

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**CNC ROUTER SAZ TEKNESİ OYMA MAKİNESİ TASARIMI,
İMALATI VE OTOMASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAMZA BATUK

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2023

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ**



**CNC ROUTER SAZ TEKNESİ OYMA MAKİNESİ TASARIMI,
İMALATI VE OTOMASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAMZA BATUK

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2023

Bu tez çalışması Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 2020FEBE042nolu proje ile desteklenmiştir.

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

HAMZA BATUK

ÖZET

**CNC ROUTER SAZ TEKNESİ OYMA MAKİNESİ TASARIMI, İMALATI
VE OTOMASYONU
YÜKSEK LİSANS TEZİ
HAMZA BATUK
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. HASAN ÇALLIOĞLU)**

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2023

Son yıllarda bilgisayar kontrollü makinelerin ve benzeri araçların artmasından yola çıkılarak el oyması ile imalat yapan atölyelerin ihtiyacını karşılayacak makinelerin gerekliliği önem arz etmektedir. Bu makinelerin çalışma prensibi, tasarımı, imalat ve otomasyon sistemi incelendiği takdirde, ülkemiz sanayisine kaynak niteliğinde bilgiler kazandıracağı görülmektedir.

El oymacılığı ile saz yapımının çok uzun sürmesi, zahmetli bir iş olması, el işçiliğinin çok zaman alması, maliyetinin fazla olması ve bazı durumlarda maliyetini karşılamaması gibi durumlar vardır. Bu tez çalışmasında, saz teknesi oyma işlemini yapacak bir CNC Router makinesi tasarım, imalat ve otomasyonu yapılmıştır. Böylece yaklaşık on gün süren el ile saz teknesi oyma işlemi iki saat gibi kısa bir sürede tamamlanabilmektedir. Bu tez dahilinde yapılacak makinenin el oyması ile imalat yapan atölyelerin makineli üretime geçip, üretimin hızlanması, seri üretimle maliyetin düşmesi, buna bağlı olarak üretimin artıp daha çok alıcı kitlesine ulaşması ve makineli işçiliğin artması ön görülmektedir.

Tez kapsamında, 3 eksen CNC Router makinesi; step motordan alınan tahrik ile doğrusal hareket mekanizmaları (hatveli mil ve yataklar) kullanılarak doğrusal hareketin elde edildiği ve kullanılan uç aksamının, bilgisayar programı ile istenilen konuma getirildiği cihazdır. Değişik uç aksamları kullanılarak değişik amaçlara hizmet edilebilir. Bu ilkelerden yola çıkarak bir CAD programı kullanılarak işlenecek olan saz teknesinin tasarımı yapılmıştır ve CAD programından g kodları yazılmıştır. CNC Router saz teknesi oyma makinesinin kontrol paneline bu kodlar iletilerek ve makine X, Y ve Z olmak üzere 3 eksen boyunca birbirinden bağımsız hareket etme özelliğine sahip olduğundan bilgisayar ortamında hazırlanan şekil makinede işlenmiş ve saz teknesi oyulmuştur.

ANAHTAR KELİMELER: CNC Router, CAD-CAM, step motor, CNC Kontrolü, Gcode, Otomasyon

ABSTRACT

**CNC ROUTER REED BOAT CARVING MACHINE DESIGN,
MANUFACTURING AND AUTOMATION
MSC THESIS
HAMZA BATUK
PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
AUTOMOTIVE ENGINEERING
(SUPERVISOR:PROF. DR. HASAN ÇALLIOĞLU)**

DENİZLİ, AUGUST 2023

Based on the increase in computer-controlled machines and similar tools in recent years, the necessity of machines that will meet the needs of workshops that produce with hand carving is important. If the working principle, design, manufacturing and automation system of these machines are examined, it is seen that it will provide information in the form of a resource to our country's industry.

There are situations such as that making reeds with hand carving takes a very long time, it is a laborious job, the handwork takes a lot of time, the cost is high and in some cases it does not cover the cost. In this thesis, a CNC Router machine design, manufacturing and automation that will perform the reed boat engraving process has been made. Thus, the reed boat carving by hand, which takes about ten days, can be completed in as little as two hours. Within the scope of this thesis, it is foreseen that the workshops that manufacture the machine with hand carving will switch to machine production, accelerate the production, decrease the cost with mass production, increase the production and reach more buyers and increase the machine workmanship.

Within the scope of the thesis, 3-axis CNC Router machine; It is a device in which the drive movement is obtained by using the take-up drive from the stepper motor and the movement controls (pitch shaft and bearings) in the direction and the end assembly used is taken to the desired location with a computer program. Variable purposes can be served using regulation end assemblies. Based on these principles, the design of the reed boat to be processed using a CAD program was made and the codes for the CAD printing were written. By transmitting these codes to the control panel of the CNC Router reed boat engraving machine, and since the machine has the ability to move independently along 3 axes, X, Y and Z, large shapes are machined in the computer environment and the reed boat is carved.

**KEYWORDS:CNC Router, CAD-CAM, Stepper Motor CNC Control,
Gcode, Automation**

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ	v
SEMBOL LİSTESİ.....	viii
ÖNSÖZ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Literatür Bilgisi	3
1.2. Çalışmanın Amacı ve Özgünlüğü.....	11
2. CNC ROUTER	13
2.1. CNC Router Kullanımı ve Avantajları	15
2.2. CNC Router ve Diğer Takım Tezgâhları	16
2.3. CNC Router Çalışma İlkesi	17
3. MATERYAL VE YÖNTEM	18
3.1. Mekanik Sistem	20
3.1.1. Kavramsal Tasarım.....	20
3.1.2. Profil Şase.....	21
3.1.3. Sac Metal Kasa	23
3.1.4. Bağlantı ve Yataklama Elemanları	26
3.1.5. Elektrik Motorlarının Katı Modellemesi	28
3.1.6. Malzeme Seçimi	30
3.2. Elektrik- Elektronik Sistem	30
3.2.1. Eksen Tahrik Motoru.....	31
3.2.2. Spindle Motoru	32
3.2.3. Step Motor Sürücüsü	33
3.2.4. Spindle Motor Sürücüsü	34
3.2.5. Akım Kontrol ve Denetleme Ünitesi	35
3.2.6. Soğutma Devresi	37
3.2.7. Kontrol Panosu Yardımcı Elemanları	38
3.2.8. Router Ana Kontrol Paneli	42
3.3. İmalat.....	45
3.3.1. İmalat Sürecinin Planlanması	45
3.3.2. Teknik Verilerin Hazırlanması	46
3.3.3. Talaşlı İmalat	48
3.3.4. Talaşsız İmalat.....	49
3.4. Montaj	50
4. BULGULAR	67
4.1. CNC Router Çalışma Testi	67
4.2. Numune Parçanın İşlenmesi	68
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	71
6. KAYNAKLAR.....	73
7. EKLER.....	78
EK A İmalat Parçaları Teknik Resimleri.....	79
EK B Saz Parçaları için G kodları	102

8. ÖZGEÇMİŞ	107
--------------------------	------------

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1:CNC Router örnek parça işlenmesi.	1
Şekil 1.2:NC Takım Tezgahı.....	11
Şekil 1.3: Saz Teknesinin el ile oyulması	12
Şekil 2.1: CNC Router ile ahşap işlenmesi örneği.....	13
Şekil 2.2: CNC Router ile işlenmiş örnek bir levha.....	14
Şekil 3.1: Kutu profillerden oluşan şase tabanı-1.	21
Şekil 3.2: Kutu profillerden oluşan şase tabanı-2.	21
Şekil 3.3: Şase taşıyıcı direk tasarımı	22
Şekil 3.4: Köprü profili tasarımı.	22
Şekil 3.5: X kızıağı sabitleme profili	22
Şekil 3.6: X eksenî sac-metal kasa yapısı-1	23
Şekil 3.7: X eksenî sac-metal kasa yapısı-2	23
Şekil 3.8: Y eksenî sac-metal kasa yapısı-1.....	24
Şekil 3.9: Y eksenî sac-metal kasa yapısı-2	24
Şekil 3.10: Z eksenî sac-metal kasa yapısı-1.	25
Şekil 3.11: Z eksenî sac-metal kasa yapısı-2.	25
Şekil 3.12: Rulmanlı yatak.....	26
Şekil 3.13: Vidalı mil.....	26
Şekil 3.14: Kızak arabası.....	27
Şekil 3.15: Vidalı somun tertibatı.	27
Şekil 3.16: Eksenel Kızak.	27
Şekil 3.17: Spindle motoru katı modeli-1.	28
Şekil 3.18: Spindle motoru katı modeli-2.	28
Şekil 3.19: Step motoru katı modeli-1.	29
Şekil 3.20: Step motoru katı modeli-2.	29
Şekil 3.21: Step motoru katı modeli-3.	29
Şekil 3.22: Enkoderli Step motoru.	31
Şekil 3.23: Spindle Motoru.	32
Şekil 3.24: Enkoderli Step Motor Sürücüsü.....	34
Şekil 3.25: Spindle Motor Sürücüsü.	35
Şekil 3.26: Acil stop butonu.....	35
Şekil 3.27: Kontak anahtarı.....	36
Şekil 3.28: Sigorta.....	37
Şekil 3.29: Soğutucu fan.	38
Şekil 3.30: Kablo kanalı.....	39
Şekil 3.31: Taşıyıcı panel rayı temsili görseli.....	39
Şekil 3.32: Besleme trafosu devre şeması.....	40
Şekil 3.33: Sürücü besleme trafoları.	40
Şekil 3.34: Kontrol panosu genel görünüm.	41
Şekil 3.35: Uno altyapısı ve step motor bağlantı şeması.	42
Şekil 3.36: Kontrol paneli-1.....	42
Şekil 3.37: Kontrol paneli-2.....	43
Şekil 3.38: 4 eksen CNC Router kontrol paneli bağlantı şeması.	44
Şekil 3.39: Alt profile ait teknik resim.....	46
Şekil 3.40: Taban plakasına ait teknik resim.	47

Şekil 3.41: Y motor plakasına ait teknik resim.....	47
Şekil 3.42: Vidalı mil 3 boyutlu tasarımı.....	48
Şekil 3.43: Vidalı mil için CNC torna makinesi G kodları örneği.....	48
Şekil 3.44: Lazer kesim örnek parçalar.....	49
Şekil 3.45: Lazer kesim G kodları.....	49
Şekil 3.46: Alt profil montajı.....	50
Şekil 3.47: Ana tabla montajı.....	50
Şekil 3.48: X dış taban plakalarının montajı.....	51
Şekil 3.49: X iç taban plakalarının montajı.....	51
Şekil 3.50: X ön ve arka plakalarının montajı.....	52
Şekil 3.51: X üst dış plakalarının montajı.....	52
Şekil 3.52: X eksen kızak oturma gövdesinin montajı.....	53
Şekil 3.53: X eksen kızak plakasının montajı.....	53
Şekil 3.54: X eksen kızakları ve arabalarının montajı.....	54
Şekil 3.55: X eksen tabanının montajı.....	54
Şekil 3.56: Mengene tablası montajı.....	55
Şekil 3.57: Ana direk montajı.....	55
Şekil 3.58: Köprü plakası montajı.....	56
Şekil 3.59: Köprü profili montajı.....	56
Şekil 3.60: Y eksen plaka, kızak ve araba montajı.....	57
Şekil 3.61: Y motor plakası montajı.....	57
Şekil 3.62: Z motor plakası ve bayraklarının montajı.....	58
Şekil 3.63: Z eksen plaka ve arabalarını montajı.....	58
Şekil 3.64: Z eksen vidalı mil- somun ve rulman yatak montajı.....	59
Şekil 3.65: Y eksen vidalı mil- somun ve rulman yatak montajı.....	59
Şekil 3.66: X eksen vidalı mil- somun ve rulman yatak montajı.....	60
Şekil 3.67: X, Y ve Z eksen step motorları montajı.....	60
Şekil 3.68: Spindle motoru montajı.....	61
Şekil 3.69: Spindle motoru montaj simülasyonu-1.....	61
Şekil 3.70: Spindle motoru montaj simülasyonu-2.....	62
Şekil 3.71: Spindle motoru montaj simülasyonu-3.....	62
Şekil 3.72: CNC Router Mekanik Kısım Son Montajı-1.....	63
Şekil 3.73: CNC Router Mekanik Kısım Son Montajı-2.....	64
Şekil 3.74: CNC Router Mekanik Kısım Son Montajı-3.....	64
Şekil 3.75: CNC Router Mekanik Kısım Son Montajı-4.....	65
Şekil 3.76: CNC Router Elektrik-Elektronik Kısım Son Montajı-1.....	65
Şekil 3.77: CNC Router Elektrik-Elektronik Kısım Son Montajı-2.....	65
Şekil 3.78: CNC Router Elektrik-Elektronik Kısım Son Montajı-3.....	66
Şekil 3.79: CNC Router Tüm Sistem Montajı.....	66
Şekil 3.80: CNC Router deneme çalışması.....	67
Şekil 3.81: Numune parçaya ait G kodları örneği.....	68
Şekil 3.82: Numune parçanın işlenmesi-1.....	69
Şekil 3.83: Numune parçanın işlenmesi-2.....	69
Şekil 3.84: Numune parçanın işlenmesi-3.....	70
Şekil A.1: Alt Profil Ölçüleri.....	79
Şekil A.2: Profil Ölçüleri.....	80
Şekil A.3: Alt Plaka Ölçüleri.....	81
Şekil A.4: Ana Tabla Ölçüleri.....	82
Şekil A.5: Köprü Profil Ölçüleri.....	83
Şekil A.6: Mengene Tablası Ölçüleri.....	84

Şekil A.7: Rulman Taşıyıcı Ölçüleri.....	85
Şekil A.8: Taban Sac Ölçüleri.....	86
Şekil A.9: X Üst İç Plaka Ölçüleri.....	87
Şekil A.10: X Kızak Plakası Ölçüleri.....	88
Şekil A.11: X Taban İç Plaka Ölçüleri.....	89
Şekil A.12: X Orta Plaka Ölçüleri.....	90
Şekil A.13: X Üst Dış Plaka Ölçüleri.....	91
Şekil A.14: X Ön Plaka Ölçüleri.....	92
Şekil A.15: X İç Taban Ölçüleri.....	93
Şekil A.16: X Taban Dış Ölçüleri.....	94
Şekil A.17: X Arka Plaka Ölçüleri.....	95
Şekil A.18: Z Motor Bayrak Ölçüleri.....	96
Şekil A.19: Y Kızak Plaka Ölçüleri.....	97
Şekil A.20: Z Kızak Plaka Ölçüleri.....	98
Şekil A.21: Z Araba Plaka Ölçüleri.....	99
Şekil A.22: Y Motor Plaka Ölçüleri.....	100
Şekil A.23: Z Motor Plakası Ölçüleri.....	101

SEMBOL LİSTESİ

CNC	:	Computer Numeric Control (Bilgisayarlı Nümerik Kontrol)
DNC	:	Directly Numeric Control (Doğrudan Nümerik Kontrol)
ESTP	:	Enkoderli Step Motor
GUI	:	Graphic User Interface/ Grafik Kullanıcı Arayüzü
SPI	:	Spindle Motor İvertörü

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın yapılması ve yürütülmesinde bilgi ve tecrübesi ile beni yönlendiren, desteklerini esirgemeyen, ihtiyaç duyduğum her an yardımcı olan çok değerli danışman hocam Prof.Dr. Hasan ÇALLIOĞLU'na, çalışmalarım süresince en büyük destekçim olan çok değerli eşime ve kıymetli aileme teşekkürü bir borç bilirim.

1. GİRİŞ

Talaşlı imalat teknolojisindeki en önemli dönüm noktası 1950’li yıllarda nümerik programlamaya göre çalışan NC tezgâhların geliştirilmesidir. Bu tarihlerden günümüze gelindikçe NC tezgâhlarının bilgisayarla donatılması ile “Computer Numeric Control” kelimelerinin kısaltması olan “CNC” ve “Directly Numerical Control” kısaltması olan “DNC” tezgâhları oluşmuştur. Kişisel bilgisayarların kullanımının yaygınlaşması ile CNX tezgâhlarının kullanım ve çalışmaları artmıştır. Pehlivanoğlu, “CNC Takım Tezgâhları ve DNC” başlıklı çalışmasında, CNC torna ve freze makinelerinde kullanılan FANUC kontrol sisteminde karşılaşılan genel hatalar ve bu hataların giderilmesi, CNC makinelerinin özellikleri, diğer manuel ve konvansiyonel makinelerle üstünlüklerinin karşılaştırılması, bilgisayar makine ilişkisi, kontrol panelinin tanıtımı ve tezgâh bakımı üzerinde durmuştur (Pehlivanoğlu 2002).



Şekil 1.1: CNC Router örnek parça işlenmesi

El oyması yöntemini kullanan ustalar, emeklerinin karşılığını alamadıklarından ve ahşap oyma ustaları arasında yeterli dayanışma olmadığından yakınmaktadır. Ekonomik kaygılardan dolayı alıcı kitlesinin azalmasıyla bu sanatı yapan insanlarda azalma görülmektedir. Yurt dışına ve Türkiye'nin pek çok yerine ürün gönderilmekle birlikte ucuz ürünlere talep olmasından dolayı makine üretimiyle üretilen ürünler daha çok rağbet görmektedir. Bu ise el oyması yapan atölyelerin azalmasına sebep olmaktadır ve günümüzde bu sanatı devam ettiren ustalar azalmıştır. Makineli üretimin, üretimi hızlandırması, seri üretimle maliyetin düşmesi ve buna bağlı olarak alıcı kitlesinin artması ve makineli üretimle ucuza daha fazla işçi çalıştırılması makineli işçiliğin artmasında önemli rol oynamıştır (Arıkan, 2009).

Burada makineli üretimin, el oymacılığı sanatının önüne geçtiği düşünülse bile CNC Router makineler işletmelere oldukça fazla yarar sağlamaktadır. CNC Router makinelerin işletmelere kattığı başlıca avantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Üretim çeşitliliğinin artması,
- Üretim standartlarının yükselmesi,
- Üretim hızının artması,
- İşçilik maliyetinin azalması.

Bire bir aynı ürünler, istenildiği zamanda ve arzu edildiği miktarda üretilebilmektedir.

1.1. Literatür Bilgisi

Kutlu (2003), yaptığı çalışmasında 3 eksenli masa tipi mini bir CNC freze tezgâhı tasarım ve imalatı için gerekli tasarım parametrelerini hesaplamıştır. Hesaplanan bu parametreler doğrultusunda tezgâhın tasarımı ve imalatı için gerekli olan statik ve dinamik hesaplamaları yaparak CNC tezgâhı imal etmiştir. Tezgâh eksenlerinin tahrik sistemini, step motorlar aracılığı ile yapmıştır.

Yağmur (2004), yaptığı çalışmasında, bilgisayarın kullanıldığı imalat metotlarından en önemlileri incelenmiştir. İmalat ile CAD/CAM sistemlerinin entegrasyonunun nasıl yapılabileceği ve imalatın, uygulanan metoda göre hangi aşamasında ve ne şekilde kullanılabileceğini araştırmıştır. CAD/CAM fonksiyonlarının ilgili imalat metoduna uygulanmasının hangi aşamalarda yapılabileceği gösterilmiştir.

Dinçel (1999), çalışmasında CNC makinelerinin tanıtımına, avantajlarına ve dezavantajlarına, CNC makine türlerine, endüstrideki kullanım alanlarına ve programlama tekniklerine göre sınıflandırılmasına dikkat çekmiştir.

Gevrek (2013), çalışmasında üç eksenli CNC freze tezgâhı tasarımını yapmıştır. İmalatı için gerekli tasarım parametreleri belirlemiş ve belirlenen bu parametreler çerçevesinde tezgâhın tasarımı ve imalatı için gerekli olan hesaplamaları yapmıştır. Tasarım ve hesaplamalar doğrultusunda elektronik ve mekanik malzemelerin seçimini yapmış ve bu malzemeler hakkında bilgiler vermiştir. Ayrıca X, Y ve Z eksenlerinin hassasiyet analizlerini de yapmıştır.

