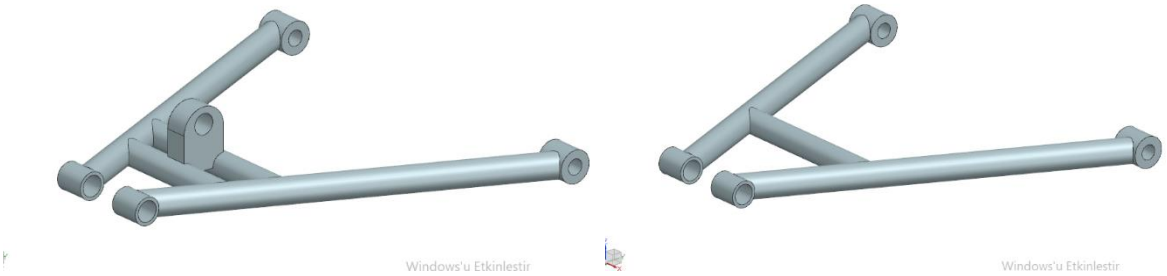


Şekil 15.1.6 Aks Başının Analizi

Ad	Tip	Min	Maks.
Displacement	URES: SonuçYerDeğiştirmesi	0.000e+000mm Düğüm: 6	9.801e-003mm Düğüm: 11070



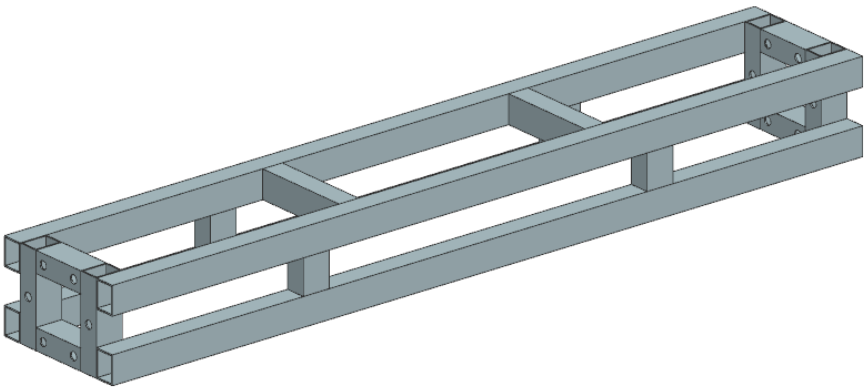
Şekil 15.1.7 Aks Başı Analizi



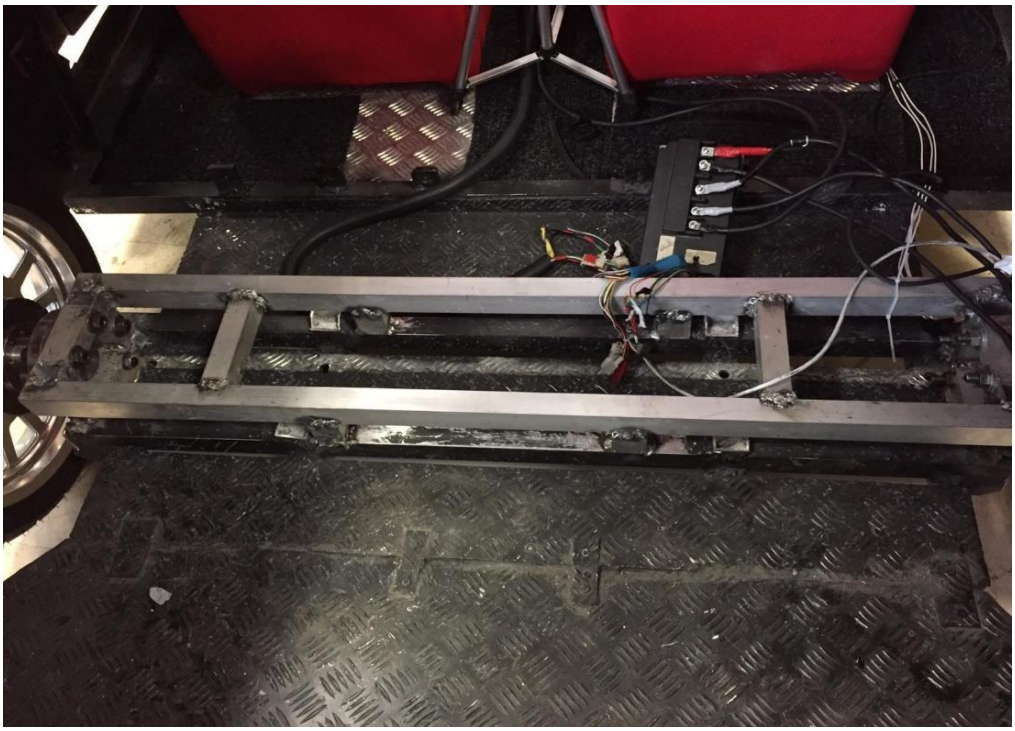
Şekil 15.1.8 Salıncakların CAD Çizimi

15.2 Arka Düzenek

Aracımızın arka takımının şaseyle bağlantısını sağlamak için arka kafes şekil 15.2.1'de görüldüğü şekilde tasarlanmış ve üretimi tamamlanmıştır. Arka kafes 30x40x3 alüminyum profillerden imal edilmiştir.



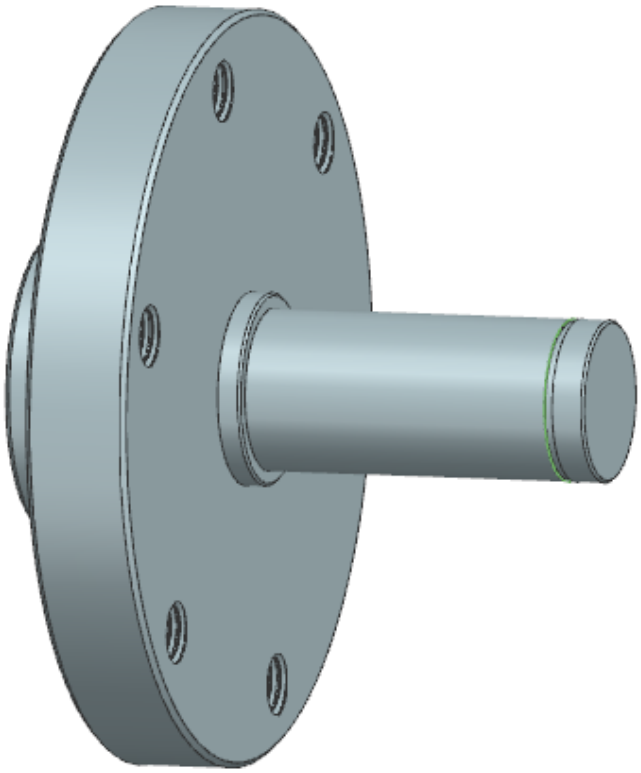
Şekil 15.2.1 Arka Kafes CAD Çizimi



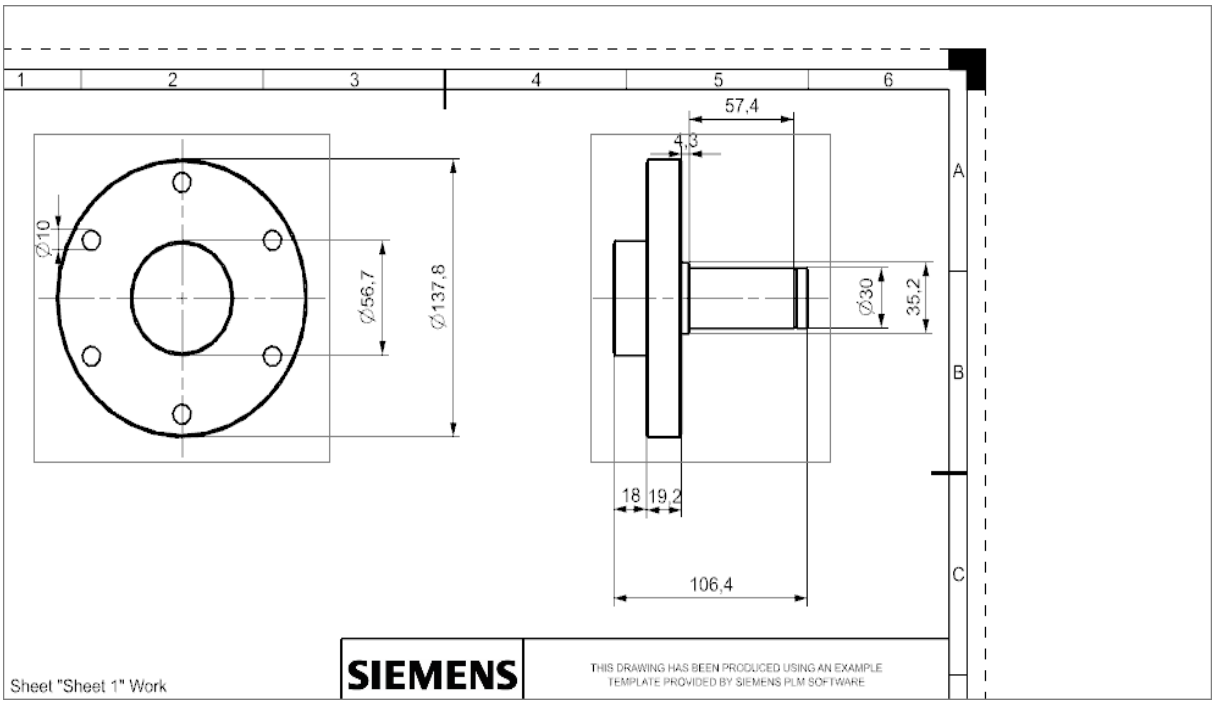
Şekil 15.2.2 Arka Kafes Son Hali

15.3 Sol Tekerlek İçin Serbest Dingil

Aracımız tek motorlu olduğu için motorun ağırlığını karşılamak amacıyla karşı tekere bir mil ve mil yatağı tasarlanmıştır. Tasarım aşaması biten bu parçaların analizleri sonucu 4140 ıslah çeliğinden üretilmesine karar kılınmıştır. Gerekli boyutlarda kütük malzemeler alındıktan sonra torna tezgahında tasarıma uygun bir şekilde üretimleri gerçekleştirilmiştir.

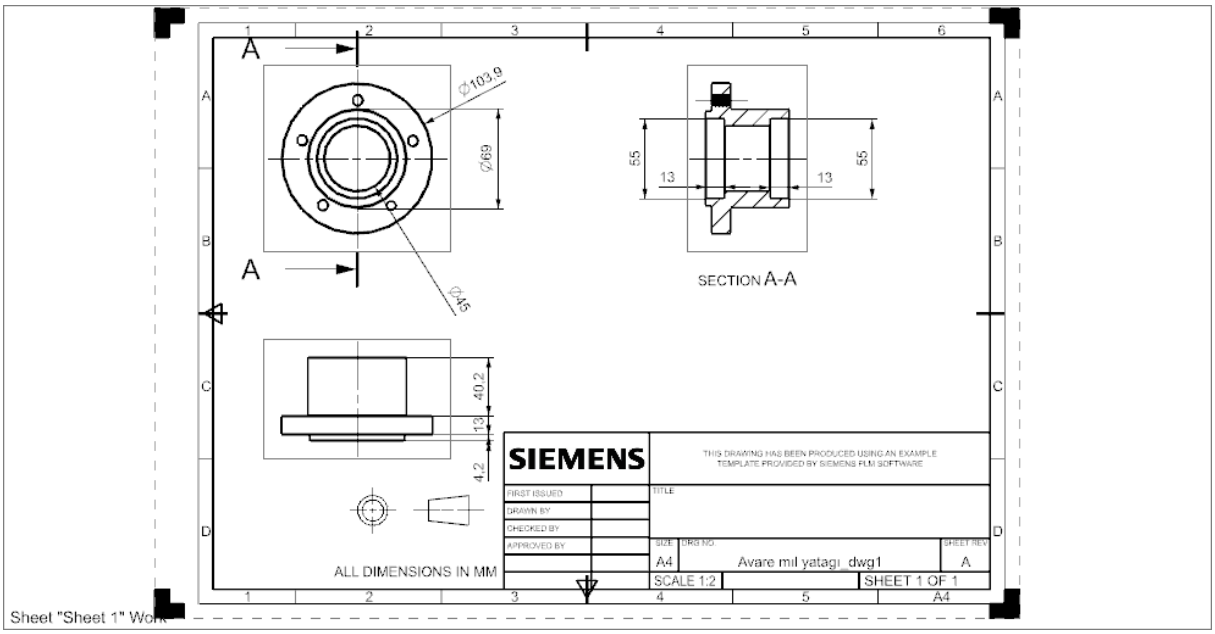


Şekil 15.3.1 Arka Milin CAD Görüntüsü

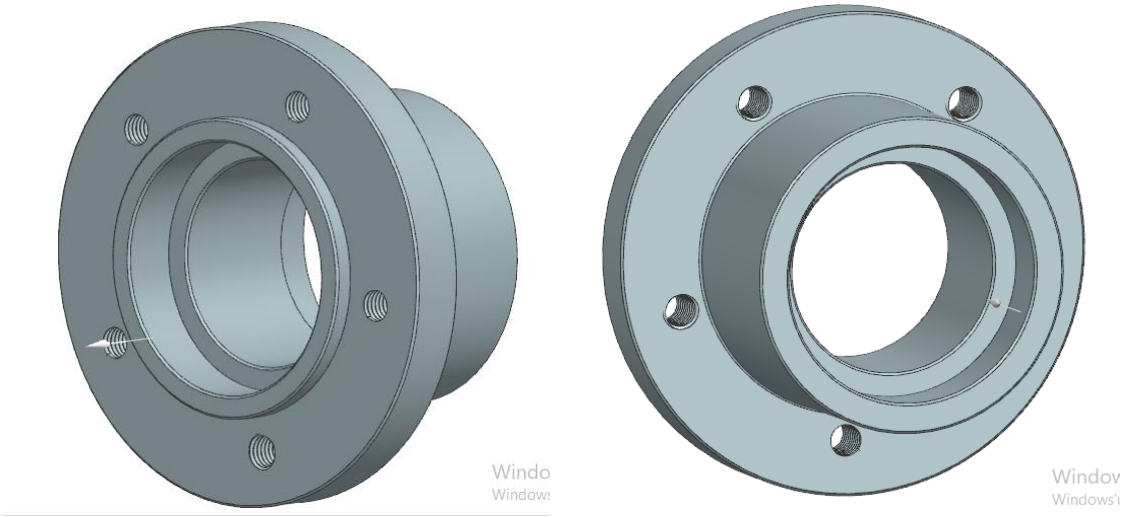


Şekil 15.3.2 Arka Milin Teknik Resmi

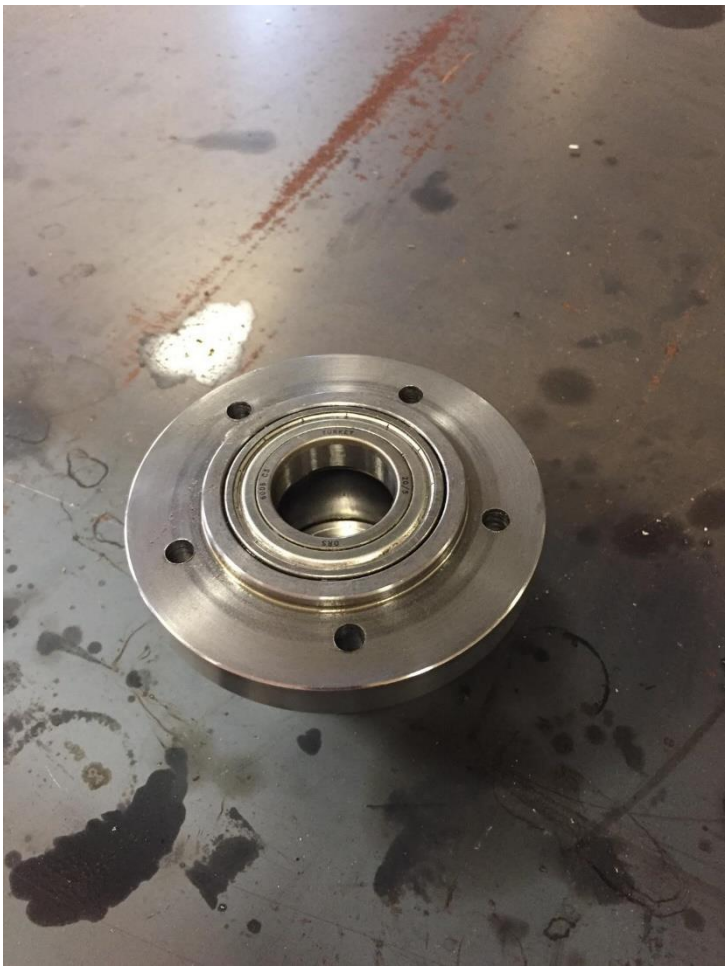
Şekil 15.3.3 Gerçek Arka Mil



Şekil 15.3.4 Avare Yatağın Teknik Resmi



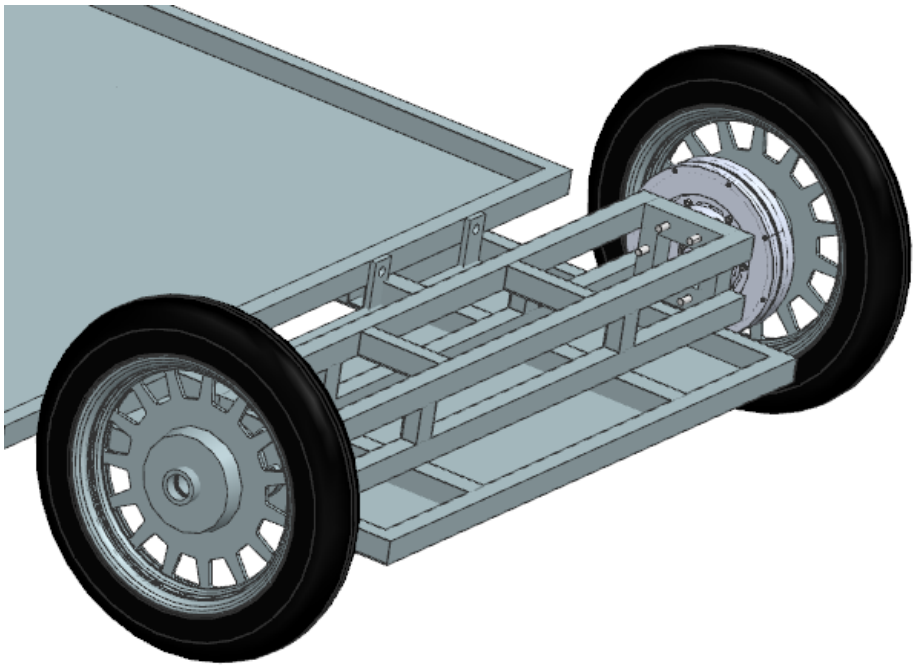
Şekil 15.3.5 Avare Yatağın CAD Çizimi



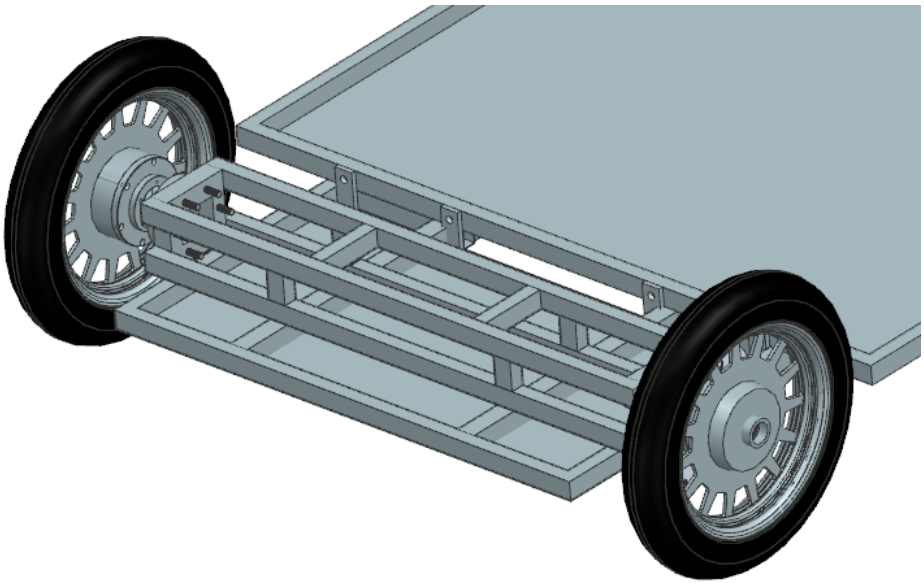
Şekil 15.3.6 Gerçek Avare Yatak

Şekil 15.3.7 Gerçek Avare Yatak

Şekil 15.3.8 Montajlanmış Avare Yatak



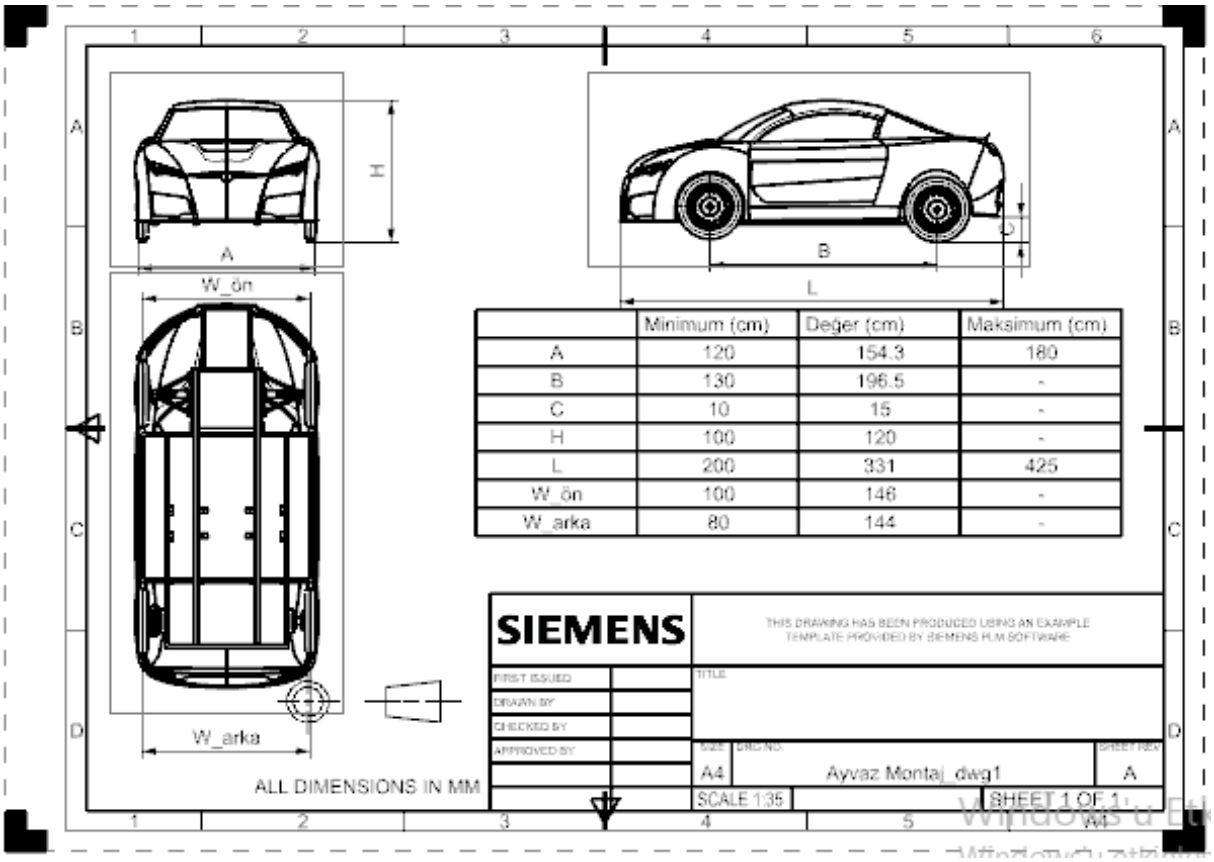
Şekil 15.3.9 Arka Kafes CAD Görüntüsü



Şekil 15.3.10 Avare Yatağın CAD Görüntüsü

Şekil 15.3.11 Gerçek Montajlanmış Avare Yatak

15.4 Teknik Resimler

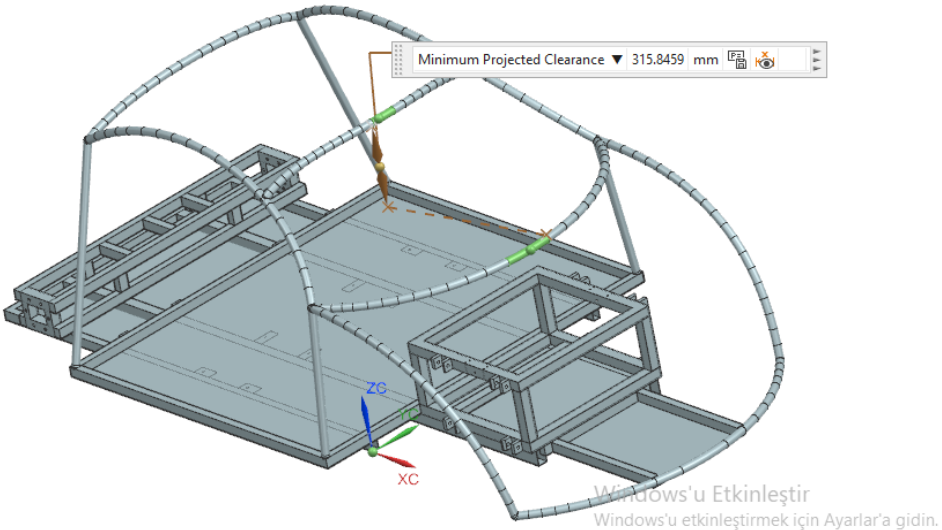


	Minimum (cm)	Değer (cm)	Maksimum (cm)
A	120	154.3	180
B	130	196.5	-
C	10	15	-
H	100	120	-
L	200	331	425
W_ön	100	146	-
W_arka	80	144	-

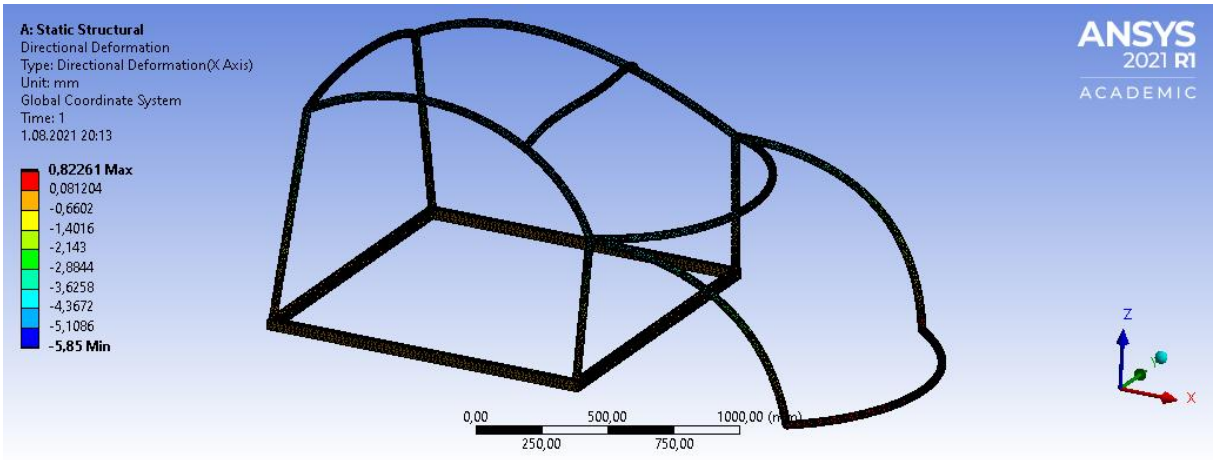