Karabey (2016), yaptığı çalışmasında, mühendislik öğrencilerinin uygulamalı eğitimde kullanılabilecekleri prototip üç eksenli CNC freze tezgâhını tasarlamış, modellemiş ve prototip olarak imalatını gerçekleştirmiştir. CNC’de step motor, alüminyum konstrüksiyon, vidalı mil ve bilyeli somun kullanılmıştır. Bununla birlikte CNC hareket sistemleri, elektronik sistemleri, tahrik sistemleri ve hassasiyeti incelenmiştir. Elektronik kontrol ünitesi; üç adet step motor sürücü, sürücü kontrol devresi ve güç kaynağından oluşmaktadır. Tezgâh kontrol yazılımı olarak Mach3 CNC programını kullanmıştır.

Alan (2006), yaptığı çalışmasında CNC eğitimi alan öğrencilerin bireysel olarak kullanabilecekleri düşük maliyetli, tamamıyla Türkçe ve eğitim amaçlı olarak bir eğitim seti tasarlayıp imal etmiştir. CNC Eğitim Seti, CNC ile ilgili teorik bilgilerin alınabileceği bir elektronik kitap, CNC'nin kullanımı, yapısı, programlanması vb. konuların anlatıldığı bir multimedya ortamı, programların yazılabileceği bir editör ortamı, yazılan programın bilgisayarda sonucunun görülebileceği bir simülasyon ortamı, yazılan programların sonunda parçanın alacağı gerçek şeklin görülebileceği bir ortam olan normal tezgâh fonksiyonlarına sahip bir mini CNC tezgâhı gibi farklı ortamların tümünün bir arada kullanılabileceği bir tasarım hazırlamıştır.

Büyükşahin (2005), çalışmasında üç eksenli CNC freze tezgâhı, onu oluşturan parça ve malzemeler hakkında bilgi vermiş olup, olup aynı zamanda CNC seçim kriterlerine değinilmiştir. Tezgâhın üzerine binen tüm kuvvet ve momentler tespit edilip, tüm eksen elemanları için etkileri kontrol edilmiştir. Farklı malzemeleri farklı hızlarda işleme sırasında tezgâha binen yükler hesaplanmış, en ağır şart için tezgâh gücü belirlenmiştir. Tespit edilen verilere göre tezgâh imal edilmiştir.

Kavala ve Şen (2010), çalışmasında, üniversitenin bünyesinde bulunan ve çalışmayan üç eksenli CNC tezgâhı, iki döner eksenli tabla tasarlayıp üretilerek beş eksenli CNC tezgâh haline dönüştürmüştür. Tezgâh üzerinde beş fazlı step motorlar bulunmaktadır. Bu motorlar ve bir döner eksene alınan dört fazlı step motor için beş fazlı ve dört fazlı step motor sürücüsü tasarımı yapıp üretimi gerçekleştirilmiştir.

Sevil (2013), yaptığı çalışmada dört eksenli masaüstü CNC freze tasarlayıp imal etmiştir. Dördüncü eksen çalışması olarak, ahşap veya strafor malzemesine yazı ve şekil işleme yapmıştır. Prototipi yaptığı tezgâhta, ekonomik ve kullanışlı olacak şekilde dördüncü eksen (divizör) tasarlamış ve imal etmiştir. Buna ek olarak uygun maliyetli, verimli ve güvenilir 5-eksenli masaüstü CNC freze makinesini bir prototip olarak tasarlamıştır. Yapım sürecini kademe kademe anlatmış ve bu iş için gerekli olacak parçaların listesini, elektrik-elektronik bağlantıları ve Mach3 programında gerçekleştirilen set ayarlarını çalışmasına eklemiştir. Prototipi yapılan makinelerin, yumuşak ve hafif malzemelerin işlenmesi için kullanılabilirliğini anlatmıştır. Makinelerin küçük ölçekli uygulamalar ve eğitim amaçlı kullanımlar için oldukça uygun olduğunu çalışmasında göstermiştir.

Apaydın (2006), yaptığı çalışmada, adım motorlarının yapısı, çeşitleri, kontrol ve sürücü sistemleri ile dinamik modeli açıklanmıştır. Ayrıca, havalandırma sisteminin kapak konumu kontrolü için VisualBasic programını kullanmıştır. RS 232 seri haberleşme portu üzerinden bilgisayar ile kontrolü sağlanmıştır. Yazılım ve mikro denetleyicilerden faydalanarak konum kontrolünü sorunsuz bir şekilde yapmıştır.

Uygun (2006), hibrit step motor sürücüleri, seri ve paralel port bağlantısıyla visualbasic programı kullanılarak hazırlanan bir program sayesinde kontrol etmiştir. Programda kullanıcılara her iki kontrol sisteminde de adım, devir, açılma yolu ve yön bilgileri ile ara zamanların tablo şeklinde görüntülenip grafiğini çizdirme olanağını da sunmaktadır.

Tamer (2006), CNC ve benzeri robot sistemlerinde eksen motorları için kullanılan algoritmalar yerine üç boyutlu çizim algoritmalarının kullanılabilmesini göstermiştir. Model CNC için, yeni bir komut seti oluşturulmuş ve bu komut setinin işlenmesi için komut editörü oluşturulmuştur. Bu komut editörü üzerinde komutlar işlenerek oluşturulan simülasyon aracılığıyla CNC freze tezgahının yapacağı işler simüle edilmiştir. Motoru süren mikro işlemci ile bilgisayar arasında iletişim seri yapılmıştır. Çizim algoritmalarıyla yapılan hareket denetimi ile CNC tezgahlarda iki nokta arasındaki hareket sırasında oluşan yörünge problemi ortadan kaldırılmıştır. Ayrıca bu problem CNC tezgahlarda kullanılan motorların hız değiştirmesini ortadan kaldırarak sabit hızlı motorlar kullanılarak aynı işlemlerin yapılabileceğini kanıtlamıştır.

Karaçam (2009), yaptığı çalışmada, üç eksenli masa tipi CNC frezenin tasarımı ve benzetimi, bilinen elektrik; elektronik ve mekanik parametrelerle, 3D CAD programı kullanılarak gerçekleştirmiştir. Çalışmada CNC makinesi için hazır parçalar kullanarak maliyeti düşürmeyi amaçlamıştır. Ana gövde tasarımını alüminyum profiller ile yaparak ağırlık probleminin önüne geçmiştir. CNC freze makinesinin aksinel olarak hareket etmesini sağlamak için, step motorlardan faydalanmıştır.

Bozkurt (2019), eğitim amaçlı kullanılmak üzere üç eksenli CNC takım tezgâhı tasarım ve imalatını yapmıştır. İlk olarak CNC tezgâhı tasarlamış ve X eksenini 1800 mm, Y eksenini 2800 mm ve Z eksenini 800 mm boylarına sahip bir tezgâhı üretmiştir. Üretimi gerçekleştirilen tezgâhın, CAD/CAM bilgisayar sistemleriyle uyumunu ve kullanımını araştırmıştır. CNC tezgâhını, kontrol amaçlı parça tasarım aşamasında farklı parça programları kullanılarak tekrarlı olarak test etmiştir. Alüminyum, Çelik, Granit, MDF

gibi çeşitli sertlikteki malzemelerin üç boyutlu olarak rahatlıkla işlenebildiğini göstermiştir.

Cevindik (2009), yaptığı çalışmada, mermer sanayinde kullanılabilen Üç Eksenli CNC makinesine değinmiş ve laboratuvar ortamında bulunan Üç Eksenli CNC üzerinde deneyler yapmıştır. Deneylerde makinenin elektrik enerjisi yönünden optimum şekilde çalışabilmesi için kesme parametreleri araştırılmıştır.

Gülaçtı (2018), beş eksenli köprü tipi CNC mermer işleme makinesi tasarımını ve imalatını yapmıştır. Bu makinede hassas kesimler için çözüm bulunurken çağın gerektirdiği basit ve karmaşık geometrik şekillerde mermerlerin çok kısa sürede işlenmesi bu makine ile yapılabilmektedir.

İnegöl'de ahşap oymacılığı daha çok mobilyacılık sektöründe kullanılmaktadır. Bu firmalarda ise el oymacılığının yapımının uzun sürmesi ve maliyetinin fazla olmasından dolayı el oymacılığı yerine daha çok makine oymacılığı yapılmakta olduğu saptanmıştır (Sancak, 2013).

Paktaş (2014), "Design of an a axis CNC router / A eksen CNC router tasarımı" başlıklı çalışmasında 4 eksenli bir CNC freze yapmıştır. Yaptığı CNC tasarımı ortez ve protezde engelli hastaların kullandığı soket üretimine yöneliktir. Bu çalışmada farklı objelerin 3B lazer tarayıcı ile taramaları, 3B tarama ile elde edilen verilerin işlenmesi, bu verilerden G kodlarının elde edilmesi ve tezgahın çalışması başarı ile tamamlanmıştır.

Naqvi (2014), çalışmasında eğitim amaçlı 5 eksen CNC tasarlayıp imalatını gerçekleştirmiştir. Tezgâhın hassasiyetini ölçmüştür. Strafordan bir parça işleyerek tezgâhı denemiş ve başarılı olmuştur.

Şefkatlioğlu (2015), çalışmasında strafor köpüğün iki boyutlu herhangi bir şekilde kesilmesini sağlayacak olan CNC Strafor Kesme Makinesi tasarımı ve imalatını yapmıştır. Yapılan tezgâhta strafordan bir at figürü çıkartılmış ve tezgâh başarılı bir şekilde çalışmıştır.

Weike (2012), yaptığı CNC Router makinesi üzerinde ahşap malzemelerinin işlemek için çeşitli optimizasyonlar yapmışlardır. 20x20x20 mm olarak kendilerine maun ağacından bir numune belirlemişlerdir. Belirledikleri numune için gerekli

parametreleri; 0,25 mm kesim, iş mili hızı 7 m/s, adım ve hareket hızı 6 m/s olarak belirlemişler. Takım çapları olarak 3 mm ve 4 mm parmak freze kullanmışlardır. Elle yapılan ağaç işlemesine nazaran makine ile yapılan işlemenin daha hassas, daha sağlıklı ve daha hızlı olduğunu göstermişlerdir. Yaptıkları deneyde Deney Tasarımı (DoE) ile Tam Faktöriyel Tasarım yöntemini kullanmışlardır.

David ve Peters (2007), ağaç işleme atölyelerinde kullanılan Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD), Bilgisayar Destekli İmalat (CAM) ve Bilgisayar Sayısal Kontrol (CNC) yönlendiricilerin nerelerde ve nasıl kullanıldığını, ne kadar hız ve ticari olarak sağladıklarını araştırmışlardır. Daha kaliteli ürünlerin daha hızlı üretilbildiğini anlatmışlardır. Özellikle küçük işletmelerin bu makineler sayesinde işlerini katladıklarını belirtmişlerdir.

Paktaş (2014), çalışmasında, ortez ve protezde engeli olan bireylerin kullandığı soket üretimi için A eksen CNC Router tasarımı ve üretimini gerçekleştirmiştir. Bu makinenin tasarımında ve üretiminde bilgisayar destekli tasarım ve sonlu elemanlar analizi yöntemini kullanmışlardır. Tasarladıkları CNC Router, X ve Y eksenleri olmak üzere 2 eksen lineer olarak, A ekseninde de rotasyonel olarak çalışmaktadır. Yaptıkları katı modelleri 3B lazer tarayıcı ile elde etmişlerdir. Solid CNC ile G kodlarını çıkarmışlardır. Katı modelleme için Solidworks, sonlu elemanlar için ANSYS yazılımı kullanılmıştır.

Karabey (2016), yaptıkları çalışmalarında, öğrencilerin atölye derslerinde kullanabilecekleri, prototip 3 eksenli CNC freze tezgâhı tasarlayıp, modelledikten sonra prototip olarak imalatını gerçekleştirmişlerdir. Yapılan CNC freze makinesi için işlem alanı 500x650x1200 mm'dir. CNC makinesin step motor, bilyeli yataklar, alüminyum konstrüksiyon, vidalı mil ve bilyeli somun sistemleri gibi elemanları kullanmışlardır. Yaptıkları çalışmada, CNC hareket sistemleri, elektronik sistemleri, tahrik sistemleri ve hassasiyeti incelemişlerdir. Tezgâh kontrol yazılımı olarak Mach3 CNC programı kullanılmışlardır. Tezgâhın teorik hassasiyeti ve standart sapmasını da hesaplamışlardır. Sonuç olarak Prototip Üç Eksenli CNC Freze tezgâhını sorunsuz bir şekilde çalıştırılmışlar ve iş parçası işlenmişlerdir. Eğitim amaçlı kullanılacak bir CNC freze tezgâhı üretilmiştir.

Bostan (2015), karbon takviyeli kompozit malzemeden üretimini yapacak olduğu ve vakum destekli reçine transfer döküm (VARTM) yöntemini kullanacağı ürün için bir kalıp yapmak için CNC tezgâhı tasarlamış ve üretmiştir. Yaptıkları CNC tezgâhı bilgisayar destekli köprü tipi (hareketli kızak) dik işlem freze tezgâhı (CNC Ruter) dir. Çalışma hacmini istenen sürede işleyebilmesi için motor hızlarını belirlemişlerdir. Motorların belirlenen hızlara ulaşırken karşı koyması gereken ataletleri göz önünde bulundurarak motor gücünün hesabını yapmışlar ve motor seçimlerini buna göre belirlemişlerdir. Seçilen motor parametreleri kullanılarak MATLAB/ Simulink aracıyla simülasyonunu yapmışlar ve oransal türevsel integral (PID) kontrolcü tasarlanmışlardır.

Öztürk (2017), yaptıkları çalışmada 3 boyutlu yazıcı ve CNC Router işleme tezgâhını tek bir şasi gövdesi üzerinde birleştirmişlerdir. Kartezyen koordinatlarda tasarlanan bu iki yapı temelde tek bir Bilgisayar Sayısal Kontrol (CNC) ile yönetilmektedir. Bu sayede yer ve enerji tasarrufu da sağlamışlardır. Solidworks ortamında ön tasarımını yaptıkları tezgâhı, Ansys Workbench ortamında analiz etmişler ve sağlamlığını ispatlamışlardır.

Çakmak (2021), yaptığı çalışmada farklı ağaç türlerinin bilgisayarlı (CNC) freze makinesinde işlenmesinde, farklı devir, besleme hızı, kesiş miktarı, odun yoğunluğu ve rutubeti ile kesitlerdeki yüzey pürüzlülüğü ve kesme gücü kriterlerine göre en uygun işleme koşullarının Yapay Sinir Ağları (YSA) kullanılarak tespit edilmesini görmek istemiştir. Sonuç olarak; numune olarak kullanılan ağaç türlerine ait tüm kesitlerde en düzgün yüzeyler, yüksek devir ve düşük besleme hızları, düşük ve orta rutubet miktarları ve düşük kesiş derinliklerinde elde edildiğini belirlemiştir. Kesme gücünün ise; düşük devir ve besleme hızı, düşük rutubet miktarı ve kesiş derinliğindeki koşullarda azaldığını tespit etmiştir.

Bayram (2005), yaptıkları çalışmalarında, hayatın en önemli ve vazgeçilmez bir parçası olan evlerin her yerini kaplayan mobilya takımını CNC freze ve Router kullanarak imal etmişlerdir. Bu sayede sade ve kompakt mobilya parçalarını en hızlı ve kaliteli şekilde üretildiklerini göstermişlerdir. Özel bir mobilya serisinin kullanımının CNC ile çok kolay bir şekilde yapılabileceğini göstermişlerdir.

Coşereanu (2015) tarafından 3 farklı ağaç türünün CNC frezeleme imkânları araştırılmıştır. Ağaçların kendi özelliklerinden dolayı farklı üretim CNC parametrelerini denemişler ve uygun işleme parametreleri elde edilmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak bu ağaç türlerinden mobilya yapmak için en uygun üretim parametreleri belirlenmiştir.

Gündoğan (2020) yaptığı çalışmalarda, beş eksenli bir Kartezyen kaynak robotunun tasarım ve imalatını gerçekleştirmiştir. Yurtdışından ithal edilen robotun yerli kaynaklar ile yapılmasını imkân kılmışlardır. Kullandıkları bir Mac3 kontrol kartı ile G kodları okuyabilmişlerdir. Redüktörlerin yerine itme ve çekme kuvvetiyle hareket etmeyi sağlayan zincir-dişli, rulman ve vidalı millerin kullanıldığı bir mekanizma kullanmışlardır.

Ginting ve diğ. (2017), taşınabilir 3 eksenli mini bir CNC Router makinesinin tasarımını ve üretimi gerçekleştirmişlerdir. Maliyeti ve karmaşıklığı azaltmak için mikro denetleyici kullanmışlardır. Bu makine ile gravür, kesme, raybalama, oyma, markalama, delme gibi işlemler yapmışlardır. ArtCam ve InkScape gibi programlar ile görüntü işlemeyi mümkün kılmışlar ve oluşturdukları g kodları mikrodenetleyiciye göndererek makine ile iletişim kurmuşlardır. 280x170x65 mm ebatlarına sahip bir çalışma alanı oluşturmuşlar ve talaşlı imalatlarını gerçekleştirmişlerdir.

Kaygısız (2018), öğrenciler için okulda atölye ortamında ahşap, plastik, metal ve çelik malzemelerin işlenebileceği, servo motor kontrollü üç eksenli dik işleme tezgahının geliştirilmesini ve prototipinin imal edilmesini mümkün kılmışlardır. Bu amaç doğrultusunda; az alan kaplayacak fakat sanayi tipi CNC'lerin işlevini görebilecek, Servomotor kontrollü, hava ve sıvı soğutmalı, çelik gibi sert malzemeleri de işleyebilen bir CNC tezgahı tasarımı ve imalatını gerçekleştirmişlerdir. Yaptıkları incelemeler ve çalışmalar doğrultusunda ana gövde ve eksen parçalarının malzemelerini belirlemişlerdir. Sonuç olarak 750x500x150 mm (X, Y, Z) işleme alanına sahip, hava ve ispirto soğutmalı, servo motor kontrollü 3 eksenli CNC tasarımı ve imalatını başarıyla yapmışlardır. Metal, odun, taş, kompozit gibi malzemeleri sorunsuz bir şekilde işlemişlerdir.

Korkmaz ve Budakçı (2020), yapmış oldukları çalışmalarında CNC Router makinesinde mobilya ve çalgı enstrümanı olarak kullanılan farklı ağaç türlerinin farklı işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerini araştırmışlardır. am, kayın ve ıhlamur ağaçlarından aldıkları numuneleri 170°C, 190°C ve 210°C’de 2 saat süreyle ısıl işleme tabi tutmuşlardır. Faklı iş mili hızları ve ilerleme hızlarında bu ürünleri işlemişlerdir. Hangi ürünlerde ve hangi hızlarda daha iyi yüzey pürüzlülüğü ve kalitesi olduğunu saptamışlardır.

1.2. Çalışmanın Amacı ve Özgünlüğü

El oymacılığı ile saz yapımının çok uzun sürmesi, zahmetli bir iş olması, el işçiliğinin çok zaman alması, maliyetinin fazla olması ve bazı durumlarda maliyetini karşılamaması gibi durumlar vardır. Şekil 1.2’ de bilgisayar destekli makine örneği görülmektedir. Bu tez çalışmasında, saz teknesi oyma işlemini yapacak bir CNC Router makinesi tasarım imalat ve otomasyonu yapılacaktır. Böylece yaklaşık on gün süren el ile saz teknesi oyma işlemi iki üç saat gibi kısa bir sürede tamamlanması sağlanacaktır. Bu tez dahilinde yapılan bu makinenin el oyması ile imalat yapan atölyelerin makineli üretime geçip, üretimin hızlanması, seri üretimle maliyetin düşmesi, buna bağlı olarak üretimin artıp daha çok alıcı kitlesine ulaşması ve makineli işçiliğin artması ön görülmektedir. Son yıllarda bilgisayar kontrollü makinelerin ve benzeri araçların artmasından yola çıkılarak el oyması ile imalat yapan atölyelerin ihtiyacını karşılayacak bir örnek makine imalatı yapılmıştır. İmal edilen bu makinenin çalışma prensibi, tasarımı, imalat ve otomasyon sistemi konularına değinilerek ülkemiz sanayisine kaynak niteliğinde bilgiler kazandırılmıştır.