Şekil 15.4.1 Aracın Boyutları

15.5 Mukavemet Analizleri

Mukavemet analizi için kılavuzda belirtilen senaryo ANSYS WorkBench Static Structural kullanarak gerçekleştirilmiştir. Şekil 15.6.1'de de görülebildiği gibi H değeri 315.84mm'dir. 1kN'luk kuvvetlerin uygulanması sonucunda X yönünde, yani yataydaki, ortaya çıkan deformasyonlar şekil 15.6.1'de görülebilmektedir. H/200 değerimiz 1.5792mm iken analizler sonucundaki maksimum değer 0.8226mm olarak ölçülmüştür.



Şekil 15.5.1 Roll-Bar CAD Çizimi



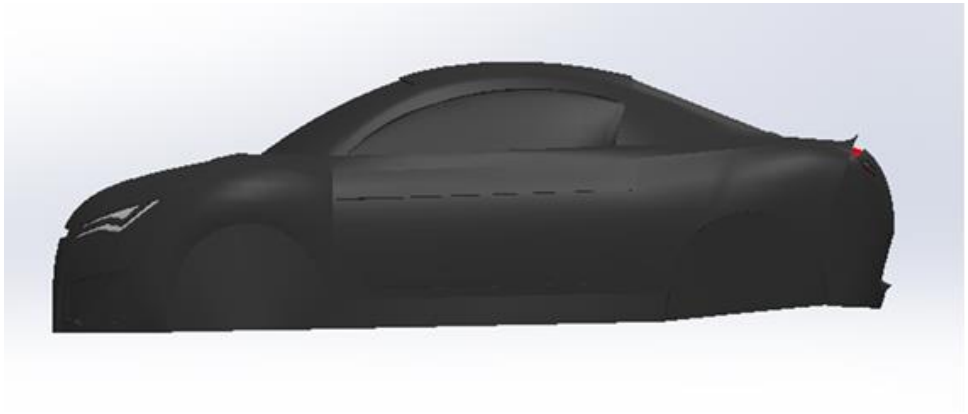
Şekil 15.5.2 Roll-Bar Mukavemet Analizi

15.6 Dış Kabuk Üretimi

Tasarımın ana hatları karakalem çizimlerle tamamlandıktan sonra tasarım CAD ortamına aktarılmıştır. CAD ortamında teknik çizimler tamamlandıktan sonra üretime geçilebilmesi için CAM ortamında kalıp için gerekli düzenlemeler gerçekleştirilmiştir. CAD ve CAM programı olarak SolidWorks tercih edilmiştir.

Şekil 15.6.1 Aracın Ön Görünüşü

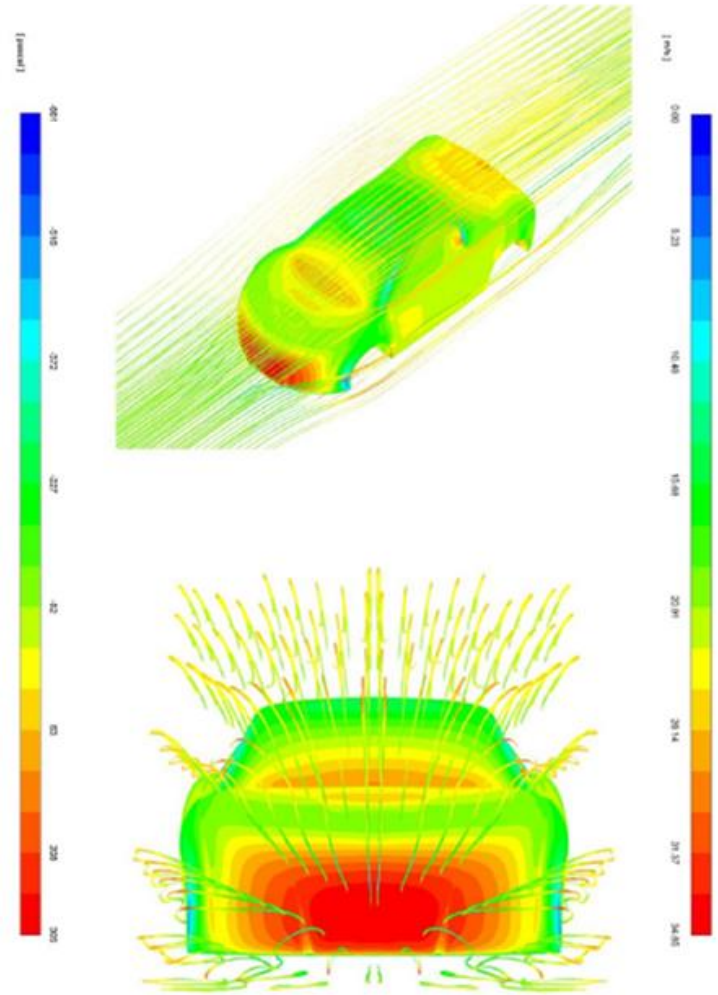
Şekil 15.6.2 Aracın Üstten Görünüşü



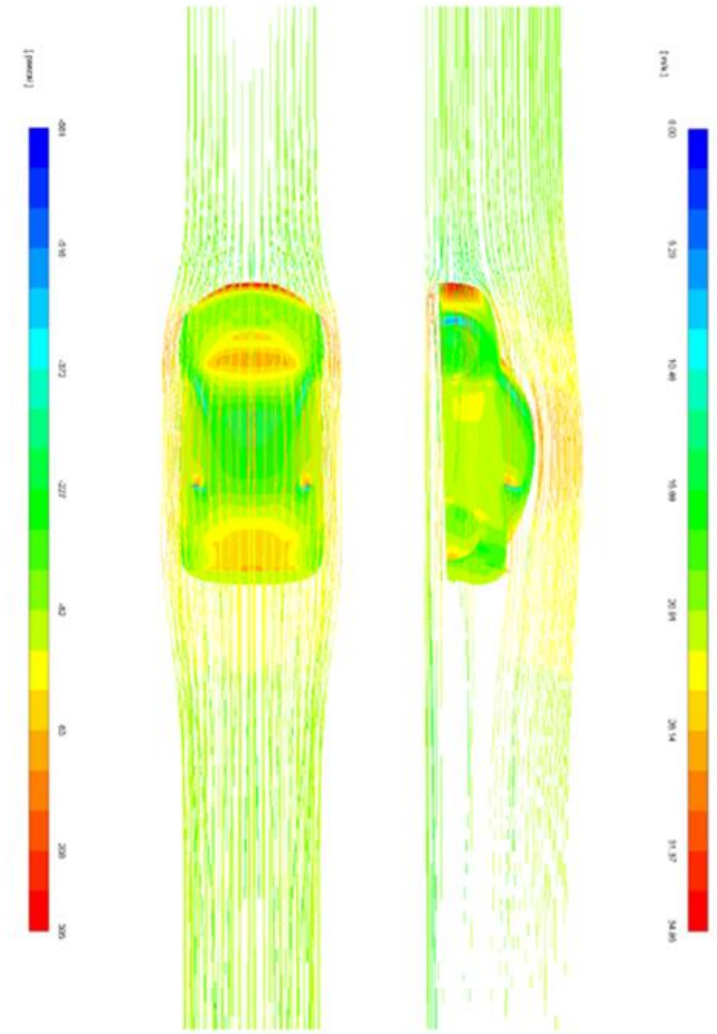
Şekil 15.6.3 Aracın Soldan Görünüşü

Şekil 15.6.4 Aracın Render Resmi

Şekil 15.6.5 Aracın Render Resmi



Şekil 15.6.6 Aerodinamik Analiz



Şekil 15.6.7 Aerodinamik Analiz

Ayvaz

Cruising Speed	V	75 km/saat
Sectional Area	A	1.462 m²
Drift Force	F_D	149 - 150 N
Slip Coefficient	C_D	0.383 - 0.386
Lifting Force	F_L	112 - 114 N
Upgrade Coefficient	C_L	0.288 - 0.292
Upgrade - Drift Speed	C_L/C_D	1.312 ÷ 1.339

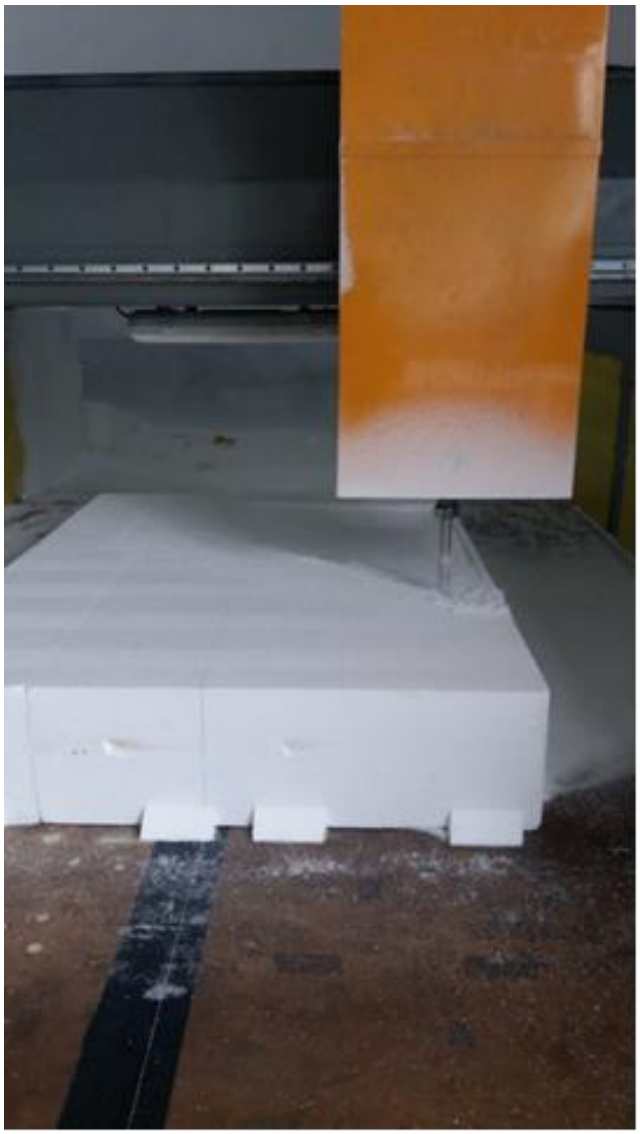
Şekil 15.6.8 Analizin Sonuçları

15.7 Kalıp Üretimi ve İşlemleri

CAM aşamasından sonra dişi kalıbın CNC tezgahında daha kolay işlenebilmesi amacıyla kalıp 8 parçada üretilmiştir. Üretimi biten kalıplar yapıştırıcılar kullanılarak bir araya getirilmiştir

Şekil 15.7.1 Ön Kalıp Parçası

Şekil 15.7.2 Arka Kalıp Parçası



Şekil 15.7.3 Kalıbın Üretimi

Şekil 15.7.4 Kalıbın Üst Parçası

Şekil 15.7.5 Kalıbın Sağ Parçası

Şekil 15.7.6 Kalıbın Sol Parçası

Şekil 15.7.7 Kalıbın Montajlanmış Hali

Yüzeyi korumak ve mukavemetini arttırmak amacıyla 5 kat su bazlı siyah boya kullanılmıştır.

Şekil 15.7.8 Boyanmış Kalıp

Su bazlı boya sonrası polyester boya ile 5 kat boya dişi kalıba uygulanmıştır.

Şekil 15.7.9 Polyester Boyanmış Kalıp

Yüzeydeki pürüzlerin daha net görülebilmesi ve giderilmesi için kalıp açık renk akrilik boya ile boyanmıştır.

Şekil 15.7.10 Akrilik Boyanmış Kalıp

15.8 Karbon Elyaf Üretimi

Boya işlemlerinden sonra kalıba karbon elyaf malzeme kullanılarak üretilecek kabuğun kalıptan kolay çıkması için 2 kat katı mum ve 1 kat sıvı mum uygulanmıştır.

Uygun ölçülerdeki karbon elyaf iş sağlığı ve güvenliği dikkate alınarak kesilmiştir.

Şekil 15.8.1 Karbon-Fiberin Kesimi

Kesim işlemi biten karbon elyaf malzeme karbon yapıştırıcısı ile kalıba yapıştırılmıştır.