Şekil 1.2: NC Takım Tezgâhı

3 eksen CNC Router; step motordan alınan tahrik ile doğrusal hareket mekanizmaları (hatveli mil ve yataklar) kullanılarak doğrusal hareketin elde edildiği ve kullanılan uç aksamının, bilgisayar programı ile istenilen konuma getirildiği cihazdır. Değişik uç aksamları kullanılarak değişik amaçlara hizmet edilebilir. Bu ilkelerden yola çıkarak bir CAD programı kullanılarak işlenecek olan saz teknesinin tasarımı yapılmış ve CAD programından g kodları oluşturulmuştur. Bu tez kapsamında imalatı yapılan CNC Router saz teknesi oyma makinesinin kontrol paneline bu kodlar yüklemesi yapılmıştır. Makine X, Y ve Z olmak üzere 3 eksen boyunca birbirinden bağımsız hareket etme özelliğine sahip olduğundan bilgisayar ortamında hazırlanan şekil, ahşap parça üzerinde işlenerek saz teknesi imalatı yapılmıştır.

CNC Router makineleri başta ahşap, MDF, sunta, kompozit, pleksi, delrin, poliüretan ve hafif metaller olmak üzere birçok farklı malzeme üzerinde oyma, şekillendirme, rölyef, yazı kazıma işlemleri yapmak üzere kullanılırlar. Bilgisayar destekli olan bu tezgâhlar X, Y ve Z olmak üzere 3 eksen boyunca birbirinden bağımsız hareket etme özelliğine sahiptir. Bu nedenle bilgisayar ortamında hazırlanan şekil ve desenler tasarım kısıtlaması olmadan işlenebilmektedir. Şekil 1.3' te, el ile hazırlanan ve desenleri işlenen bir saz teknesinin üretimine ilişkin görsel verilmiştir.



Şekil 1.3: Saz teknesinin el ile oyulması

Bu tez kapsamında imalatı yapılan CNC Router, saz yapımında kullanılan dut ağacının oyma işlemini yapacaktır. Bu çalışmada hazırlanan makine tasarımı Solidworks programında 1000 x 1200 x 1350 mm ebatlarında 3 eksen olarak tasarımı yapılarak bir model oluşturulmuştur. X eksenini 350 mm, Y eksenini 600 mm ve Z eksenini de 350 mm işleme alanına sahiptir. Tasarım tamamlandıktan sonra imalat resimleri ve malzeme listesi de oluşturulmuştur.

2. CNC ROUTER

Son yıllarda hızla gelişen teknolojiyi insanlar, zaman yönetimi ve iş planı yapma gereksinimlerine fayda sağlamak için kullanmışlardır. 24 saatin işe ve insanlara yetmediği günümüz dünyasında, yapılacak işleri hızlandırmak ve tekdüze hale getirerek kaliteyi sürekli en önde tutarak stabil hale getirmek birinci öncelik olarak görülmektedir. Bu amaçlarla çeşitli makineler geçmişten günümüze icat edilmiş ve sürekli geliştirilmiştir. Computer Numeric Control kelimelerinin kısaltması olan CNC, Türkçe manası Bilgisayar Destekli Sayısal Kontrol olarak ifade edilebilir. Şekil 2.1’ de CNC Router makinesi görülmektedir. CNC, yapılacak işlemleri daha kolay ve hızlı hale getirmek için tasarlanmış, bilgisayar yardımı ile kontrolü yapılan tam otomatik makinelerdir.



Şekil 2.1: CNC Router ile ahşap işleme örneği

CNC makineleri, talaşlı üretim sektöründe kullanılan, elektronik olarak programlanması yapılan ve otomatik gelişmiş yapıya sahip tezgâhlara verilen genel isimdir. CNC Routerlar aynı zamanda makine fonksiyonlarının bir entegrasyonu şeklinde de tanımlanabilmektedir. Tek seferde üretim imkânı sağlamakta ve bu sayede ürün değiştirme ve işleme süresini azaltmaktadır. Üretim verimliliğinin yüksek olmasından dolayı en çok işe yarayan iş makinelerinden biri olarak karşımıza CNC makineleri çıkmaktadır. CNC, yüksek hassasiyet ve yüksek yüzey kalitesi ile geliştirilen, işleme operasyonlarının kusursuz yürütülmesine olanak sağlayan imalat makineleridir. CNC makineleri sayesinde minimum insan gücü ile maksimum iş verimi sağlanmaktadır. Şekil 2.2’ de ise, estetik desen işleme çalışmasına ait resim verilmiştir.



Şekil 2.2: CNC Router ile işlenmiş bir örnek levha

Çeşitli ürünler işlemek için pek çok CNC adı altında farklı makineler üretilmiştir. Bu makineler;

- CNC Router
- CNC Freze
- CNC Pres
- CNC Robotik
- CNC Torna

CNC Router, bilgisayarlı kontrol ağı bulunan, geniş işleme alanı olan, dik işlem yapılabilen tezgahlara verilen genel isimdir. CNC Router, ile ahşap, mdf, sunta, kompozit, pleksi, delrin, poliüretan ve hafif metal parçalar olmak üzere birçok çeşitli ürün üzerinde delme, oyma, şekillendirme rölyef, yazı yazma gibi çeşitli işleri otomatik olarak, el sürmeden yapabileceğimiz makinelerdir. Genellikle CNC Router içerisinde bir bilgisayar kontrol ünitesi bulunmaktadır.

2.1.CNC Router Kullanımı ve Avantajları

CNC Router makineleri X, Y ve Z olmak üzere 3 eksenle çalışabilen makinelerdir. En çok kullanılan olarak 3 eksen CNC Router işlem yapılacak parçaya tek yönden (üstten) yaklaşarak işlem yapmayı sağlamaktadır. Daha karmaşık ve zor parçalarda farklı işlemler gerçekleştirmek için 4 eksenli ve 5 eksenli CNC Router makineleri de mevcuttur. Bilgisayar sistemi ile çalışmayı sağlayan bu makineler kullanacak olan kullanıcılarına sayısız avantaj sunmaktadır. CNC Router cihazlarının kullanıcılarına sağladığı avantajları başlıca aşağıdaki gibi belirtebiliriz;

- CNC Router makinesinde işlenecek ölçüleri değiştirmek istenildiği takdirde, mevcut çizimi güncellemek yeterlidir. Daha sonra makinede dilenen ölçülerde işleme başlanabilir.
- CNC Router makinesinde tahta, plastik, alüminyum ve kompozit gibi makine ve çeşitli sektörlerde çok fazla kullanılan malzemeler başta olmak üzere birçok malzemeye kesilerek şekil verilebilmektedir.
- CNC Router makineleri, programlanabilmeleri sayesinde, bir kez kesimi başlanmış ürünü olduğunuz herhangi bir zamanda yeniden aynı ölçüde işleme imkânı sunmaktadır.
- Elektrik ve malzeme giderleri oldukça düşüktür.
- CNC tezgâhları, insan faktörünü ortadan kaldırdığı için daha seri, daha hassas ve aynı zamanda tekdüze üretimi mümkün kılmaktadır.
- Bu gibi çeşitli avantajların yanında CNC Router ile kesim dışında malzemeleri frezeleme, gravürleme ve tıraşlama imkânı da bulunmaktadır.

2.2. CNC Router ve Diğer Takım Tezgâhları

CNC Router makineleri, çalışma prensibi ve kullandığı teknoloji ile diğer CNC tezgâhlarından farklı avantajlar ve çalışma ortamı sunmaktadır. Bu farklar;

- CNC lazer makineleri, işlem yapacakları parçaları lazer ışınlarıyla keser ve yalnızca iki boyutlu işlem yapabilirler. Oysa CNC Router makineleri X, Y ve Z eksenlerinde işlem yapabildikleri için 3D kesim veya şekillendirme yapabilme imkânına sahiptirler.
- CNC plazma makineleri ise sadece metalleri iki boyutta işleyebilmektedir. CNC Router ise ahşaptan metale birçok farklı malzemeyi kolaylıkla işleyebilmektedir.
- CNC su jeti ise lazer kesim aksine soğuk kesim imkânı sunan makine tezgâhlarıdır. Yüksek basınçlı su kullanarak kesme işlemi yapmaya yararlar. Ahşap malzemeler için işlem uygun değildir. CNC Router cihazlarının materyal işleme yelpazesi ve işleme olanağı daha geniştir.

2.3. CNC Router Çalışma İlkesi

CNC Router makineleri bilgisayar kontrollü çalışma prensibine sahiptir. CNC Kontrol Paneli ile kontrol edilen CNC Routerların çalışma prensibi aşağıdaki sıralama ile anlatılmaktadır.

1. Adım: İşlenecek parçayı x, y ve z eksenine göre detaylandıran bir dosya tasarlanmaktadır. Bu dosya, parçanın işleminin nasıl oluşturulacağını belirlemektedir.
2. Adım: Dosya tasarlandıktan sonra, tasarlanan parçanın CNC makinesinin anlayacağı G kodlarına dönüşümünü sağlamaktır. G kodu bir programlama dilidir. CNC makinelerinin ortak dili olan G kodları ile kontrol ünitesinden servo eksenlere hangi hareketi hangi hızda ve sıra ile yapılacağı belirlenmektedir.
3. Adım: Kaydedilen bu işlemler, CNC tezgâhına bir flash bellek yardımıyla aktarılmaktadır.

CNC Kontrol Yazılımı yazılan G kodların bulunduğu dosyayı açar ve çalıştırır. Makineyi işlenecek parçayı kesmek için, nesnenin etrafında hareket ettirerek yönlendirecektir.

CNC Router makineleri doğru ve düzgün şekilde kullanılmaları şartıyla hızlı ve etkili sonuçlar vermektedir. Etkili sonuç alabilmek için ise bazı noktalar önem taşımaktadır. Bu noktalar;

- Kesme derinliği,
- Güvenli yükseklik,
- Besleme hızı,
- Bıçak adımı,
- Bıçak motor hızı,
- CNC Router kesme parçalarının kaliteli olması.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

CNC Router makineleri; ahşap, MDF, sunta, kompozit, pleksiglass, delrin, poliüretan ve hafif metaller olmak üzere birçok farklı malzeme üzerinde oyma, şekillendirme, rölyef, yazı kazıma işlemleri yapmak üzere kullanılır. Bilgisayar destekli olan bu tezgâhlar X, Y ve Z olmak üzere 3 eksen boyunca birbirinden bağımsız hareket etme özelliğine sahiptir. Böylece bilgisayar ortamında hazırlanan şekil ve desenler, tasarım kısıtlaması olmadan işlenebilmektedir.

Tez projesi kapsamında tasarımı ve imalatı gerçekleştirilen CNC Router Makinesi, saz yapımında kullanılan dut ağacının oyma işlemini gerçekleştirmektedir.

Uygulamaların yapıldığı bilgisayarın teknik özellikleri; 1 TB HDD, 4 GB RAM, Intel İ5 işlemci, Windows 10 işletim sistemi ve NVIDIA 940M serisi ekran kartı şeklindedir.

Proje dâhilinde aşağıdaki listede belirtilen bilgisayar ve kontrol programları kullanılmıştır.

- Katı modellemeler ve bilgisayar ortamındaki montaj işlemleri için “DS Solidworks” programı
- Talaşlı imalat parçalarının G kodlarının belirlenmesi için “MasterCam” programı
- Lazer kesim programının oluşturulması için “INK-Space” yazılımı
- Birincil Router kontrol sistemi için “Universal Gcode Sender” programı
- İkincil (alternatif) Router kontrol sistemi için “SMC4-4-16A16B” dört eksen CNC kontrol paneli ve gömülü yazılımı

Ana gövde şasesi St 37 genel yapı çeliğinden lazer kesim ile, kutu profil ise vidalama ve kaynak yöntemi kullanılarak imal edilmiştir. X, Y ve Z eksenlerinin hareket sisteminin yataklanmasında ise 20 mm kare kızak ve arabası kullanılmıştır.

Hareket iletimi için vidalı mil ve somunu tercih edilmiştir. Numune parçasının oyma işlemi için de yuvarlak uçlu metal işleme takımı bağlanmıştır.

Tahrik sistemi için 3 adet X, Y ve Z eksenlerini sağlayan ESTP (enkoderli step motor) kullanılmıştır. Enkoderli step motorlarını sürmek için sisteme ayrıca üç adet step motor sürücüsü dahil edilmiştir. Numune malzemesi olan dut ağacı sert bir yapıda olduğu için yüksek güçte bir spindle motor tercih edilmiştir. Spindle motoru sürmek için de bir adet SPI (Spindle Motor Sürücüsü/ İnvörtörü) kullanılmıştır.

Sistemde bulunan elektronik malzemelerin bağlantılarının düzgün olması ve korunması için makine üzerine bir pano yerleştirilmiştir. Pano içerisinde enkoderli step motor sürücü, spindle motor sürücü, güç kaynağı ve diğer elektronik malzemelerin bağlantıları uygun şekilde tamamlanarak pano dış kapağına kontrol ünitesi yerleştirilmiştir. Kontrol ünitesinde makine aç-kapa, spindle motor hızını ayarlama, acil stop butonu ve SMC4-4-16A16B serisi dört eksen kontrol paneli yer almaktadır.

3.1. Mekanik Sistem

Mekanik sistemde genel itibariyle; ana şase, sac-metal şase, bağlantı ve yataklama elemanları ile çevresel ekipmanların katı modellemeleri yer almaktadır. Bununla birlikte tasarım sürecinin önemli bir diğer kısmı olan malzeme seçimi de 3.1 alt başlığı altında incelenmiştir.

3.1.1.Kavramsal Tasarım

Tasarım sürecinin ilk aşaması olan “Kavramsal Tasarım”, bir sistemin temelini oluşturmaktadır. Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen proje genel maksatlı olmayıp özel kullanım amacına uygun şekilde tamamlanmıştır. İhtiyaç-Cevap olgusu kapsamında, hedef problem belirlenmiş olup uygun bir çözüm üretilmiştir.

- İhtiyaç/ Problem: Bağlama& Saz teknesinin el işçiliği ile üretiminin maliyetinin yüksek olması ve sürdürülebilir bir kalitenin sağlanamaması
- Çözüm: CNC Router makinesi ile G kodları üretilen bağlama teknesi tasarımlarının hızlı ve minimum hatalı bir şekilde üretimin tamamlanması

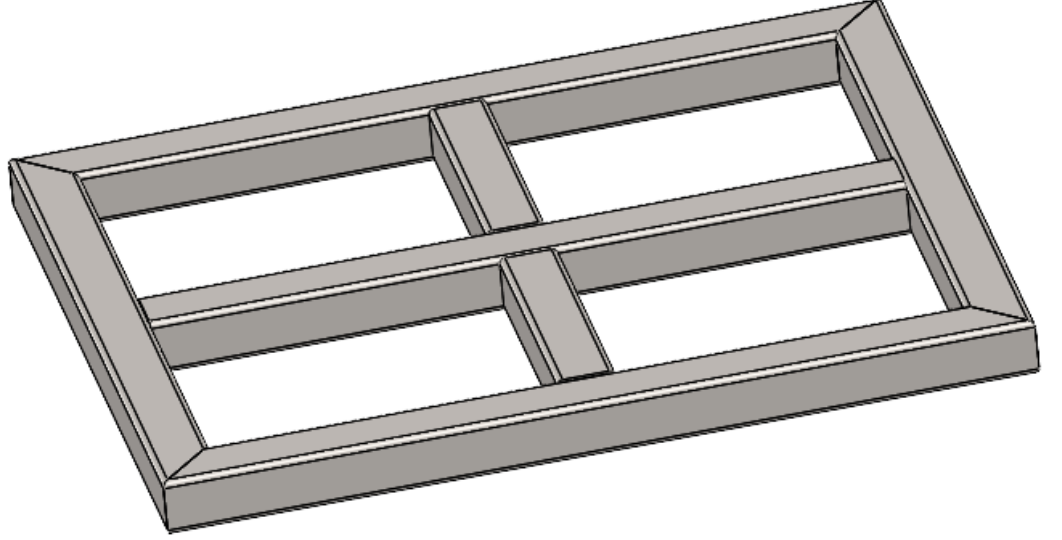
Kavramsal tasarım noktasında üretilen çözüme yönelik olarak 3 eksenli manuel/ bilgisayar tarafından kontrol edilebilen elektronik konum denetlemeli CNC Router/Freze makinesinin yeterli olacağı ön görülmüştür. Maliyetleri azaltmak amacıyla lazer kesime uygun katı modellemelerin yapılması ve hazır ürünlerin kullanılması da projenin sürdürülebilirliği açısından büyük avantajlar sağlayacağı bilinmektedir.

Ana şasenin sac-metal, taşıyıcı direklerin ise kutu profil olarak seçilmesi, kapak ve diğer kapama kısımların da kıvrılmış sac olması uygun görülmüştür.

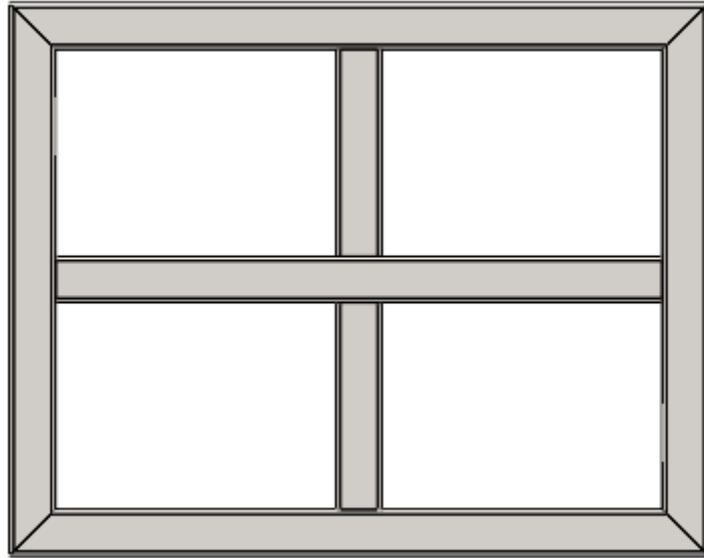
Bağlantı ve yataklama elemanlarının, mevcut piyasa şartlarında kolay bulunabilen ürünlerden seçilmesi bakım ve işletme noktasında katkı sağladığı da aşikârdır.

3.1.2.Profil Şase

Ana şase, profil ve sac-metallerin kombinasyonu ile oluşturulmuştur. Sistemin zemininde bulunan ve tüm yükleri taşıyan şasenin taban kısmının yanında ana direkler ve köprü için kutu profil seçilmiştir. Şase tabanı profil ölçüleri ise 80x80x4 mm dir. Şekil 3.1 ve 3.2’ de şase tabanı tasarımına ait görseller yer almaktadır.

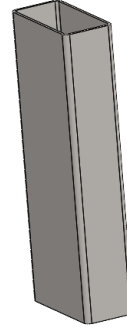


Şekil 3.1: Kutu profillerden oluşan şase tabanı-1

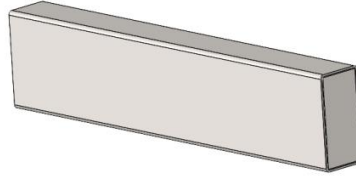


Şekil 3.2: Kutu profillerden oluşan şase tabanı-2

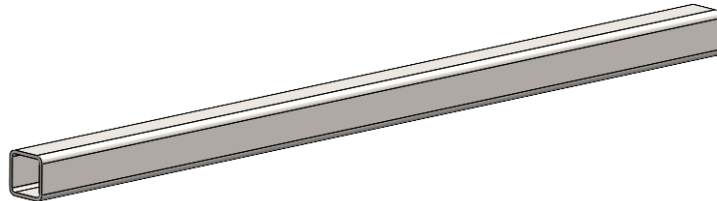
Taşıyıcı direkler için kullanılan kutu profil ölçüleri ise 200x100x5 mm'dir. Şekil 3.3' te direk tasarımları görülmektedir. Taşıyıcı direklerin bağlantısını sağlayacak olan köprü direği ise 200x100x4 mm boyutlarına sahip kutu profil şeklinde tasarlanmış olup Şekil 3.4' te tasarımı verilmiştir. X ekseni kızaklarının sabitlendiği bölümde, yine benzer şekilde 50x50x4 mm ebatlarına sahip kutu profil kullanılmış olup Şekil 3.5' te katı modeli görülmektedir.