Şekil 15.8.2 Birinci (Dış) Hat 200 gr/m ^ 2 3k Sepet Örgüsü

Şekil 15.8.3 İkinci (İç) Hat 600gr/m ^2 12k sade Serildi

Şekil 15.8.4 İkinci (İç) Hat 600gr/m ^2 12k sade Serildi

Vakum naylonunun kabuğa yapışmaması amacıyla ayırıcı naylon serilir.

Şekil 15.8.5 Ayrıştırıcı Filmin Serilmesi

Epoksi reçinenin ayırıcı üzerinde rahatça hareket edebilmesi için infüzyon ağı serilir.

Şekil 15.8.6 İnfüzyon Meshinin Yerleştirilmesi

Şekil 15.8.7 İnfüzyon Ağının Üzerine Vakumlu Naylon Serilmesi

Dört ana flanş kalıbın yüzeyinin ortasına, epoksi giriş ve tavan noktalarında epoksi çıkış bağlantısı yerleştirilmiştir. Daha sonra hava sızmaması için vakum naylonu kalıbın flanşlarına vakumlu bant ile yapıştırılmıştır.

Şekil 15.8.8 Konnektörlerin Yerleştirilmesi

Bu işlemler sonrasında çıkış bağlantısı borular vasıtasıyla vakum tankına ve vakum pompasına bağlanmıştır. İçerideki hava vakumlandıktan sonra, giriş noktasından epoksi reçine atmosfer basıncında karbon elyaf üzerinde taşınmıştır.

Şekil 15.8.9 Geliştirilmiş Epoksi

Aradan bir gün geçtikten sonra kalıp bağlantı noktalarından çıkarılmıştır.

Şekil 15.8.10 Kalıbın Çıkarılması

Şekil 15.8.11 Kalıbın Çıkarılması

Şekil 15.8.12 Kalıbın Çıkarılması

Şekil 15.8.13 Kalıbın Çıkarılması

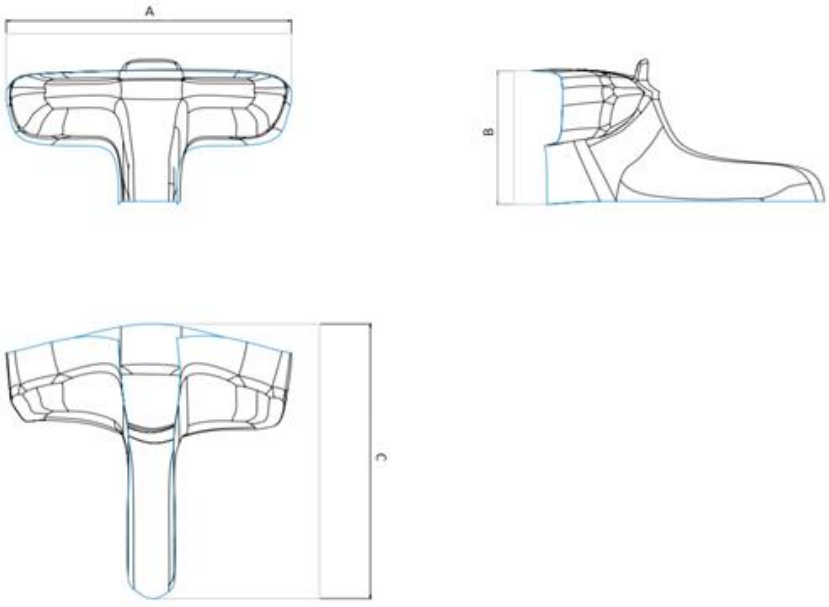
Şekil 15.8.14 Araçtaki Arızalı Noktalar Çelik Macun İle Düzeltildi

Şekil 15.8.15 Araçtaki Arızalı Noktalar Çelik Macun İle Düzeltildi

Şekil 15.8.16 Boyanmış Araç

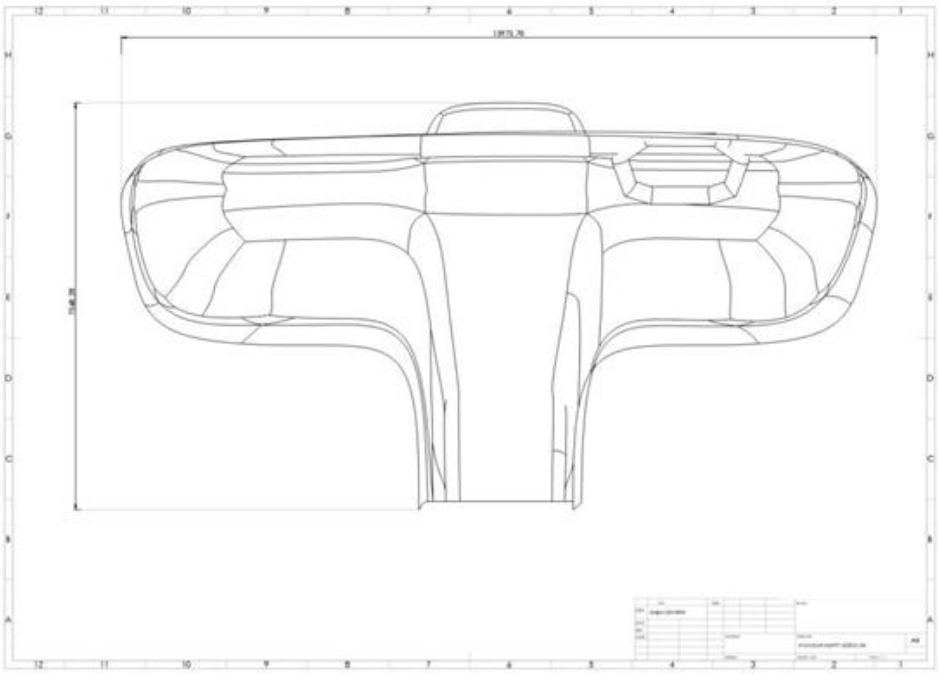
15.9 Pano İmalatı (Torpido)

Torpido tasarlanırken sürücünün rahatı ön planda tutulmuştur.

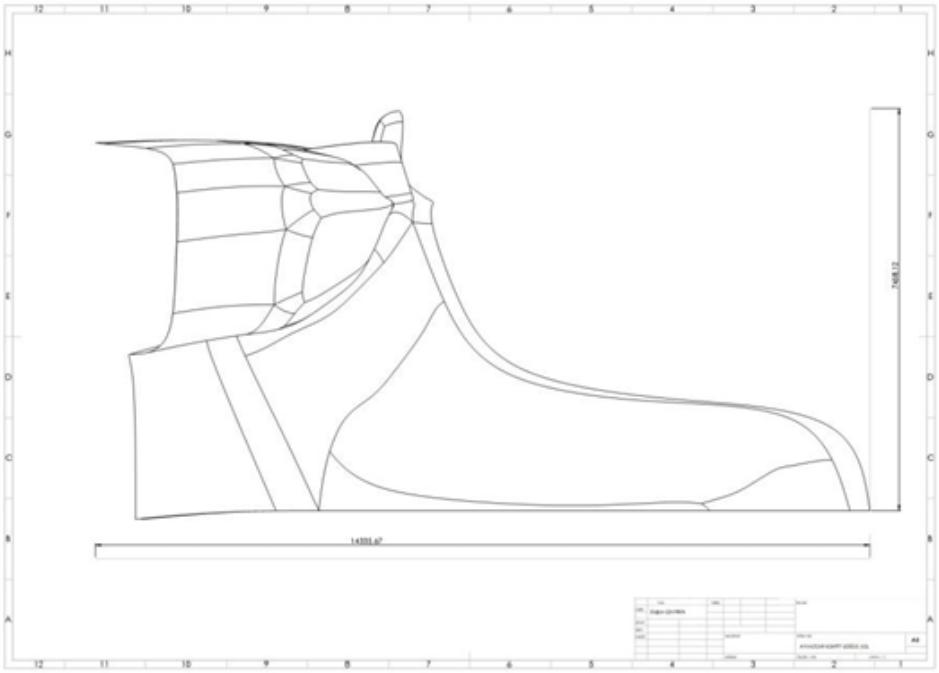


Şekil 15.9.1 Torpidonun Teknik Resmi

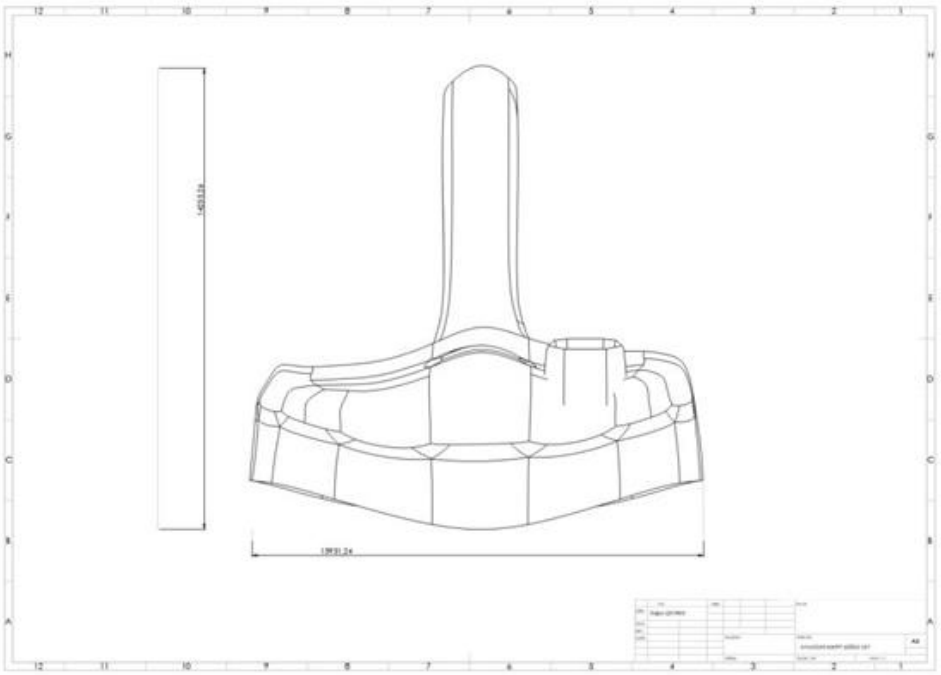
A	1384,83mm
B	736,69mm
C	1433,44mm



Şekil 15.9.2 Torpidonun Teknik Resmi



Şekil 15.9.3 Torpidonun Teknik Resmi



Şekil 15.9.4 Torpidonun Teknik Resmi

Şekil 15.9.5 Torpidonun Render Fotoğrafı

Yapılan araştırmalar sonucunda poliüretan enjeksiyon köpüğü kalıp malzemesi olarak seçilmiştir. İşlenen köpüğü yapıştırmak için poliüretan yapıştırıcısı kullanılmıştır. Kokpit için gerekli dişi kalıp CNC tezgahında 5 parçada işlenmiştir. Parçalar bir araya getirilerek dişi kalıp üretilmiştir. Kabuğun kalıbına uygulanan boya işlemleri aynı şekilde bu kalıba da uygulanmıştır: ilk önce su bazlı astar, ikinci olarak polyester astarı ve son olarak akrilik parlak boya uygulanmıştır. Bu işlemler sonrasında gerekli ebatlardaki karbon fiber elyaf dişi kalıba serilip üzerinden epoksi reçine vakum-infüzyon yöntemi ile geçirilmiştir. Kalıptan çıkan kokpite macun sürülmüştür, son işlem olarak kokpit zımparalanmıştır.