Şekil 3.3: Şase taşıyıcı direk tasarımı



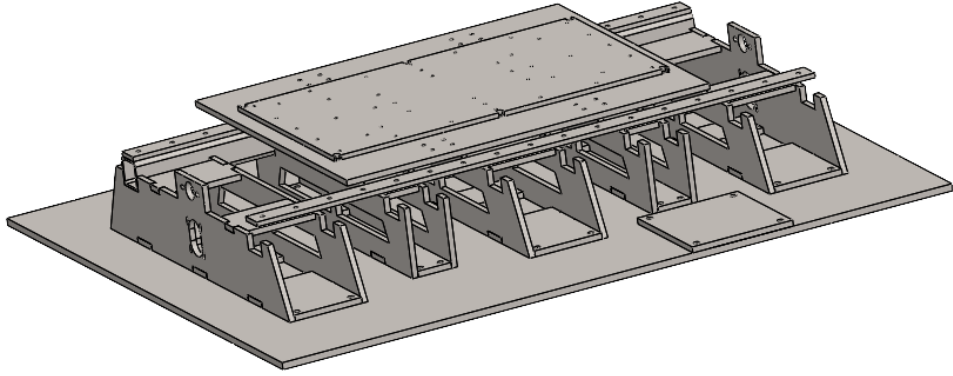
Şekil 3.4: Köprü profili tasarımı



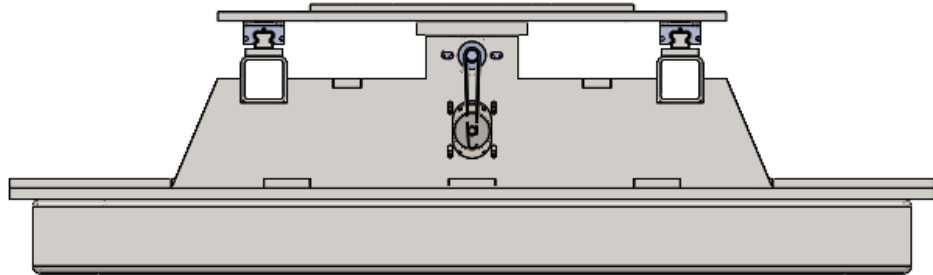
Şekil 3.5:X kazağı sabitleme profili

3.1.3. Sac-Metal Kasa

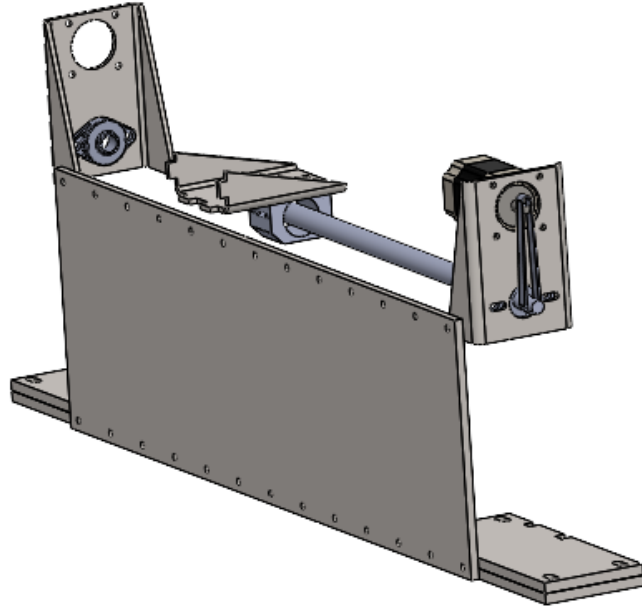
Router makinesinin kutu profil dışında kalan kısımları 8 mm sacdan imal edilmiştir. Birbirine kaynaklanmış cıvata ve somun ile erkek-dişi uçların karşılıklı olacak şekilde birleştirilmesiyle oluşturulmuştur. Toplamda 14 farklı parça kullanılmış olup yük dağıtımı ve bağlantı elemanlarının sabitlenmesi için uygun bir sistem kurulmuştur. Şekil 3.6 ve 3.7’ de X ekseninin ve alt şase grubunun oluşturulduğu sac yapıları görülmektedir. Y eksenini sac kısımlarında, X ekseninden farklı olarak kaçıklıkları önlemek ve malzeme dayanımı artırmak amacıyla 5 mm sac kullanılmış olup formlar kıvrırma tekniği ile verilmiştir. Şekil 3.8 ve 3.9’ da ilgili aksamlara ait görseller verilmiştir.



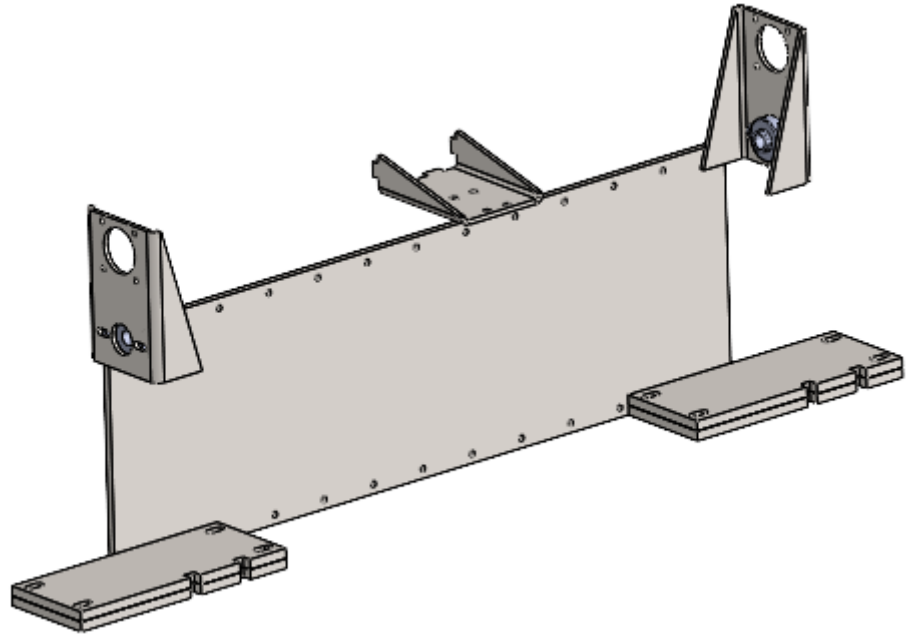
Şekil 3.6: X eksenini sac-metal kasa yapısı-1



Şekil 3.7: X eksenini sac-metal kasa yapısı-2

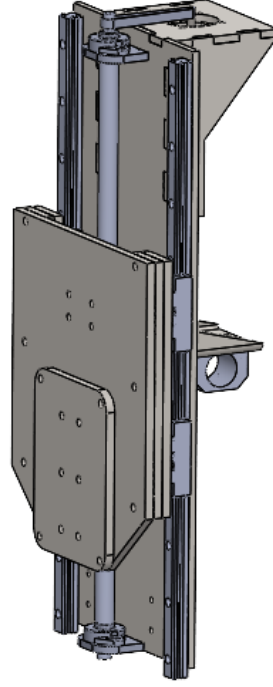


Şekil 3.8: Y eksenli sac-metal kasa yapısı-1

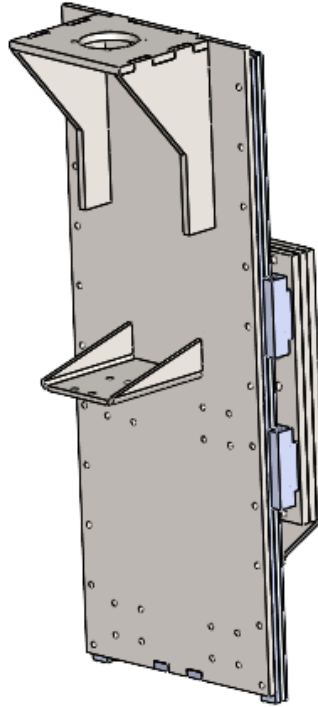


Şekil 3.9: Y eksenli sac-metal kasa yapısı-2

Şekil 3.10 ve 3.11’ de ise Spindle motorunun bağlandığı, aynı zamanda Z aksel hareketlerinin oluşturulduğu sac- metal yapıları görülmektedir.



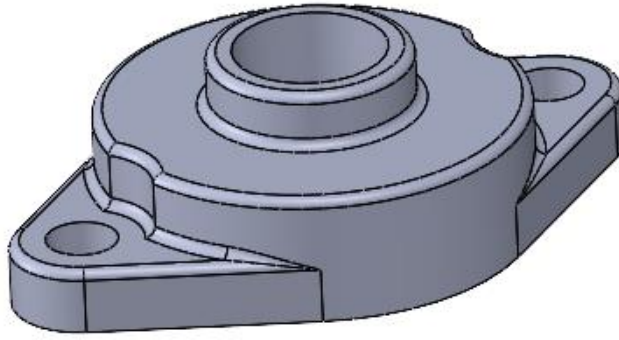
Şekil 3.10: Z ekseni sac-metal kasa yapısı-1



Şekil 3.11: Z ekseni sac-metal kasa yapısı-2

3.1.4. Bağlantı ve Yataklama Elemanları

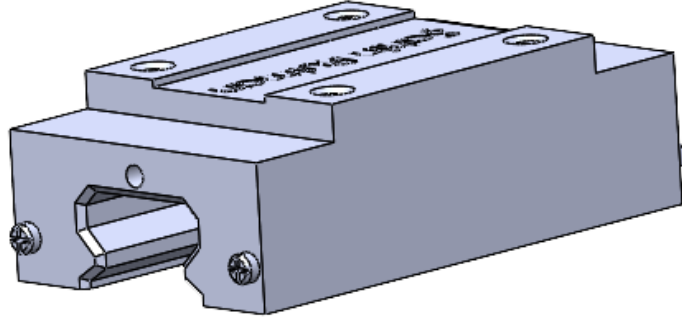
Router makinelerinin yük taşıyan ve lineer hareketlerin oluşturulduğu parçalar büyük önem arz etmektedir. Örneğin kızaklar üzerinde hareket eden arabalar aksel hareketleri oluştururken, rulmanlı yataklar vidalı millerin sabitlenmesinde kullanılmaktadır. Ayrıca trigger kayışları, motordan aldığı hareketi, vidalı millere ileterek sistemin tahrik edilmesini sağlamaktadır. Şekil 3.12’ de rulmanlı yatak, Şekil 3.13’ de vidalı mil, Şekilde 3.14’de kızak arabası, Şekil 3.15’ de vidalı somun tertibatı, Şekil 3.16’ da ise aksel kızak görülmektedir.



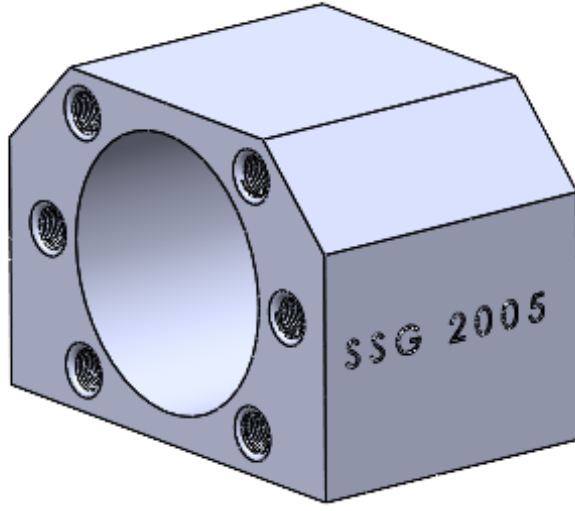
Şekil 3.12: Rulmanlı yatak



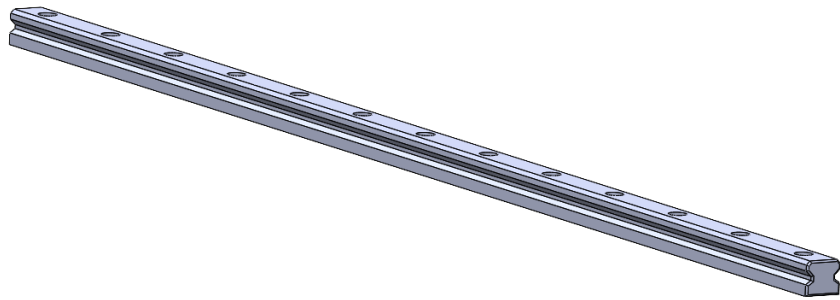
Şekil 3.13: Vidalı mil



Şekil 3.14: Kızak arabası



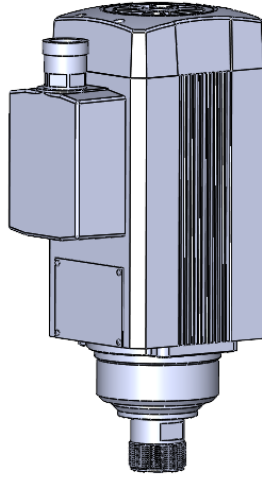
Şekil 3.15: Vidalı somun tertibatı



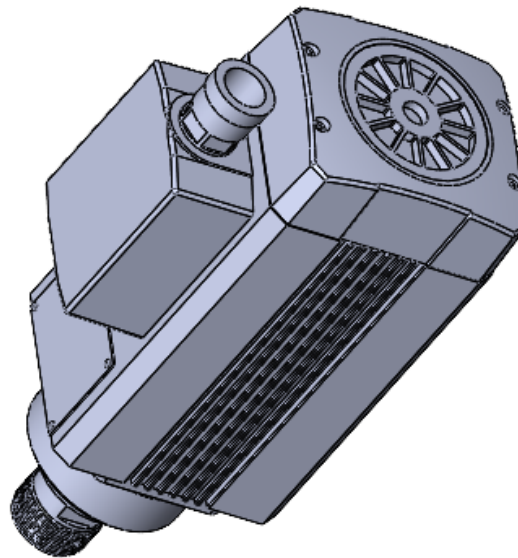
Şekil 3.16: Eksenel Kızak

3.1.5. Elektrik Motorlarının Katı Modellemesi

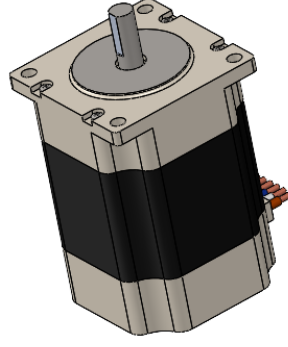
Tez kapsamında tasarlanan CNC makinesinde, 2 farklı amaç için toplamda 4 adet (1 adet Spindle motoru, 3 adet step konum motoru) elektrik motoru kullanılmıştır. Tasarımda kolaylık sağlanması amacıyla hazır olarak alınan motorlar tersine mühendislik yaklaşımıyla bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Şekil 3.17 ve 3.18’ de, Spindle motoruna ait bilgisayar modeli verilmiştir. Bununla birlikte konum kontrolünde kullanılan step motorları ise (özdeş) Şekil 3.19, 3.20 ve 3.21’ de görülmektedir.



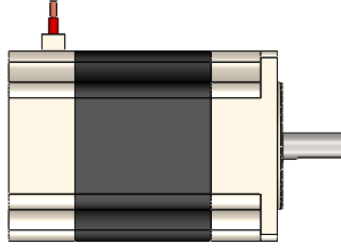
Şekil 3.17: Spindle motoru katı modeli-1



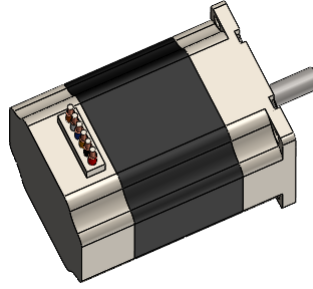
Şekil 3.18: Spindle motoru katı modeli-2



Şekil 3.19: Step motoru katı modeli-1



Şekil 3.20: Step motoru katı modeli-2



Şekil 3.21: Step motoru katı modeli-3

3.1.6. Malzeme Seçimi

Profil Malzemeleri St37 çelik sacdan, Sac Malzemeler St37 çelik (diğer adı siyah sac), Vidalı Miller St52 (yaygın ismi transmisyön çeliğidir) ve cıvatalar için St37-St70 olarak belirlenmiştir.

3.2. Elektrik-Elektronik Sistem

Sistem elektronik kontrollü olduğu için, alıcı donanım, güç üretici, kontrol devresi, koruma devresi ana panel olmak üzere tüm bileşenler bir arada ve birbirleri ile senkronize biçimde operasyon görevi yürütmektedir. Eksen tahrik motoru olarak adlandırılan ve konum hareketlerinin oluşturulduğu eleman Step motorudur. Delme işlemini gerçekleştiren motor ise Spindle olarak adlandırılmaktadır. Bunların yanı sıra sürücüler, soğutma devresi, kontrol paneli ve koruma ünitesi de alt başlıkta incelenmiştir. Elektrik- elektronik sistem genel itibariyle aşağıdaki unsurlardan oluşmaktadır;

- Step Motorlar
- Enkoderli Step Motorlar
- Step Motor Sürücüleri
- Enkoderli Step Motor Sürücüleri
- Spindle Motor
- Spindle Motor Sürücüsü (İnvertör)
- CNC Kontrol Paneli
- Güç Kaynakları
- Soğutucu Fan
- Acil Stop Butonu ve Aç Kapa Anahtarları
- Sigorta (3/1 fazlı)
- Bağlantı Klemensleri, Taşıyıcı Raylar ve Kablo Kanalı

3.2.1.Eksen Tahrik Motoru

Eksen tahrik motoru, diğer bir adıyla Step motor, elektrik enerjisini dönme hareketine çeviren elektrikli motorlardır. Her konumunu adımlar halinde değiştirerek işlem yaptığından dolayı hassas kontrol gerektiren projelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Step motor, dönüşünü adım adım ilerlettiğinden dolayı adım motoru olarak da bilinmektedir. şekil 3.22' de kullanılan step motora ait görsel verilmiştir.



şekil 3.22: Enkoderli Step motoru

Step motorlarda her motorda olduğu gibi kalkışta bir atalet ile karşılaşır ve kalkması için bunu yenmesi gerekir. Eğer sürücü, motordaki yükü kaldıramaz ise step motoru, örneğin 4 adım atlayarak diğer 4. adımdan itibaren kalkmaya çalışır. Eğer enkoder kullanmıyor ise sürücümüz bu dört adımı attığını düşünür ve gitmesi gereken konuma gidemeden durur.

Proje konusu makine, aşşabı oyarken herhangi bir kasılmada, sıkışmada veya başka bir nedenden dolayı bıçağımızın kırılmasını önlemek ve makinemizin zarar

görmesini engellemek için enkoder okuyuculu motorun kullanılması uygun görülmüştür. Böylece, herhangi bir sıkışmada enkoderli step motor sürücü alarma geçip motorun çalışmasını durdurarak makinenin güvenliği sağlanmıştır. Aşağıda enkoderli step motora ait teknik özellikler verilmiştir;

- Maksimum Tork: 4.5 Nm
- Tutma Torku: 1.5 Nm
- Akım: 5.8 Amper
- Flanş Ölçüsü: 57x57 mm

3.2.2.Spindle Motoru

Spindle motorları yüksek devirlere çıkabilen ve kesici bıçağı (freze çakısı) döndüren elemanlardır. CNC Router gibi yumuşak malzemeleri işlemek üzere tasarlanmış sistemlerde yüksek devire ihtiyaç duyulur. Bu nedenle CNC Routerlar için mil motorları (spindle) yüksek devir değerlerine çıkabilmelidir. Ancak bu motorların en büyük problemi ısınmadır. Bu nedenle bu motorlarda güç ve devir ilişkisi doğru seçilmelidir. Şekil 3.23’de sistemde kullanılan Spindle motoru görülmektedir.

0,37-33 kW güç ve 1500-24000 rpm devir aralığına kadar geniş Spindle motor seçenekleri bulunmaktadır. Otomatik takım değiştirebilen ve seramik rulmanlı modelleri de vardır.



Şekil 3.23: Spindle Motoru

3.2.3.Step Motor Sürücüsü

Yüksek hassasiyet gerektiren makine operasyonlarında adım kaçırma sorunları olabilmektedir. Enkoderli step motorlar, söz konusu işlemler için en uygun motor çeşididir. Step motorlarda en çok karşılaşılan adım kaçırma, bu serilerde kapalı çevrim sistemi kullanılarak çözülmüştür. Motor arkasında bulunan 1000 palslik enkoder diski ve okuyucu, motorun atması gereken adımları atıp atmadığını sürücüye haber verir. Sürücü atmadığı adımlar için amperi yükselterek motoru kuvvetlendirir. Yine de atmadığı adım olursa alarmı yakarak stop eder. Şekil 3.24' te kullanılan enkoderli step motor sürücüye ait görsel verilmiştir.