Şekil 15.9.6 Poliüretan Köpüğü

Şekil 15.9.7 Araç iç Görünüşü

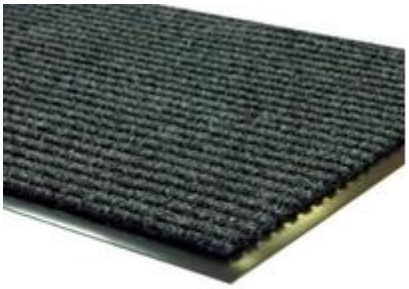
Şekil 15.9.8 Araç İç Görünüşü

15.10 Döşeme

Aracımızın alt kısmının kapatılması için alüminyum çeta plakalar tercih edilmiştir.

Şekil 15.10.1 Onarılmış Sac

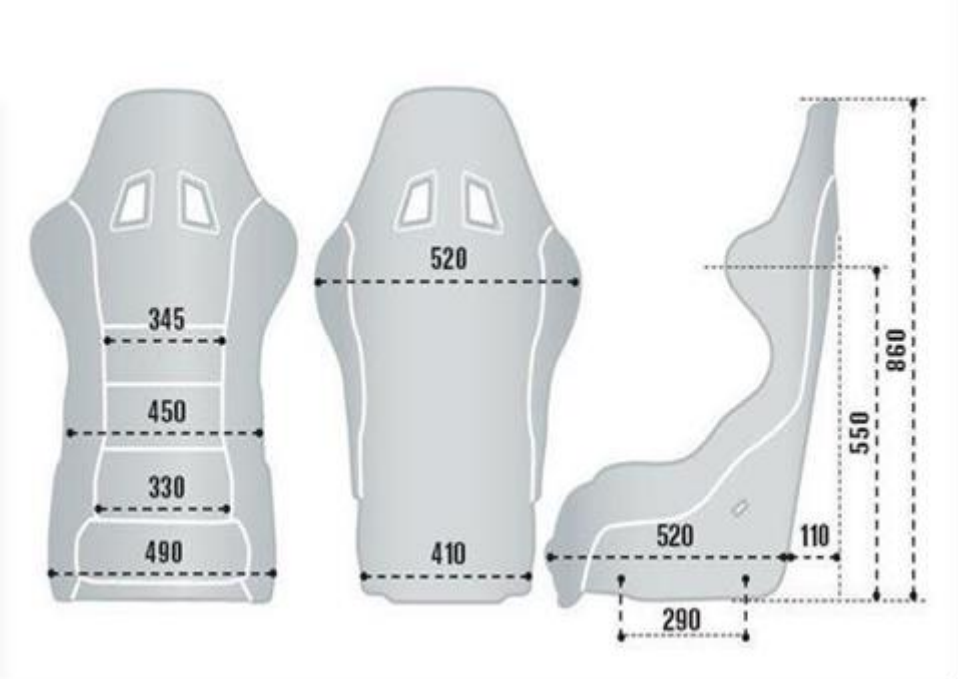
Sürücünün konforu için çeta plakaların üstüne nem alma matı döşenmiştir.



Şekil 15.10.2 Nem Alma Matı

15.11 Koltuklar

Koltuklarımız için Sparco Sprint modeli uygun görülmüştür, ayrıca koltuklarımız FIA onaylıdır.



Şekil 15.11.1 Koltuk ve Ölçüleri

Şekil 15.11.2 Montajlanmış Koltuklar

15.12 Emniyet Kemerleri

Emniyet kemerleri olarak TÜBİTAK'ın bize sağladığı kemerler kullanılacaktır.

Şekil 15.12.1 Emniyet Kemeri

15.13 Direksiyon

Direksiyon simidi olarak Corsica marka alcantra kumaşlı ve geçme mekanizmalı direksiyon kullanılmıştır.

Şekil 15.13.1 Direksiyon Simidi

15.14 Kontrol Paneli

Kontrol paneli alınacaktır. Aracın kornası, silecekleri ve diğer elektrikli kısımların kontrolü buradan sağlanacaktır.

Şekil 15.14.1 Kontrol Paneli

15.15 Durdurma Düğmesi

Sürüş anında oluşabilecek herhangi bir olumsuzluk (kaza, yangın vb.) sonucunda sürücünün can güvenliği için aracın tüm enerjisini kesmek için şekil 15.15.1'de görülen durdurma butonu kullanılmıştır.

Şekil 15.15.1 Durdurma Butonu

15.16 Enerji Hesabı

15.16.1 Düz Yoldaki Harcanan Enerji

Bu problemi çözebilmek için motorun harcadığı enerji + rüzgar direncinin harcadığı enerji + tekerlerin harcadığı sürtünme enerjisi hesaba katılmalıdır. Bu problemi aşağıdaki gibi çözebiliriz;

F_ad (Rüzgar direni kuvveti), F_r (Yuvarlanma Direnci) olarak alınabilir.

F_ad başlık 4.2.2'deki formül kullanılarak hesaplarsak;

F_ad = 70.03 N olarak hesaplanır.

F_r = 9.8*300*0.007 = 20.58 N olarak hesaplanır.

Toplam süreyi 4km/50km/h formülünden hesaplarsak; T= 0.08 h olur.

Motorun gücü 3.5 kW olduğundan; 3.5*0.08 = x*kWh'den x=0.28 kWh olarak hesaplanır.

0.28 kWh 1008 kJ'e eşittir.

Son olarak bulunan kuvvetler 4000m ile çarpılır ve 1008'le toplanır;

E= 1008+4000(70.03+20.58) *1/1000

E= 1370.44 kJ olarak hesaplanır.

15.17 Maliyet Tablosu

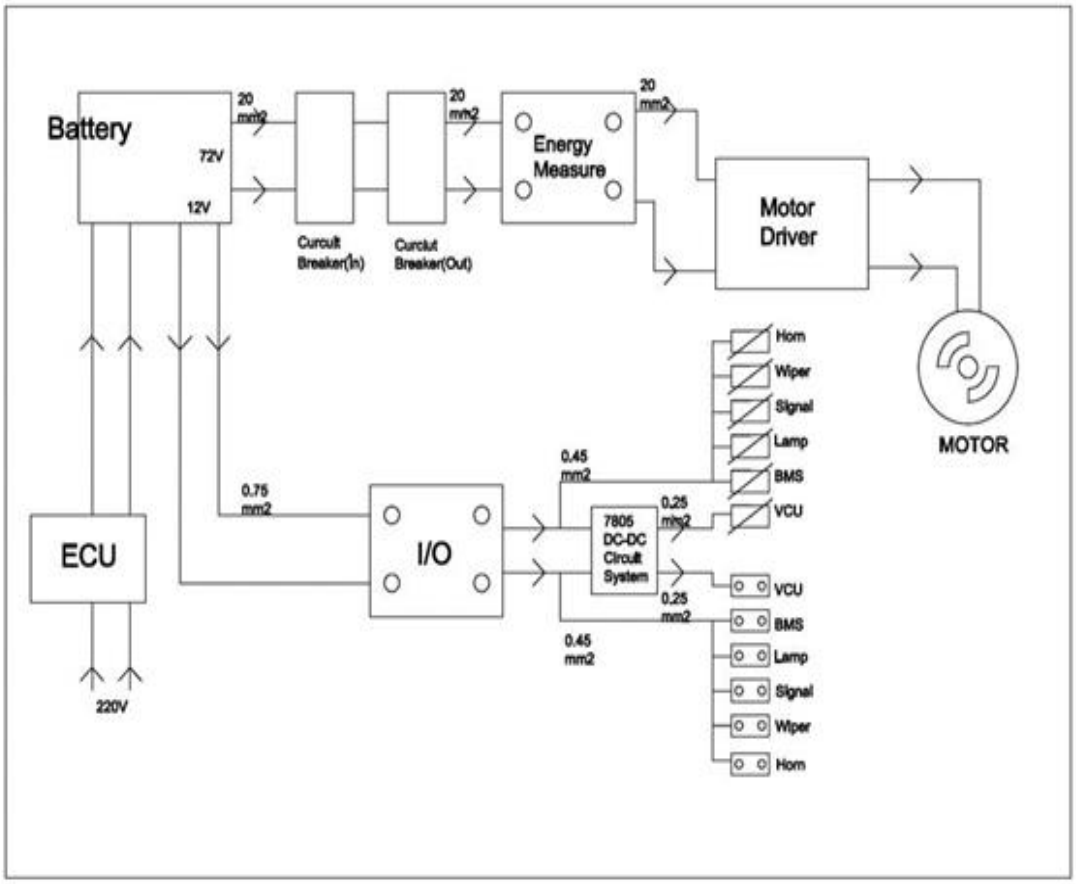
Tablo 15.17.1 Maliyet Tablosu

Kategori	Malzeme Adı	Miktar	Fiyat
Elektrik-Elektronik	Bobin Teli	2,71 kg	310 ₺
	Elektronik Parçalar (sigorta,kondansatör,direnç,transistör,regülator vb.,	27 adet	9819,35₺
	Motor Sürücü (kelly marka)	2 adet	7704,30₺
Mekanik	Metal Kütük (4140 ıslah çeliği)	50 kg	1130,44₺
	Alüminyum Lama	2 metre	115 ₺
	Direksiyon Kutusu	1 adet	600 ₺
	M-290 silisli sac	20kg	999,89₺
	Lastik montaj/demontaj	3kez	200
Sarf Malzeme	Cıvata - Somun	69 adet	93,32₺
	Kırtasiye	3adet	190₺
	Yağ	1L	30₺
	Keçe	2 adet	80₺
	Hırdavat	64 adet	515,99₺
Diğer	Ulaşım	36 litre yakıt	360₺
	Yemek	40 adet	924,41₺
	Kargo	2 kez	91,36₺
Toplam			23164,06₺