Enkoderli step motor ile sürücü şekilde etkileşimli olarak çalışmaktadır. Step motorun çalışması sırasında atlanan bir adım olduğunda enkoder vasıtasıyla sürücü tarafından tespit edilir. Böylelikle olası bir yanma veya bozulma gibi sorunların önlenmiş olur. Enkoderli step motor sürücülerinin genel özellikleri aşağıdaki gibidir;

- Alarm çıkışı takip edilerek pozisyon garantilenebilmesi,
- Step motorlara kıyasla ani dur- kalk hareketlerinin hızlı bir şekilde komuta edilebilmesi
- Eksik atılan pals telafisinin olması,
- Kaçırılan pozisyona geri dönebilmesi,
- Enkoder çıkışı takip edilerek pozisyon takibi yapmayı gerektirmemesi,
- Tam pozisyonlama ve ağır yükler için ideal bir motor olması,
- Alarm gelmediği sürece tam pozisyonda olması,

Projede kullanılan Enkoderli Hibrit Step Motor Sürücüyeye ait teknik özellikler ise;

- Model: CWDS556
- Faz: 3
- Voltaj: 20VDC-50VDC
- Akım: 5.6A
- Nema: 17, 23, 34
- Sarı uç: U fazı
- Mavi uç: V fazı
- Siyah uç: W fazı



Şekil 3.24: Enkoderli Step Motor Sürücüsü

3.2.4.Spindle Motor Sürücüsü

Spindle motor sürücüsü, temelde İntertör işlevi görmekte olup, motorun devrini kontrol eden kontrolcüdür. Giriş gerilimini önce DC ye daha sonra tekrar 3 fazlı dalgalayıcı ile alternatif akıma çevirir. Frekans ve gerilimi birbirinden bağımsız kontrol edebilirler. İntertör ile spindle motorunun hızı, yönü ve anahtarlama yapılabilmektedir. Şekil 3.25' de, spindle motor sürücüsüne ait görsel verilmiştir.



Şekil 3.25: Spindle Motor Sürücüsü

3.2.5.Akım Kontrol ve Denetleme Ünitesi

Router makinesinde, elektrik alıcılarının ve taşıyıcılarının güvenliğini sağlamak amacıyla acil stop butonu, kontak anahtarı ve çeşitli akım kapasitelerinde sigortalar kullanılmıştır.

Acil stop butonu, makine ve tezgâhlarda olası iş kazalarını engellemek için kullanılan, basıldığında makineyi durduran ve çevrilip açılmadan tekrar çalışmasını engelleyen düğmedir. Şekil 3.26' da, acil stop butonu görülmektedir.



Şekil 3.26: Acil stop butonu

Bir anahtar kontak adı verilen en az iki adet iletken parçadan oluşur. Bu parçalar harici bir devreye bağlanır. En temel çalışma şekli kontağın açık veya kapalı

olmasıdır. Bu şekilde bağılı olduğu devreyi açar ya da kapatır başka bir deyişle devreyi çalıştırır ya da durdurur. Şekil 3.27’ de, kullanılan kontak anahtarına ait görsel verilmiştir.



Şekil 3.27: Kontakt anahtarı

Sigorta, devreden geçen akım belli bir değerin üzerine çıktığı durumlarda, işletme açısından tehlikelidir. Elektrik devresini açan bir elemana ihtiyaç vardır. Elektrik sigortası, devreden geçen akımın belli bir değerin üzerine çıkmasını engelleyerek devre elemanlarının ve devreye bağılı alıcıların zarar görmesini, meydana gelebilecek kaza ve arızalara karşı koruma sağlayan elemanlardır. Sigortalar devreye seri bağlanarak fazla akımın geçmesini engeller. Sigorta üzerinde belirtilen amper değerinden fazla akım geçmesi durumunda devreyi açar. Sigortalar, çeşitli akım değerlerine sahiptir. Sigorta üzerinde yazılı bu değerler devre akımını değerleridir. Sigorta amperleri aşılana amper değerinden fazlasının geçmesi halinde sigorta devreyi açarak akım geçişini engeller. Bu sayede devre elemanlarının ve devreye bağılı alıcıların zarar görmesini engelleyerek meydana gelebilecek kaza ve arızalara karşı koruma sağlamış olur. Şekil 3.28’ de, 3/1 fazlı sigorta görülmektedir.



Şekil 3.28: Sigorta

3.2.6. Soğutma Devresi

Tez kapsamında imalatı gerçekleştirilen Router makinesinin birçok yeri yüksek ısıya maruz kalmaktadır. Bu ısı, özellikle kontrol paneli içerisinde yer alan sürücü ve transformatörlerde oluşmaktadır. Isı kaynaklı problemleri önlemek amacıyla 12V Fan sistemi kullanılmıştır. Fanlar, basınç farkı meydana getirerek havanın akışını sağlayan cihazlardır. Soğuk ya da sıcak havayı dengeli bir şekilde savurur ve ısı ortamda uzaklaştırılmış olur. Şekil 3.29' da tercih edilen fanlar görülmektedir.



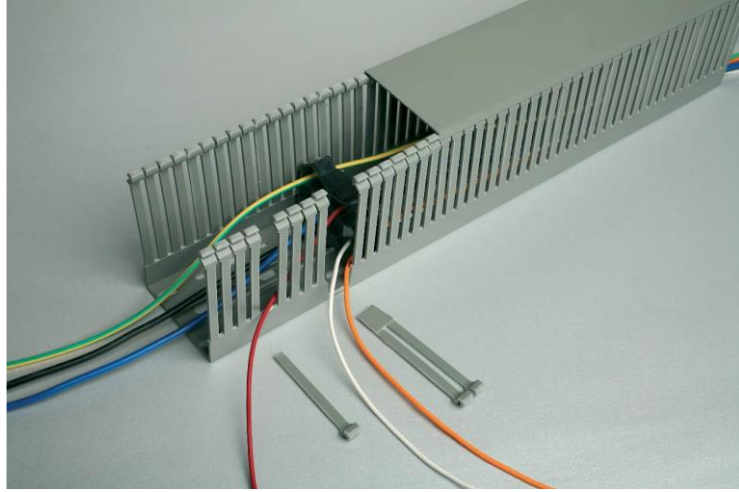
Şekil 3.29: Soğutucu Fan

3.2.7.Kontrol Panosu Yardımcı Elemanları

Kontrol panosu, motor sürücülerin, panelin ve güç grubunun bir arada bulunduğu tümleşik bir yapıdır. Bu sebeple, bağlantı klemensi, taşıyıcı raylar, kablo kanalları ve sürücü beslemeleri gibi çeşitli ara ve yardımcı elemanlar kullanılmaktadır.

Klemensler, birbirinden ayrı konumda bulunan iletken elemanların emniyetli bir şekilde birbirlerine bağlantısında kullanılan elemanlardır.

Kablo kanalı, pano içinde kullanılan kabloların düzgün bir şekilde muhafaza edilmesine ve pano içinde takip edilebilmesini sağlar. Kanalın kenarları aralıklı yarıklar bırakılarak imal edilir. Bunun nedeni kabloları havalandırarak oluşabilecek ısınmaları önlemek ve kablo geçişlerinin kolay olmasını sağlamaktır. Şekil 3.30' da kullanılan kablo kanalı görülmektedir.



Şekil 3.30: Kablo kanalı

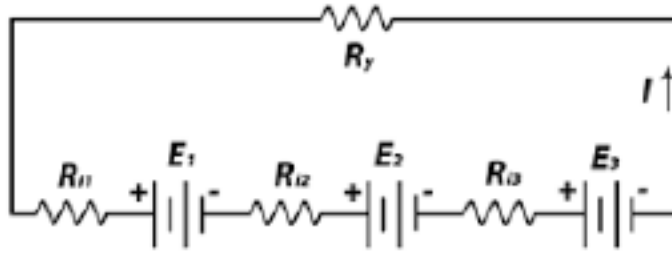
Taşıyıcı raylar; üzerine klemens, kontaktör, sigorta vb. gibi elektrik malzemelerini yerleştirdiğimiz elemanlara denir. Eski panolarda elektrik malzemeleri tablalara vidalar vasıtasıyla yerleştirilebilmektedir. Bu olay çok zaman alır ve arıza esnasında elemana müdahaleyi güçleştirirdi. Rayların günümüzde yaygınlaşmasının en büyük sebebi, elektrik malzemelerini panoya çok basit bir şekilde monte etme olanağı vermesidir. Ayrıca arızalanan elemanı raylı sistemde rahatlıkla yenisi ile değiştirilebilmektedir. Şekil 3.31’ de panel rayına ait temsili görsel verilmiştir.



Şekil 3.31: Taşıyıcı panel rayı temsili görseli

Motorlardan maksimum verim alabilmek için, sürücülerin 48VDC gerilim ve minimum 22 A akım ile beslenmesi gerekmektedir. Bir adet 48V 22A’lik bir transformatörün yüksek maliyetli olması dolayısıyla 48V 30A güç kaynağının

kullanılması uygun görülmüştür. Elektrik devrelerinde seri bağlamada gerilim, paralel bağlamada akım değeri artmaktadır. Şekil 3.32’ de 36V için temsili devre şeması verilmiştir. Ohm kanunundan faydalanarak 4 adet 12V 30A’lik güç kaynağı seri bağlanmak suretiyle 48V 30A bir DC güç bloğu üretilmiş ve motorların beslemesinde kullanılmıştır. Şekil 3.33’ te hazırlanan güç bloğuna ait görsel yer almaktadır.



Şekil 3.32: Besleme trafosu devre şeması



Şekil 3.33: Sürücü besleme trafoları

Şekil 3.34’ te oluşturulan kontrol panosuna ait genel bir görünüm verilmiştir. Sol üst kısımda Spindle motor sürücüsü, ortada ana sigortalar ve sağda ise step motor

sürücüleri yer almaktadır. Sağ alt kısımda ise güç kaynakları bulunmaktadır. Tüm bu elemanlar raylar üzerine yerleştirilmiş olup bağlantı kabloları, kablo kanalları ile gizlenmiştir. Bununla birlikte sol alt (pano gövdesi) kısmında yer alan fan ile ilgili devre elemanları soğutulmaktadır.

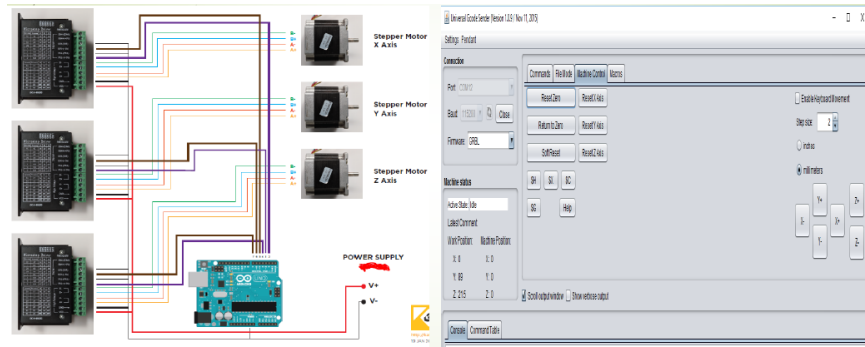
Panonun üst kapak kısmı ise menteşeli olup açılır-kapanır biçimde kullanılabilir. Bu sayede gerektiğinde müdahaleler sağlanabilmektedir.



Şekil 3.34: Kontrol panosu genel görünüm

3.2.8.Router Ana Kontrol Paneli

Proje kapsamındaki imal edilen Router makinesinde, “Arduino Uno Mikro Denetleyicisi” ile bilgisayardan “Universal Gcode Sender” programı kullanılarak kontrol edilebilmektedir. Şekil 3.35’ te Uno kontrollü bağlantı şeması ve GUI (Graphic User Interface/ Grafik Kullanıcı Arayüzü) görülmektedir.



Şekil 3.35: Uno altyapısı ve step motor bağlantı şeması

Kullanıcı bilgisayarı bulunmadığı şartlarda da sistemi çalıştırabilmek amacıyla “SMC4-4-16A16B” dört eksenli CNC kontrol paneli kullanılarak bu problem çözüme kavuşturulmuştur. Şekil 3.36 ve 3.37’ de kontrol paneline ait görseller verilmiştir.



Şekil 3.36: Kontrol paneli-1



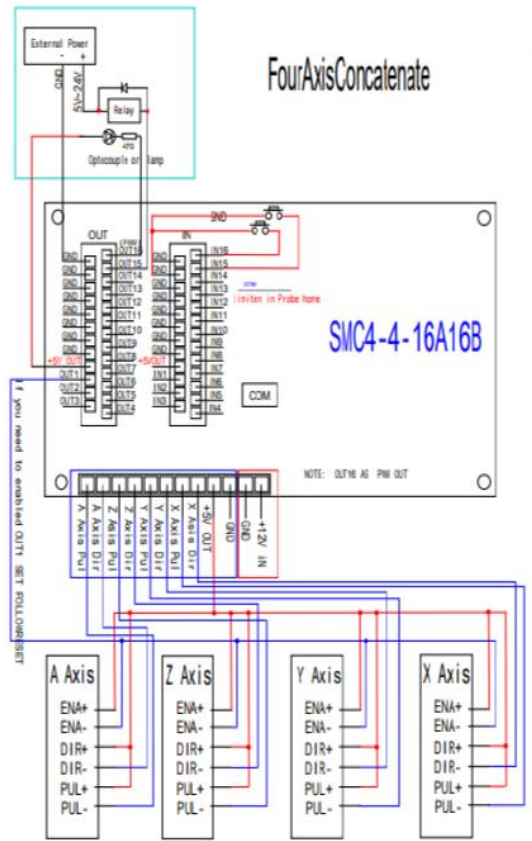
Şekil 3.37: Kontrol paneli-2

Projede kullanılan kontrol paneline (SMC4-4-16A-16B cihazı) ait teknik spesifikasyonlar aşağıdaki listede verilmiştir;

- Model No: SMC4-4-16A16B
- HZ: 50KHZ
- Eksenler: 4 Eksen, X Y Z A
- CPU: 32 bit ARM
- Memory: 2GB
- LCD: 320*240
- Ölçü: 165*101*50mm
- Dil: English
- Uygulamalar: CNC ROUTER, CNC freze tezgâhları
- Parametre seti: Makine için gereken parametre ayarlarını istenildiği gibi yapabilme

- El ile kontrol: Bilgisayara ihtiyaç duymadan makine kontrolü, virüs vb. bilgisayar problemlerinden uzaklaşmak
- Program yönetimi: Ünite üzerinden yeni program yazma, silme, değiştirme, okuma, kayıt, otomatik ilerleme, devam et, durdur ve diğer fonksiyonlar.

Şekil 3.38' de, SMC4-4-16A-16B 4dört eksen CNC kontrol panelinin bağlantı şeması görülmektedir.



Şekil 3.38: 4 eksen CNC Router kontrol paneli bağlantı şeması

3.3. İmalat

İmalat süreci, tasarım neticesinde oluşturulan sanal bir ürünün somut hale getirilmesini ifade etmektedir. Mühendislik yaklaşımı gereği, tasarım ile birlikte üretim planlaması da oldukça önemlidir. Devamında ise teknik veriler hazırlanarak üretim metotları belirlenir ve imalat usulleri ile ürün ortaya çıkarılır. 3.3 alt başlığında genel olarak incelenen kısımlar;

- Süreç planlaması
- Verilerin oluşturulması
- Üretim

şeklinde özetlenebilir.

3.3.1.İmalat Sürecinin Planlanması

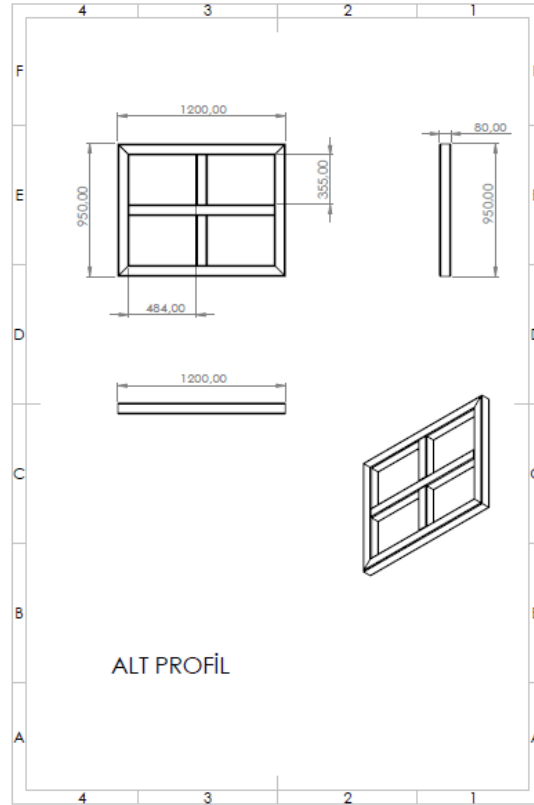
İmalat süreci temelde 5 adımda planlanabilmekte olup aşağıdaki listede 5 safha şeklinde verilmiştir (Mekanik Lab., 2022);

- Proses adımı: Makinelerin cinsi, otomasyon düzeyi ve yerleştirme düzeni
- Kapasite adımı: Üretim sisteminin hacmi, iş gücü miktarı, çalışma düzeni, yedek kapasite bulundurma
- Stok adımı: Stok düzeyi ile elde bulundurma, sipariş maliyetleri arasında uygun değer dengenin oluşturulması ve stok kayıt sistemlerinin etkinliği
- İş gücü adımı: Mevcut iş gücünün verimli kullanılması; buna göre iş basitleştirme, iş ölçümü ve eğitim
- Kalite adımı: Üretim yönetiminin direkt sorumluluğu altında olmasa da muayene noktalarının tespiti ve ölçüm sonuçlarının yorumlanarak doğru kararlar alınması.

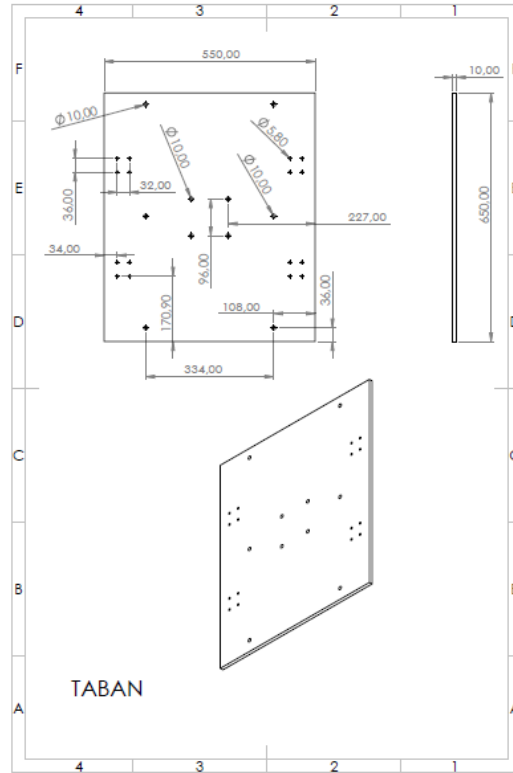
Üretim için öncelikle tamamlanan tasarımların teknik resimleri oluşturulur. Akabinde hazır olarak alımı yapılacak olan parçaların tedariki sağlanır. Malzeme seçimleri tekrar değerlendirilerek nihai şartlar belirlenir. Maliyet ve kapasite durumuna göre imalat yöntemleri belirlenerek üretim süreci başlatılır.

3.3.2. Teknik Verilerin Hazırlanması

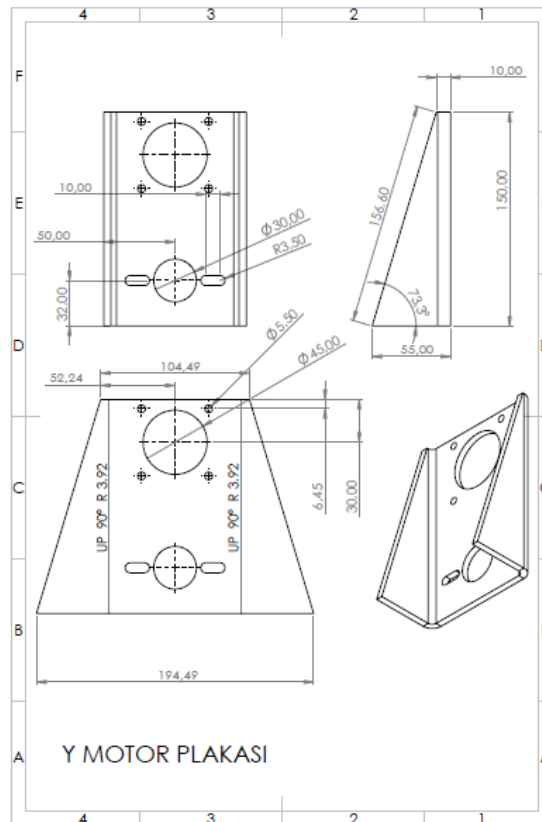
Üretim için genellikle teknik resimler kullanılmaktadır. Router makinesi için hazırlanan tasarımlara ait teknik resimlerin bir bölümü 3.3.2 alt başlığı altında verilmiştir. Sisteme ait diğer teknik resimler için EK-A da incelenebilir. Şekil 3.39' da alt profil, Şekil 3.40' ta tabana ve Şekil 3.41' de ise Y motor plakası tasarımlarına ait teknik resimler verilmiştir.



Şekil 3.39: Alt profile ait teknik resim



Şekil 3.40: Taban plakasına ait teknik resim



Şekil 3.41: Y motor plakasına ait teknik resim

3.3.3.Talaşlı İmalat

Lazerli kesimin uygulanamayacağı parçaların, talaşlı imalat usulüne göre üretilmesi gerekmektedir. Vidalı mil bu şekilde üretilmesi gereken bir parça olup 3 boyutlu tasarımı Şekil 3.42’ de görülmektedir. Parça, CNC Torna tezgâhında işlenmiş olup ilgili G kodları Şekil 3.43’ te verilmiştir.



Şekil 3.42: Vidalı mil 3 boyutlu tasarımı

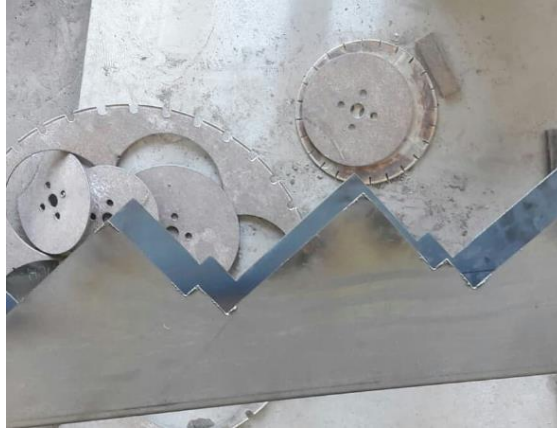
```
T0303 (KABASILEM BOY 679.9mm Dip Cap 21)
G40
M41
G0 X400
G0 Z2
G92 S450
G96 S90 M4
G0 X60
G42 G0 X35 Z2
M08
G0 X25 (S450)
G01 Z-679.9 F0.25 (6.04 Dk)
G0 X26
G0 Z2
G0 X21.5 (S450)
G01 Z-679.9 F0.25 (6.04 Dk)
G0 X22.5
G0 Z2
M09
M05
G40
G0 X400
G0 Z2
M42
T0101 (FINISHISLEM BOY 680mm Dip Cap 16)
G40
G0 X400
G0 Z2
G92 S450
G96 S90 M4
G42 G0 X30 Z2
M08
G0 X30
X22
G01 F0.3
Z0
X16 (2X45DERECE)
X20.5 Z-2.25
```

Şekil 3.43: Vidalı mil için CNC torna makinesi G kodları örneği

3.3.4.Talaşsız İmalat

Router makinesi, kutu profil, miller ve sac parçalardan meydana gelmekte olup sac- metal parçaların sayı bakımından fazla olduğu görülmektedir. Talaşsız imalatın en yaygın ve maliyet açısından en uygun yöntemi lazerli işlemedir. Şekil 3.44' te lazer ile kesilmiş örnek parçalar görülmektedir.

Torna ve işleme tezgâhlarından farklı olarak lazer kesme tezgâhları, işlenecek malzemeyi 0.5 mm'den küçük çaplı bir lazer ışık huzmesi ile eritir ve buharlaştırır. Sertliği veya yoğunluğu ne olursa olsun, tüm malzemeler çabuk ve pürüzsüz kesilmektedir. Maksimum işlenebilecek malzeme kalınlığı, lazer osilatörünün çıkış gücü ile belirlenmektedir. Şekil 3.45' te, CNC torna çalışma sistemine benzer şekilde lazer kesim makinesi için oluşturulan numune parça G kodları verilmiştir (Megep, 2011).



Şekil 3.44: Lazer kesim örnek parçalar (Darbazlar Metal, 2019)

```
G00 X-25 Y20
G91 X-10
G02 X10 Y-10 I10 J0 F200 M3
G02 X-10 Y10 I0 J10;
G90 G00 M5 X0 Y0;
G00 X25 Y20
G91 X-10
G02 X10 Y-10 I10 J0 F200M3
G02 X-10 Y10 I0 J10;
G90 G00 M5 X0 Y0;
G00 X40 Y0
G02 X-40 Y0 I-40 J0 F200 M3
G90 G00 M5 X-55 Y0;
G02 X0 Y-55 I55 J0 F200 M3
```

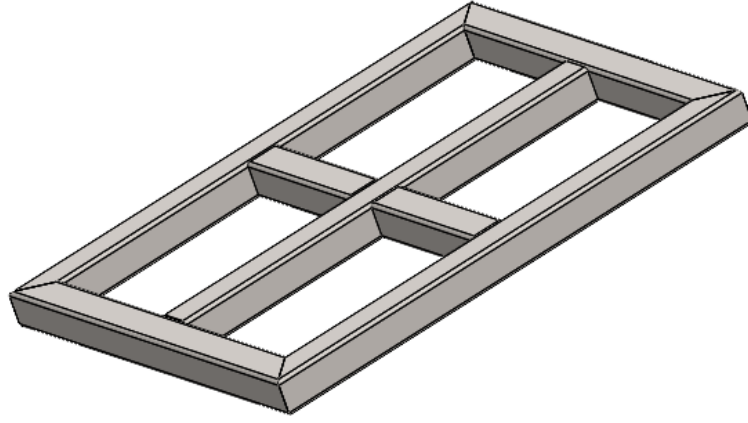
Şekil 3.45: Lazer kesim G kodları

3.4. Montaj

Proje kapsamında, tasarım ve imalat süreçlerinin tamamlanmasının ardından üretilen parçaların montaj safhasına geçilmiştir.

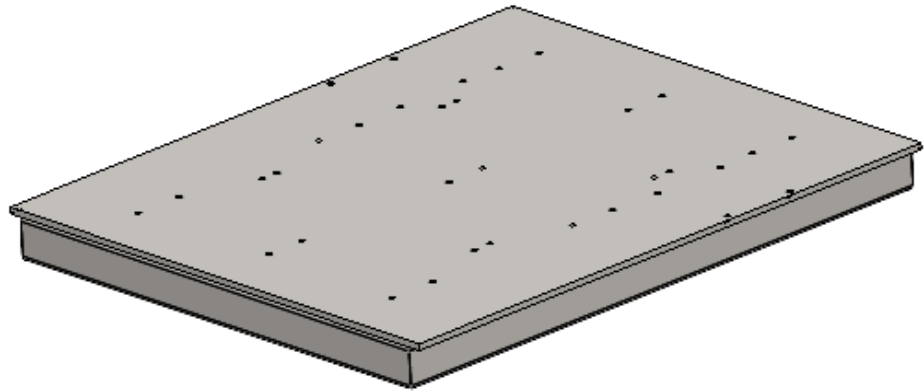
Montaj için öncelikle bilgisayar ortamında hazırlanan katı modellerin birleştirilmesi incelenmiş olup, devamında imal edilen parçaların gerçek ortam birleştirme süreçleri başlatılmıştır.

1. Alt profiller kaynak ile birleştirilerek ana iskelet taşıyıcı oluşturulur. Şekil 3.46' da imalatı yapılan iskelet taşıyıcı gösterilmiştir.



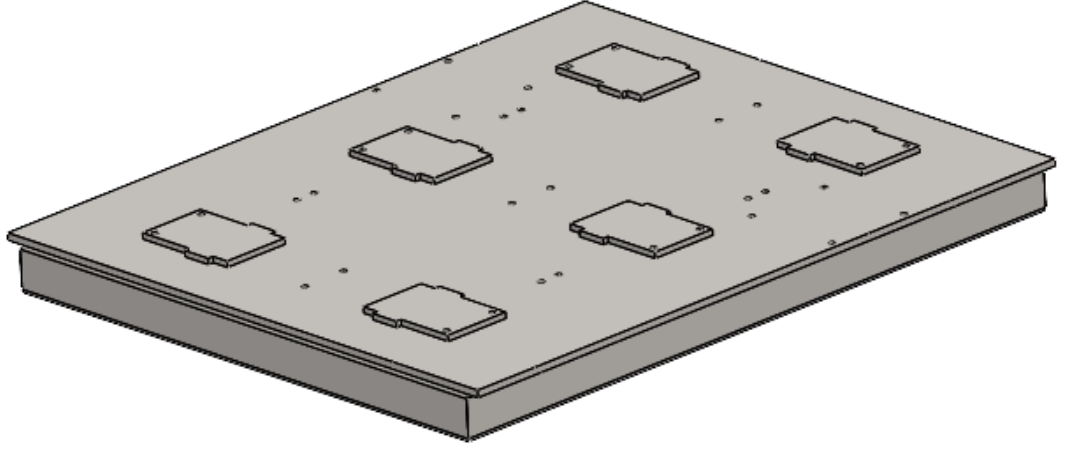
Şekil 3.46: Alt profil montajı

2. Alt profil ile ana tabla kaynak ile birbirine bağlanır. Şekil 3.47' de, kaynaklanmış alt profil ve ana tabla gösterilmiştir.



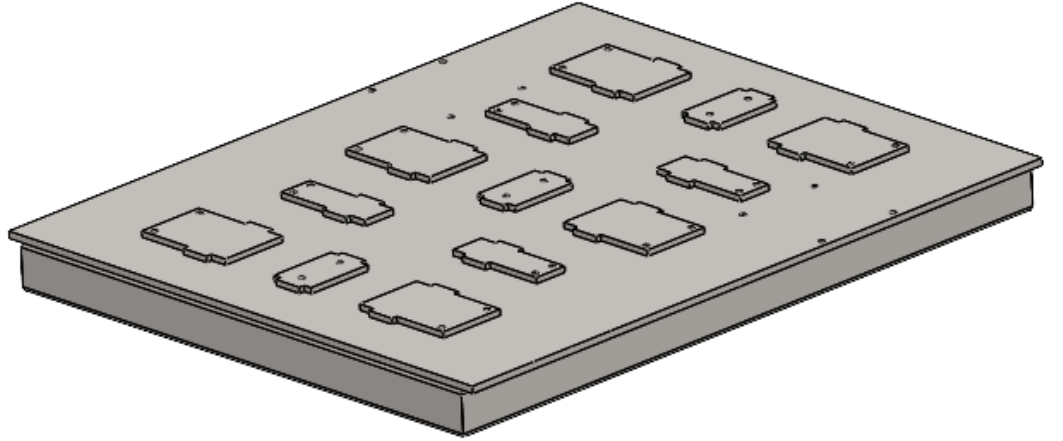
Şekil 3.47: Ana tabla montajı

3. Ana tabla üzerine, X eksenli elemanlarına ait dış tabanlar cıvata ile bağlanır.
Şekil 3.48’ de dış tabanlar gösterilmiştir.



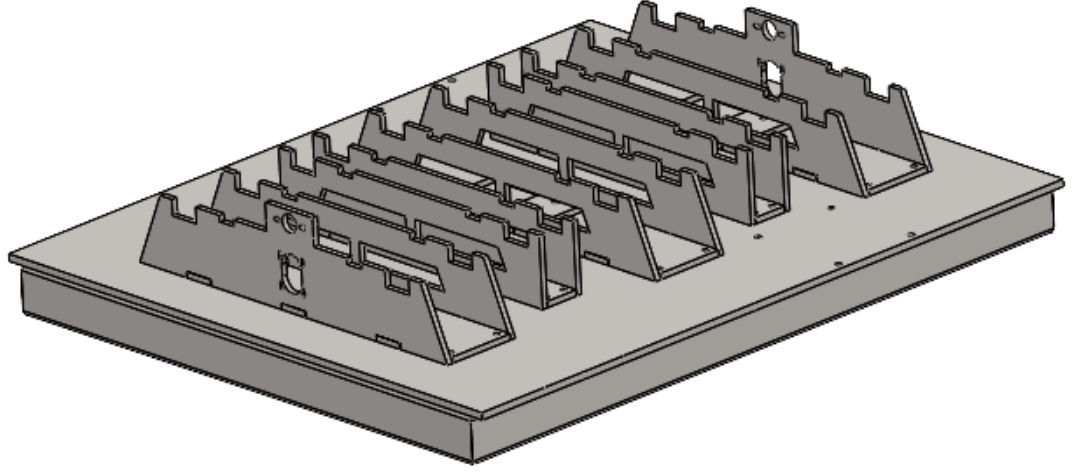
Şekil 3.48: X dış taban plakalarının montajı

4. Ana tabla üzerine, X eksenli elemanlarına ait iç tabanlar cıvata ile bağlanır.
Şekil 3.49’ da iç tabanlar gösterilmiştir.



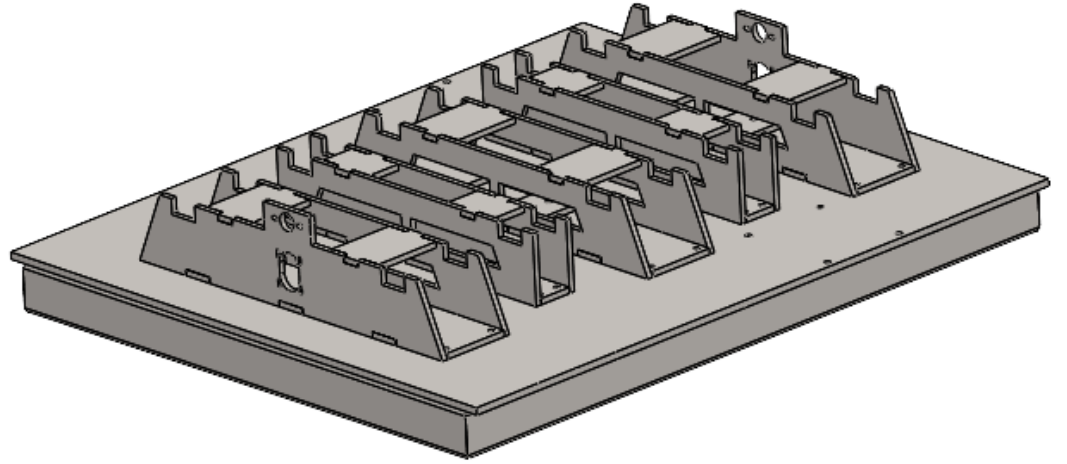
Şekil 3.49: X iç taban plakalarının montajı

5. Şekil 3.50’ de gösterildiği gibi, X eksenli elemanlarına ait ön ve arka plakalar kaynak ile ana tablaya bağlanır.



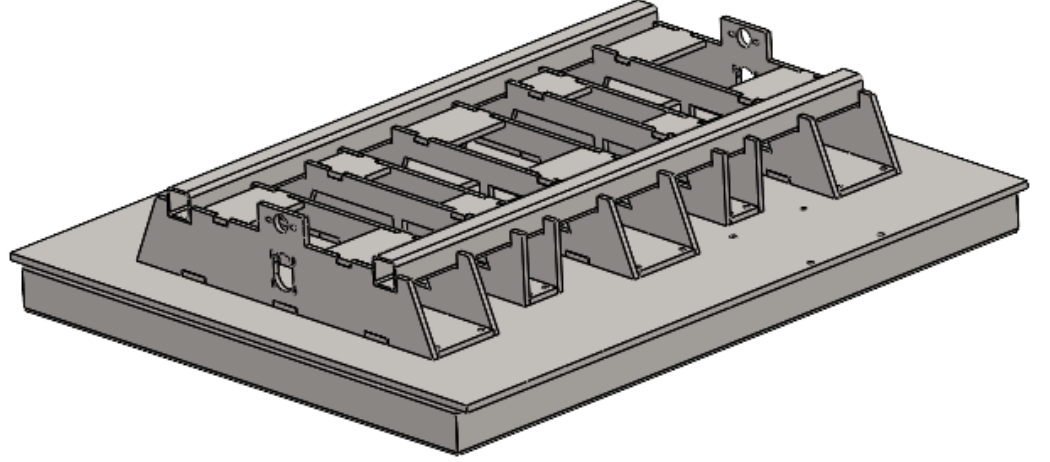
Şekil 3.50: X ön ve arka plakalarının montajı

6. Şekil 3.51’ de gösterildiği gibi, X eksenli elemanlarına ait üst dış plakalar kaynak ile X plakalarına bağlanır.



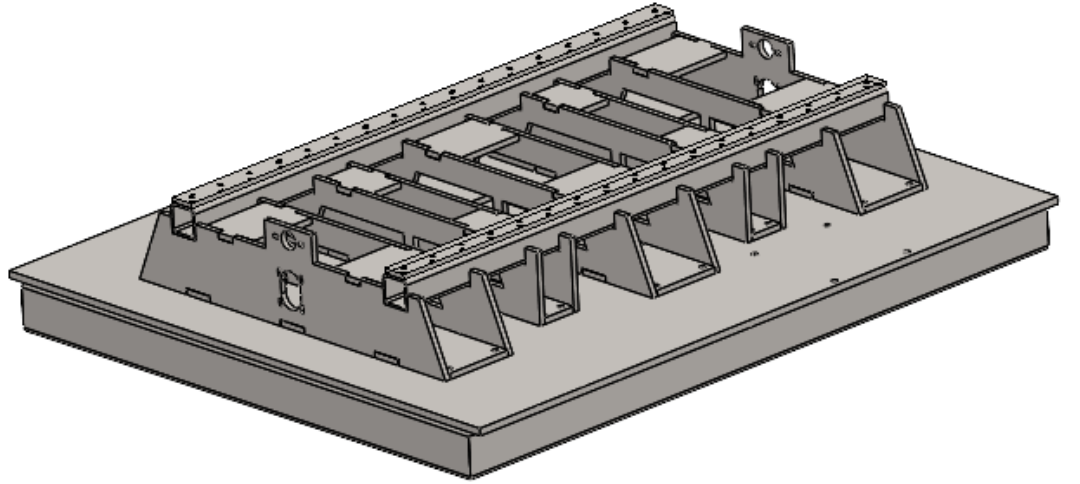
Şekil 3.51: X üst dış plakalarının montajı

7. Şekil 3.52’ de gösterildiği gibi, X eksenli kızakların yerleştirileceği gövde olan 50x50 mm boyutlarındaki kutu profil, plakalar üzerine oturtularak kaynak ile birleştirilir.



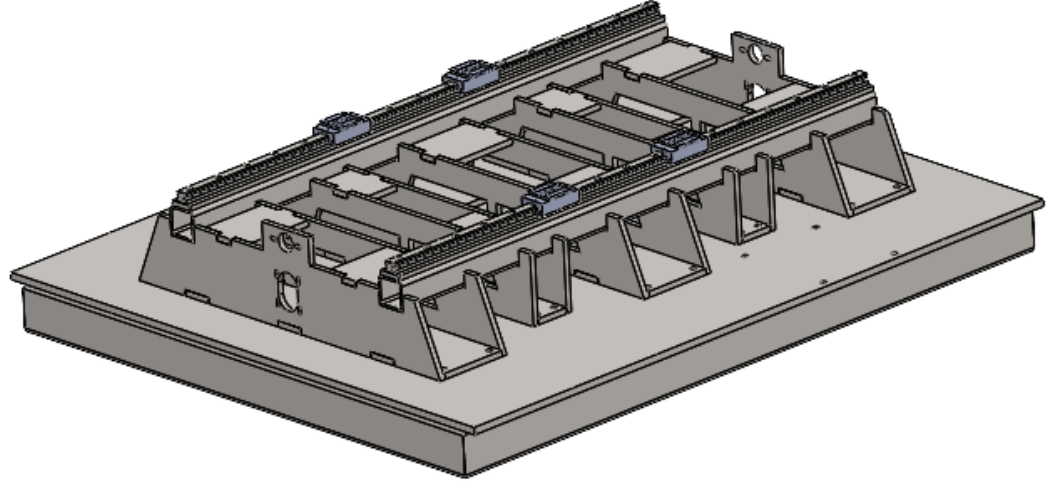
Şekil 3.52: X eksenli kızak oturma gövdesinin montajı

8. Şekil 3.53’ te gösterildiği gibi, X eksenli kızak plakaları, cıvata ile kutu profillerinin üzerine yerleştirilir.