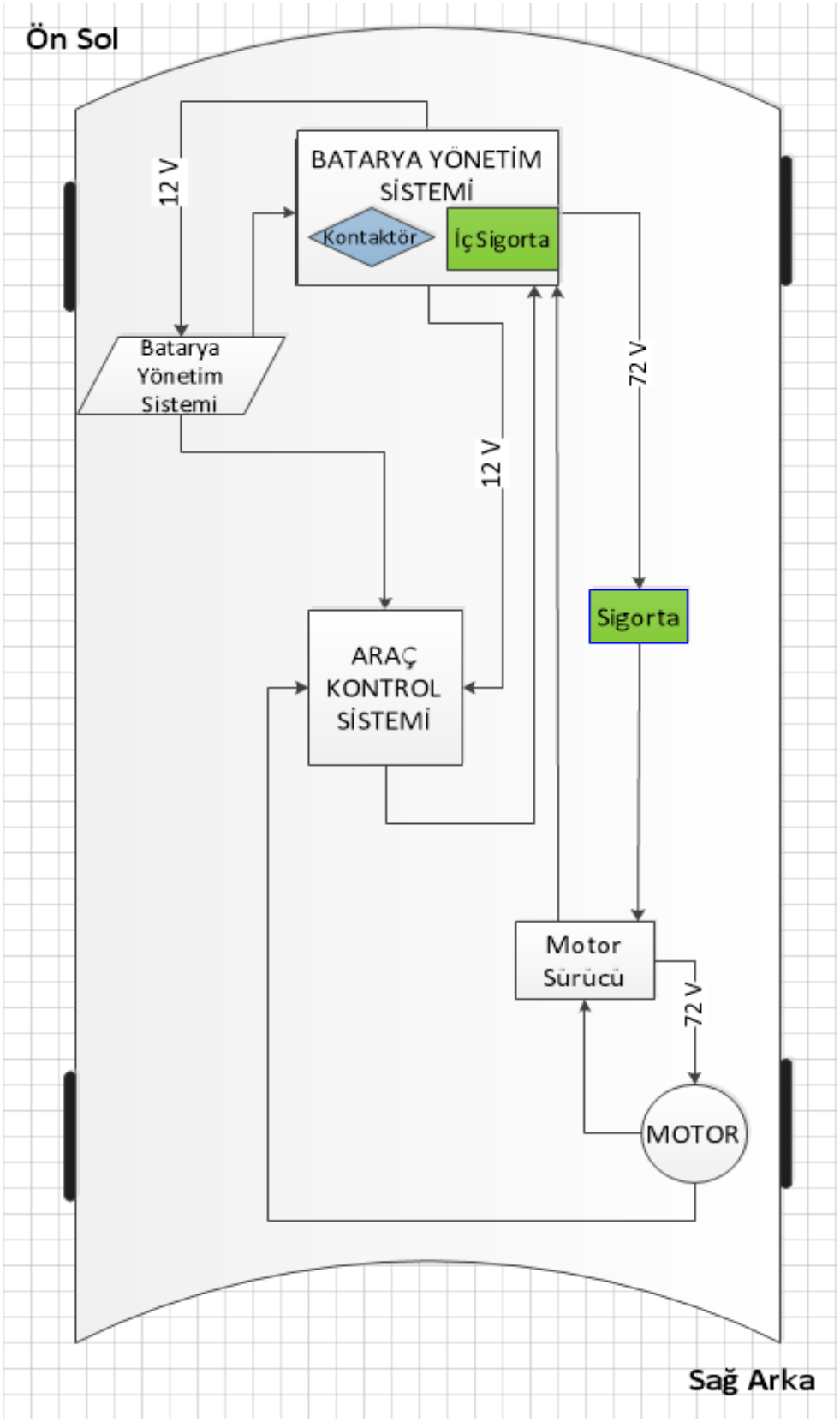
16. Yakıt Pili

17. Yakıt Pili Kontrol Sistemi

18. Araç Elektrik Şeması



Şekil 18.1 Elektrik Şeması

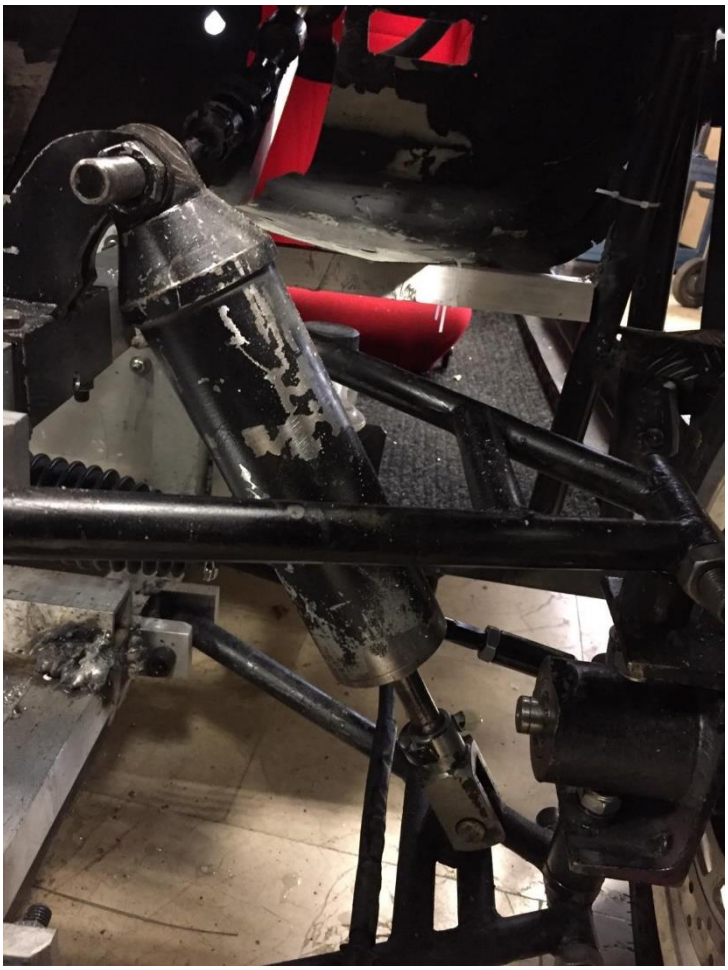


Şekil 18.2 Tepeden Görünüm Araç Elektrik Şeması

19. Orijinal Tasarım

19.1 Pnömatik Süspansiyon

Pnömatik süspansiyon sistemiyle, aracın konforlu bir şekilde yol almasını çukur ve tümseklerden etkilenmemesini, eğer virajlara sert girildiyse, süspansiyonun sertleştirerek savrulmasını azaltarak kolay sürüş sağlar. Böylece, süspansiyon sisteminde olması gereken iki önemli özelliği; “konfor ve yol tutuşu” olarak sağlar. Süspansiyonumuzun içindeki piston borusu rebore dikişsizdir. İç kısımda sızdırmaları engellemek için contalar bulunmaktadır. Pnömatik süspansiyonun iç şaftı cıvalı çelikten üretilmiştir. İlk olarak sürtünme katsayısını artırmak için hidrolik conta kullanılmıştı ama sonradan aşırı sürtünme katsayısını önlemek amacıyla keçe tekrar kullanılmıştır. Süspansiyon 90 yağ ile doldurulmuştur. L parçalar M16 vida ve somun ile sabitlenmiştir.



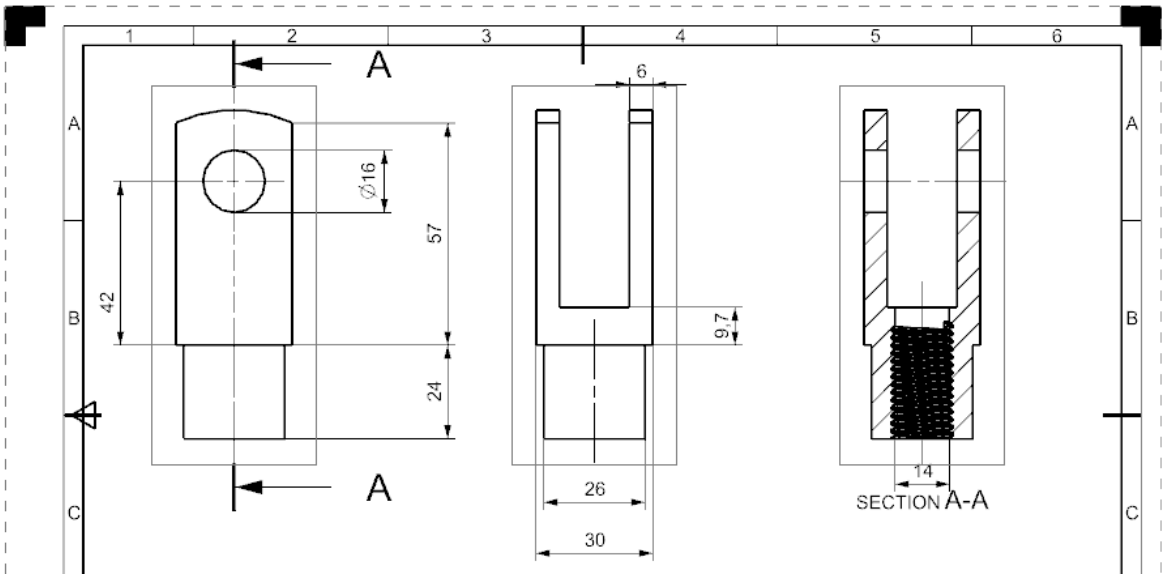
Şekil 19.1.1 Pnömatik Süspansiyon

Şekil 19.1.2 Pnömatik Süspansiyonun CAD Görüntüsü

19.2 Salıncak ve Kontrol Kolu Burcu

Süspansiyon kolumuzun üretiminde SFERO çelik döküm kullanılmıştır. Hazır olarak alınmıştır. Süspansiyonun ile alt kumanda kolu arasındaki bağlantıyı gerçekleştirir.