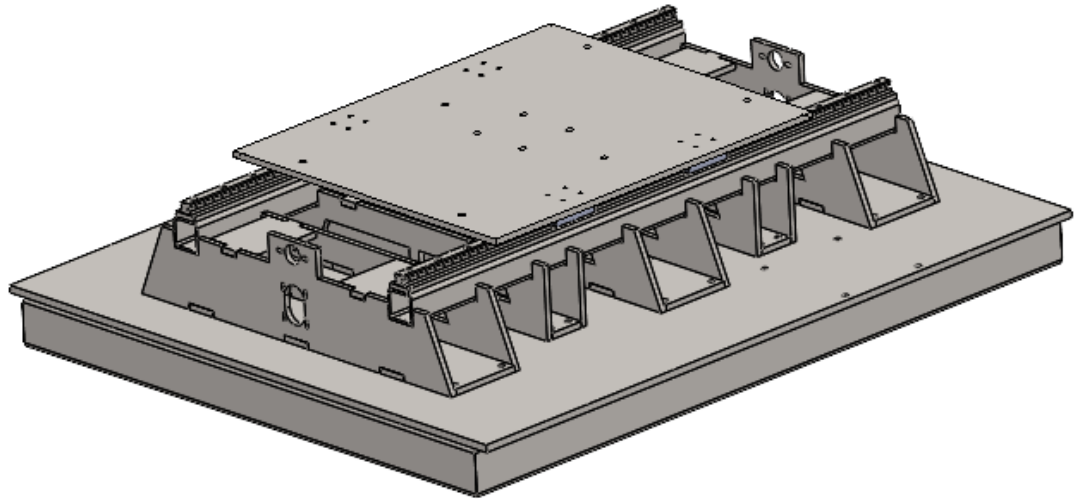
Şekil 3.53: X eksenli kızak plakasının montajı

9. Şekil 3.54’ te gösterildiği gibi, X eksenli kızakları ve arabaları, cıvata ile kutu profillerin üzerine yerleştirilir. Arabaların hareketleri kontrol edilerek olası sorunlar tespit edilerek önlem alınır.



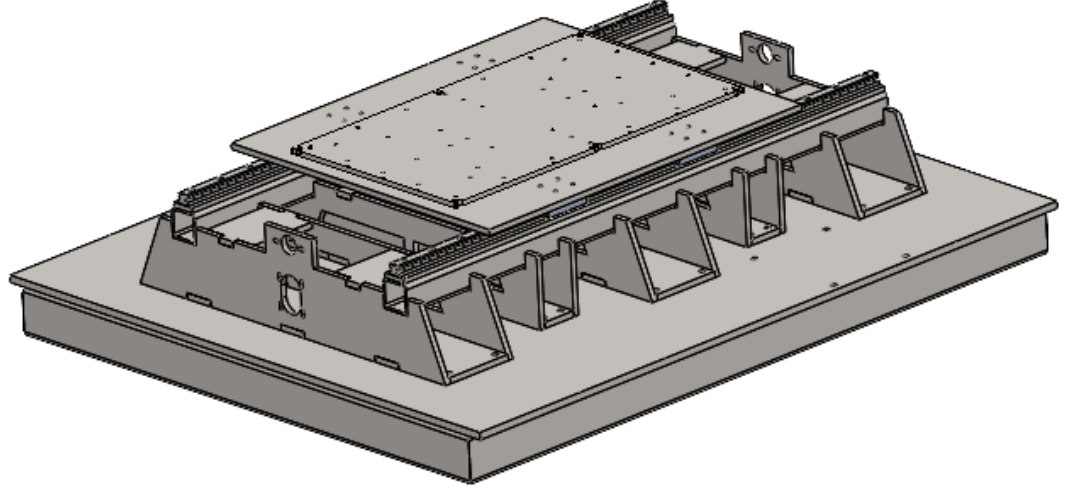
Şekil 3.54: X eksenli kızakları ve arabalarının montajı

10. Şekil 3.55’ te gösterildiği gibi, X eksenli tabanı, cıvata ile eksen arabalarına bağlanır.



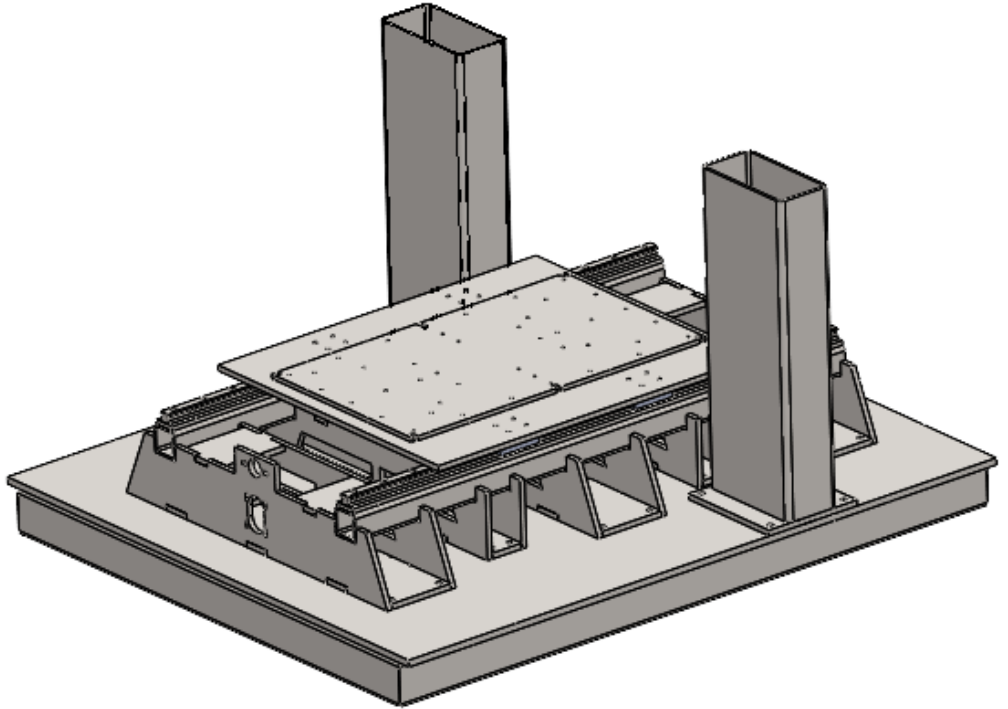
Şekil 3.55: X eksenli tabanın montajı

11. Şekil 3.56' da gösterildiği gibi, Mengene tablası, X eksenli tabanına cıvata ile bağlanır.



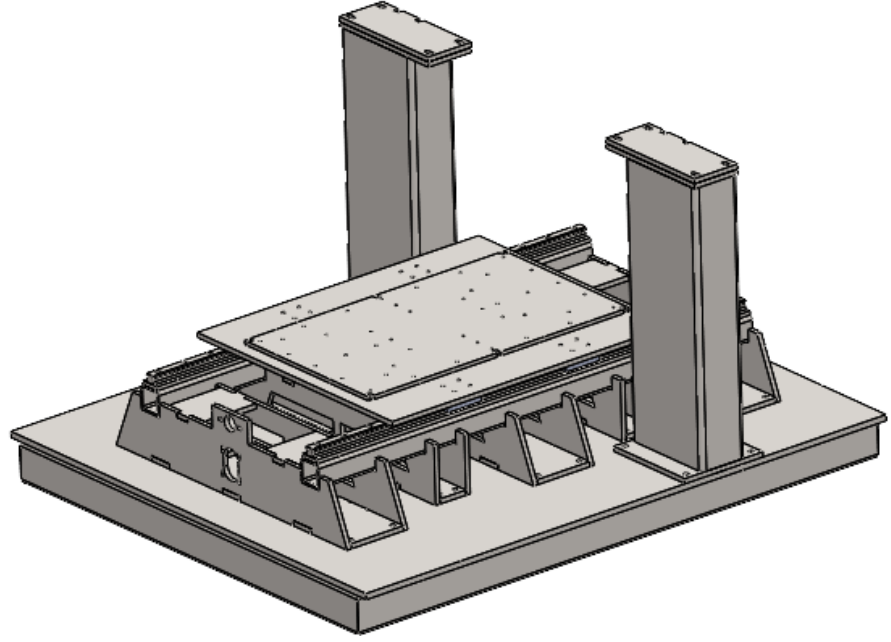
Şekil 3.56: Mengene tablası montajı

12. Şekil 3.57' de gösterildiği gibi, Profil alt plakası ile 100x200 mm boyutlarındaki kutu profiller alın kaynağı ile birleştirilir. Ardından cıvata yardımıyla profiller ana tablaya cıvata ile montajlanır.



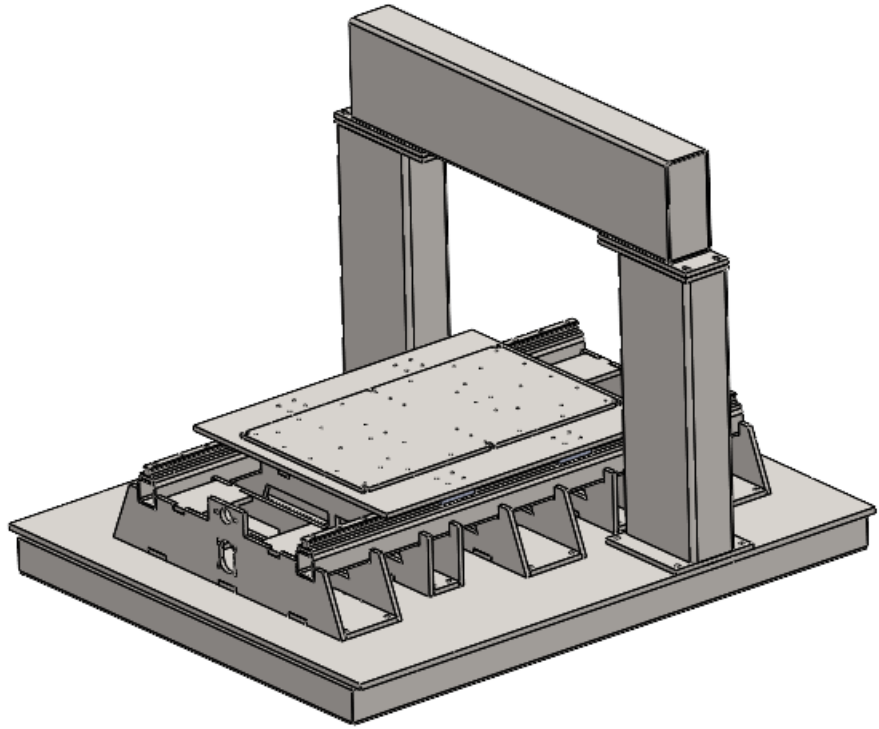
Şekil 3.57: Ana direk montajı

13. Şekil 3.58’ de gösterildiği gibi, Köprü plakaları, ana direklere kaynaklanır.



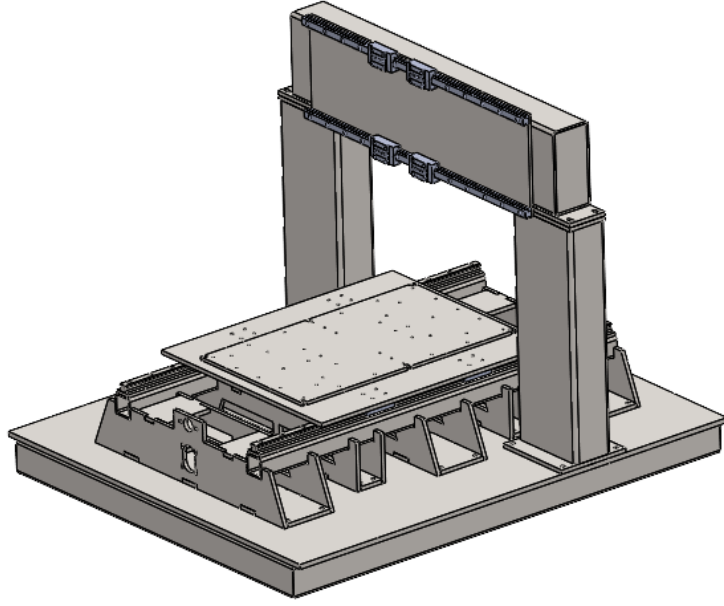
Şekil 3.58: Köprü plakası montajı

14. Şekil 3.59’ da gösterildiği gibi, Köprü profili, plakalara kaynaklanır.



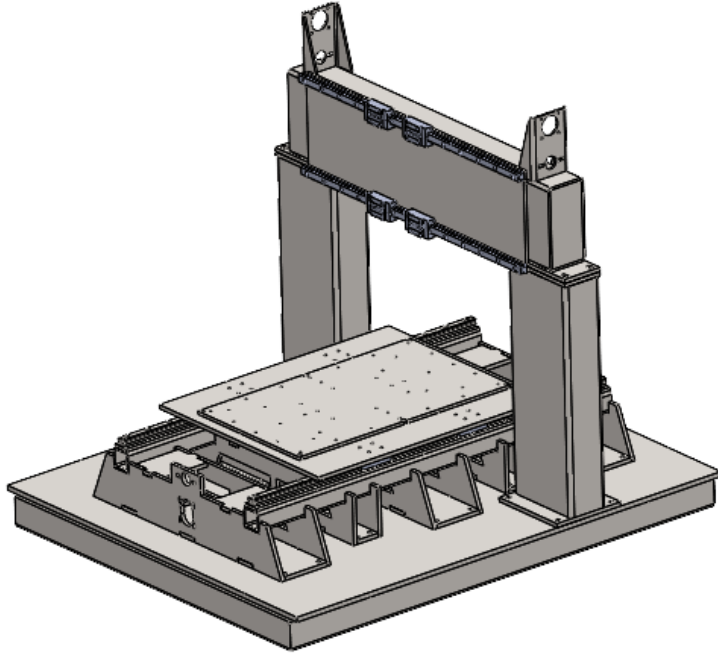
Şekil 3.59: Köprü profili montajı

15. Şekil 3.60' ta gösterildiği gibi, Y eksenli plaka, kızak ve arabaları cıvata yardımıyla köprü profiline birleştirilir.



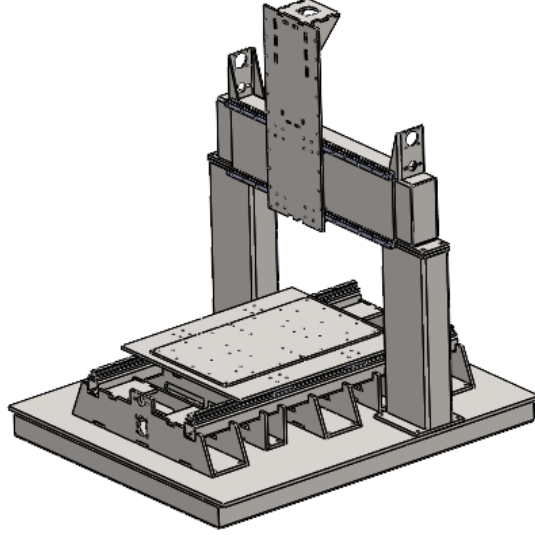
Şekil 3.60: Y eksenli plaka, kızak ve araba montajı

16. Şekil 3.61' de gösterildiği gibi, Y motor plakaları, köprü profili üzerine kaynaklanır.



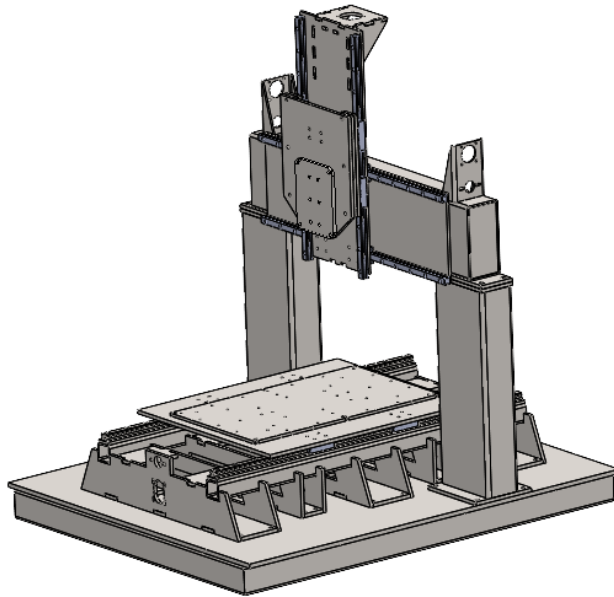
Şekil 3.61: Y motor plakası montajı

17. Şekil 3.62’ de gösterildiği gibi, Z motor plakası, Y eksen arabalarına civata ile montajlanır. Bununla birlikte step motor oturma bölgeleri uygun yuvalara oturtularak kaynaklanır.



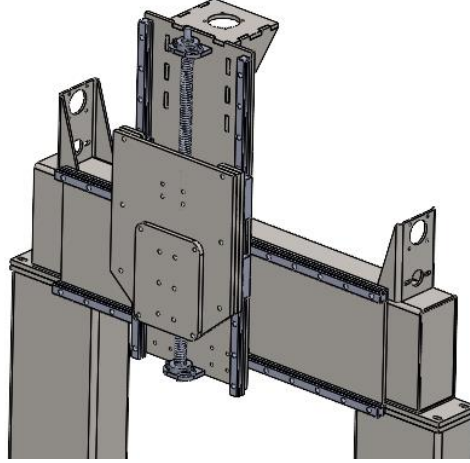
Şekil 3.62: Z motor plakası ve bayraklarının montajı

18. Şekil 3.63’ te gösterildiği gibi, Z eksen kızakları, plaka üzerine civata ile yerleştirilir. Ardından eksen arabaları ve Spindle motor plakaları da eksen arabaları ile montajlanır.



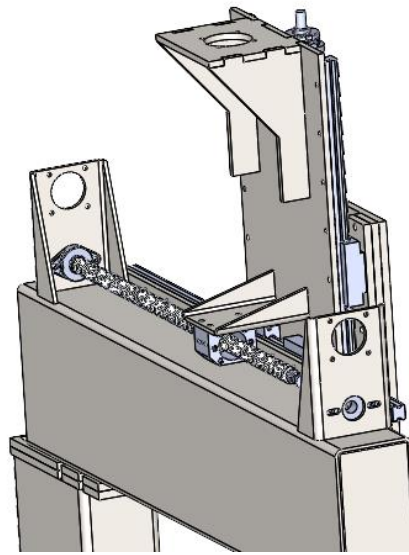
Şekil 3.63: Z eksen plaka ve arabalarını montajı

19. Şekil 3.64' te gösterildiği gibi, Z eksen hareketlerini sağlamak için vidalı somun, Z plakasına civata ile yerleştirilir. Rulman yataklar, tutucular üzerine konumlandırılır. Bunların ardından vidalı mil, somun içerisinden geçirilerek Z eksen mekanik tertibatı tamamlanmış olur.