Şekil 19.2.1 Süspansiyon Kolu

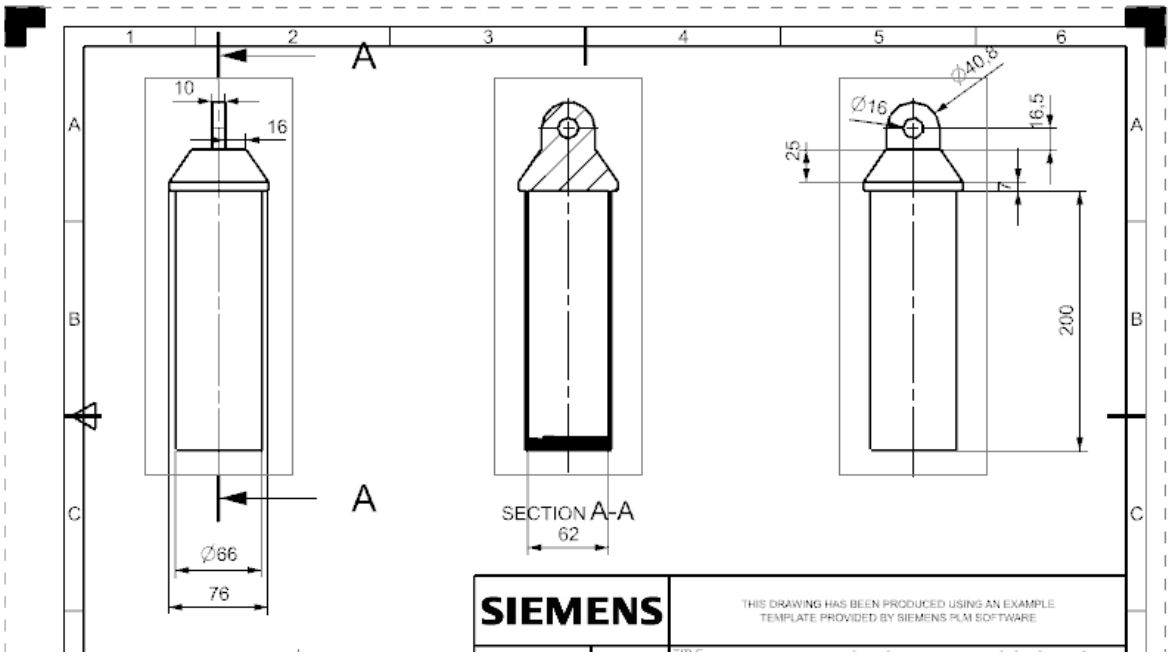


Şekil 19.2.2 Süspansiyon Kolunun Teknik Çizimi

19.3 Süspansiyon Başlığı

Süspansiyonumuzun başlığı CK45 çeliğinden imal edilmiştir. Ardından pürüzsüz bir yüzey için honlama işlemine tabi tutulmuştur.

Şekil 19.3.1 Süspansiyon Başı

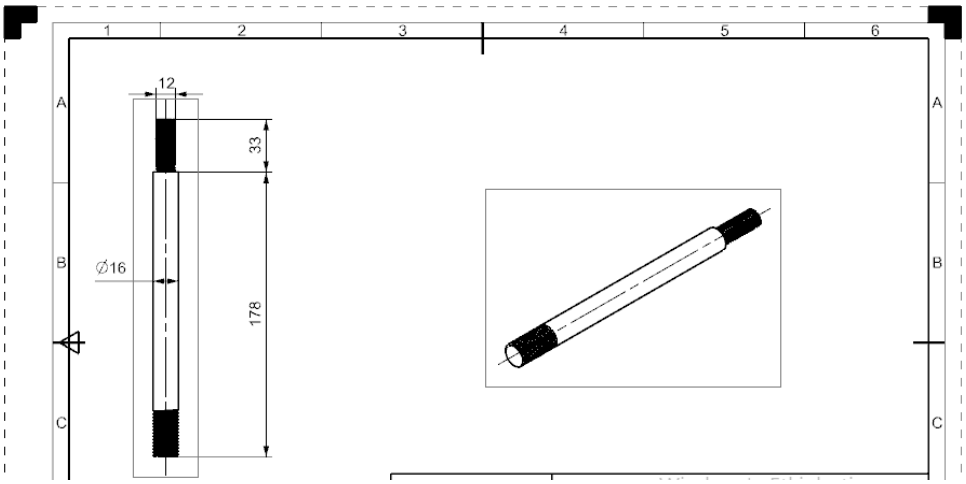


Şekil 19.3.3 Süspansiyon Başının Teknik Çizimi

19.4 İç Süspansiyon Mili

İç süspansiyon milimiz için malzeme olarak civalı çelik tercih edilmiş olup iç keçe için kılavuz vazifesi görmektedir.

Şekil 19.4.1 İç Süspansiyon Mili

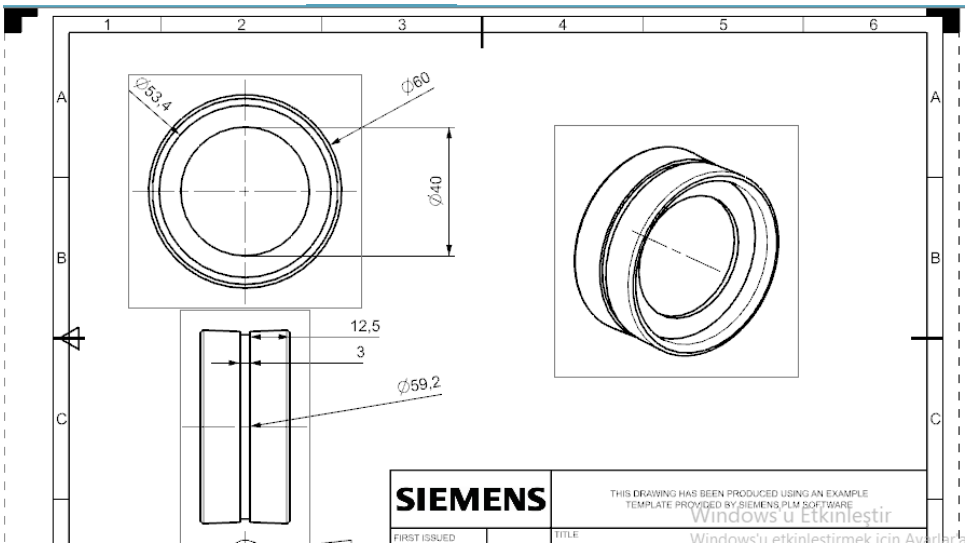


Şekil 19.4.2 Süspansiyon Mili CAD Çizimi

19.5 Süspansiyon İç Keçesi

Kauçuk süspansiyon iç kesemizin ana malzemesidir. Gerekli yaylanma ve salınımı hava sızdırmazlık özelliği sayesinde sağlar.

Şekil 19.5.1 Süspansiyon İç Keçesi

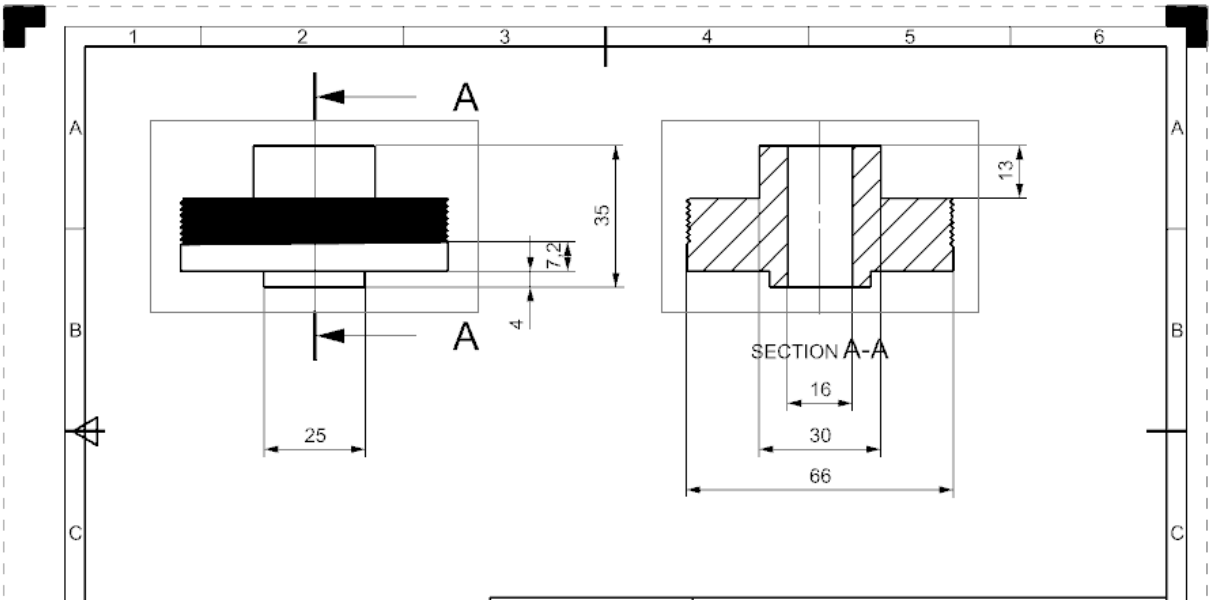


Şekil 19.5.3 Süspansiyon İç Keçesi Teknik Resmi

19.6 Süspansiyon Alt Kapağı

Honlanmış CK45 çelikten süspansiyon alt kapağımız yapılmıştır. Torna tezgahında, süspansiyon alt kapağı vidaya 109n ile vidalanmıştır. Sızdırmazlık sağlamak için hassas bir şekilde işlenmiştir.

Şekil 19.6.1 Alt Kapak



Şekil 19.6.2 Alt Kapak Teknik Resmi