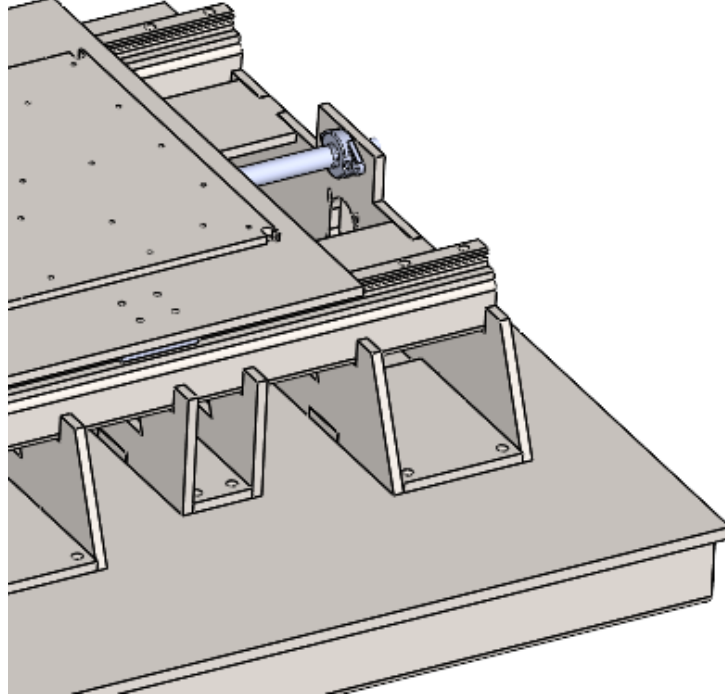
Şekil 3.64: Z eksen vidalı mil- somun ve rulman yatak montajı

20. Şekil 3.65' te gösterildiği gibi, Y eksen hareketlerini sağlamak için Y somun plakası, Y plakasına kaynaklanır. Rulman yataklar, tutucular üzerine konumlandırılır. Bunların ardından vidalı mil, somun içerisinden geçirilir ve rulman yataklar üzerine yerleştirilir. Nihayetinde de Z eksen mekanik tertibatı tamamlanmış olur.



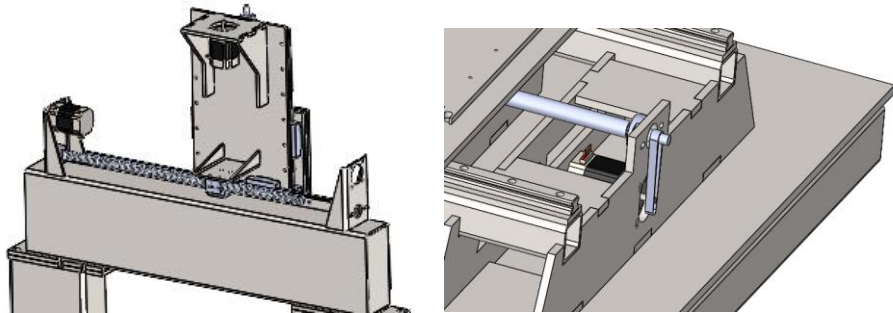
Şekil 3.65: Y eksen vidalı mil- somun ve rulman yatak montajı

21. Şekil 3.66' da gösterildiği gibi, X eksen hareketlerini sağlamak için Rulman yataklar, dış plakalar üzerine konumlandırılır. Bunların ardından vidalı mil, somun içerisinden geçirilir ve rulman yataklar üzerine yerleştirilir. Böylece X eksen mekanik tertibatı tamamlanmış olur.



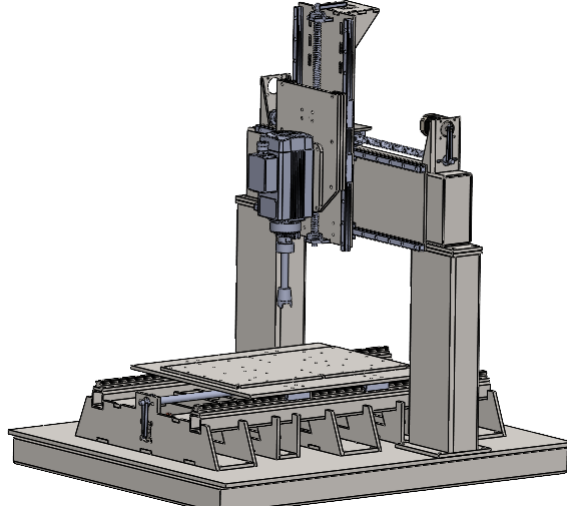
Şekil 3.66: X eksenli vidalı mil- somun ve rulman yatak montajı

22. Şekil 3.67' de gösterildiği gibi, X, Y ve Z step motorları, yuvalarına cıvata ile sabitlenir ve trigger kayışı yardımıyla vidalı millere bağlanır.



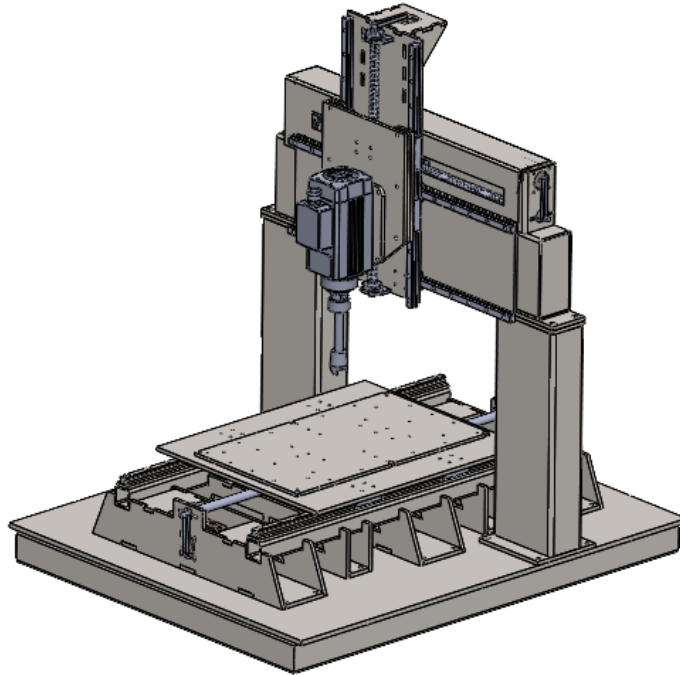
Şekil 3.67: X, Y ve Z eksenli step motorları montajı

23. Şekil 3.68’ de gösterildiği gibi, Spindle motoru, motor tablası üzerine civata ile sabitlenir.

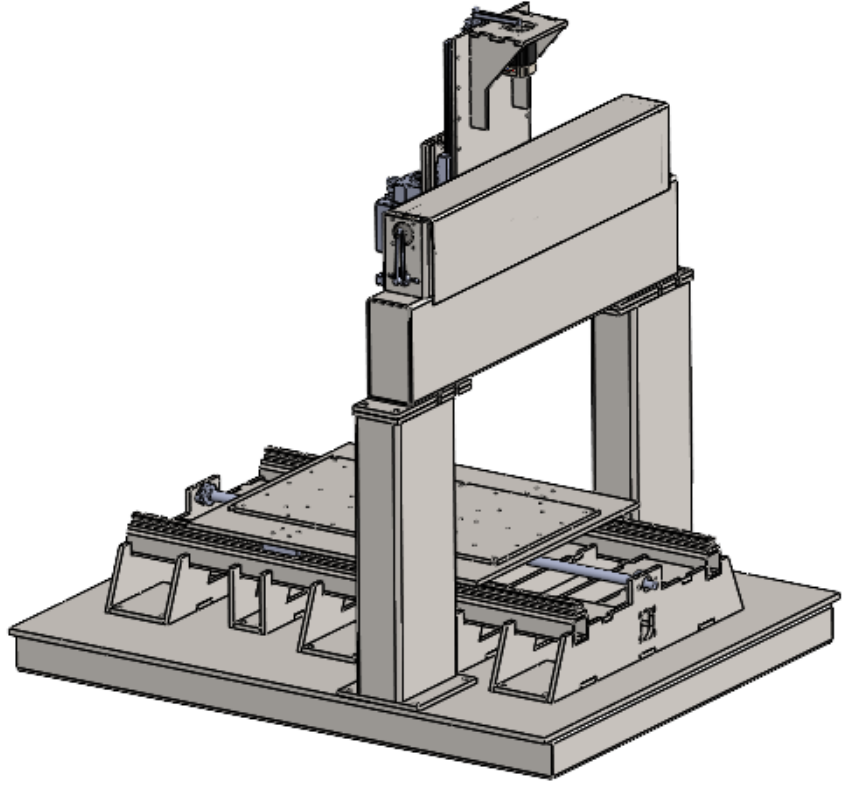


Şekil 3.68: Spindle motoru montajı

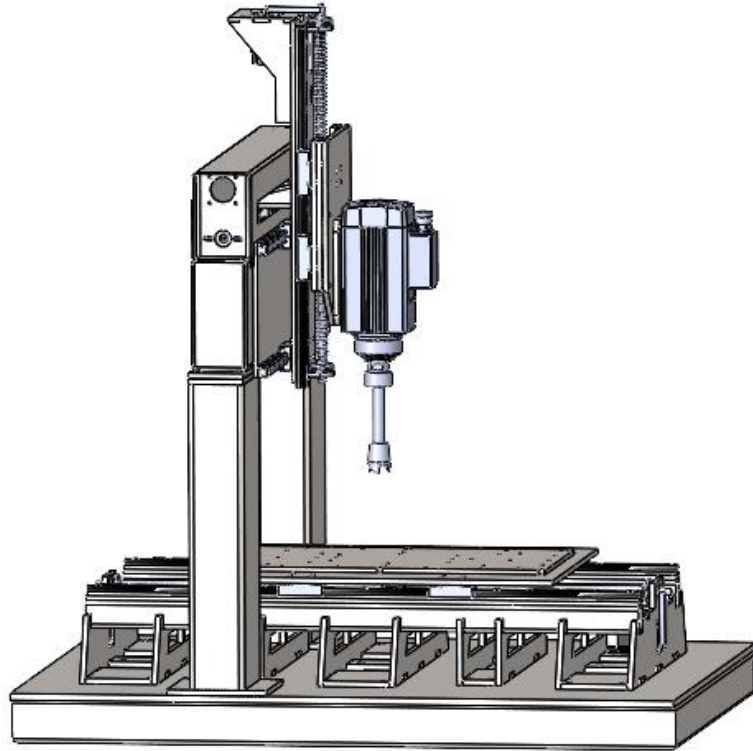
24. Şekil 3.69, 3.70 ve 3.71’ de gösterildiği gibi, Y ekseni tertibatını korumak için 2 mm sacdan kıvrırma yöntemiyle üretilen koruma kapağı, civata yardımıyla yerine yerleştirilerek montaj safhası tamamlanır.



Şekil 3.69: Spindle motoru montaj simülasyonu-1



Şekil 3.70: Spindle motoru montaj simülasyonu-2



Şekil 3.71: Spindle motoru montaj simülasyonu-3

Montaj işlemleri için, bilgisayar simülasyonu gerçekleştirilmesi, zaman kazancı sağlarken olası montaj hatalarının da önüne geçilmesine katkı sunmaktadır. Toplam 24 safhada gerçekleştirilen son montaja ait görseller Şekil 3.72- 3.79 aralığında görülmektedir.



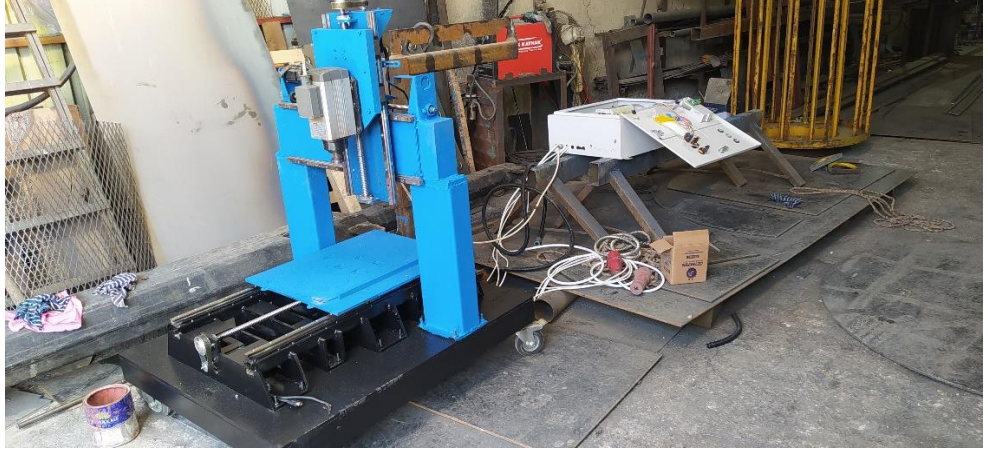
Şekil 3.72: CNC Router Mekanik Kısım Son Montajı-1



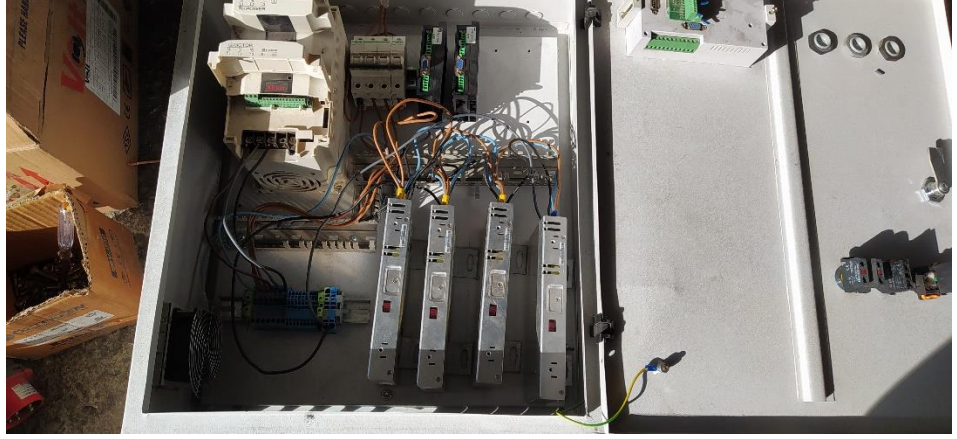
Şekil 3.73: CNC Router Mekanik Kısım Son Montajı-2



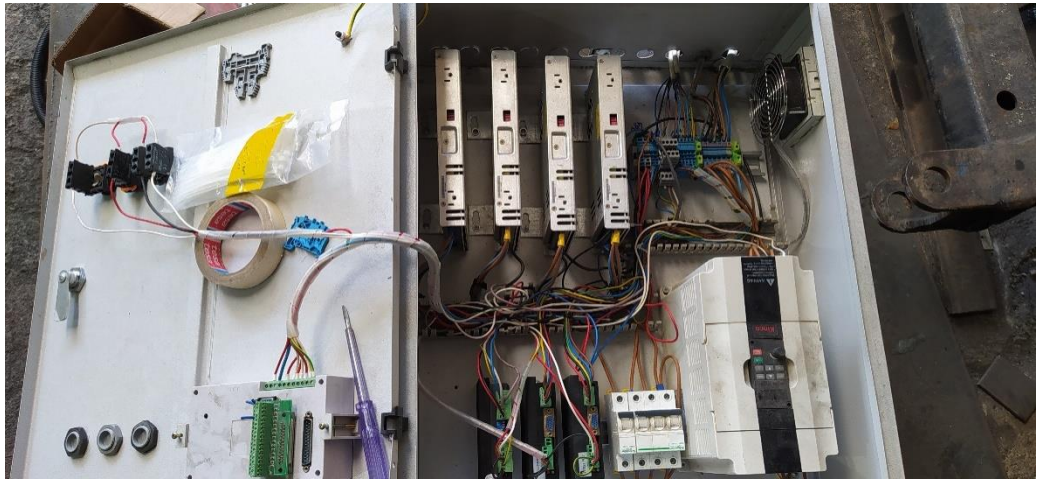
Şekil 3.74: CNC Router Mekanik Kısım Son Montajı-3



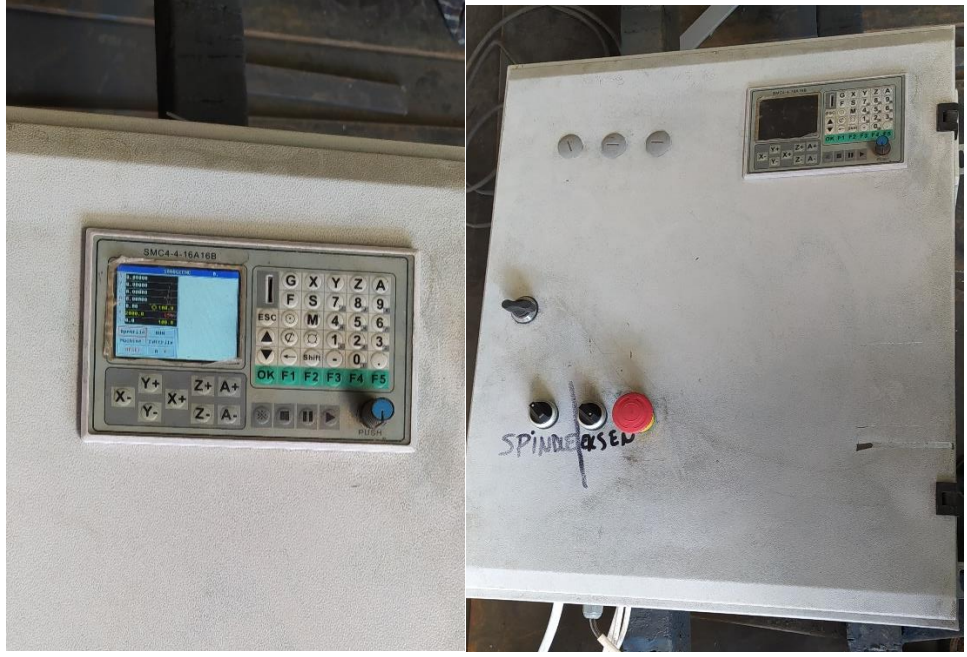
Şekil 3.75: CNC Router Mekanik Kısım Son Montajı-4



Şekil 3.76: CNC Router Elektrik-Elektronik Kısım Son Montajı-1



Şekil 3.77: CNC Router Elektrik-Elektronik Kısım Son Montajı-2



Şekil 3.78: CNC Router Elektrik-Elektronik Kısım Son Montajı-3



Şekil 3.79: CNC Router TümSistem Montajı

4. BULGULAR

4.1. CNC Router Çalışma Testi

Tasarımı ve üretimi tamamlanan Router makinesi, elektrik-elektronik bağlantılarının kontrollerinin ardından genel bir değerlendirmeye alınmıştır. Değerlendirme neticesinde, mekanik- elektronik herhangi bir engelin olmadığı görülmüş ve ilk çalıştırma için onay verilmiştir.

Test esnasında sırasıyla X, Y ve Z eksenleri manuel kodlar ile olarak tahrik edilmiş olup kızıklarda ve step motorlarda herhangi bir sorunun olmadığı görülmüştür.

Spindle motorunun testi için, tablaya bir adet ahşap kütük bağlanmış olup, motorun tork ve ısınma kontrolü yapılmıştır. Test süresince motorun gövde kısmındaki maksimum sıcaklığın 60⁰C olduğu görülmüştür. Şekil 3.80' de yapılan deneme çalışmasına ait görsel verilmiştir.

Makinenin çalışması esansında herhangi bir kaçak akım tespit edilmemiştir. Güç kaynağı 48VDC 30A olarak seçilmiş olup, operasyon esnasında 30A akımının üzerine çıkmadığı görülmüştür. Spindle motor sürücüsü devri frekans kontrollü olarak ayarlandığı için malzemeye göre devir sayısı belirlenmiştir.



Şekil 3.80: CNC Router deneme çalışması

4.2. Numune Parçanın İşlenmesi

Tez çalışması kapsamında üretilen 3 eksen CNC Router; step motordan alınan tahrik ile doğrusal hareket mekanizmaları kullanılarak doğrusal hareketin elde edildiği ve kullanılan uç aksamının, bilgisayar programı ile istenilen konuma getirildiği bir sisteme sahiptir. Farklı uçlar kullanılarak çeşitli amaçlara hizmet edilebilir. Buradan hareketle, numune parçasının işlenmesinde, takım ucu olarak yüzey tarama çakısı tercih edilmiştir.

İşlenecek olan numune parçanın (saz teknesinin) tasarımı yapılmış ve G kodları oluşturulmuştur. Oluşturulan G kodları, kontrol paneline bu kodlar yüklenmiş ve makine X, Y ve Z olmak üzere 3 eksen boyunca birbirinden bağımsız hareket etme özelliğine sahip olduğundan bilgisayar ortamında hazırlanan şekil işlenecek ve saz teknesi oyma prosesini gerçekleştirmiştir. Spindle motor devri ise 1270 rpm olarak belirlenmiştir. Şekil 3.80' de numune parça için oluşturulan G kodlarının belirli bir kısmı verilmiştir. Şekil 3.81, 3.82, 3.83 ve 3.84' te numune parçanın işlenmesine ait görseller yer almaktadır.

```
01000 (50LİK)
N100 (COMPENSATION-WEAR)
N102 (REV-0.70)
N104 (MAY-01-2019-5:57:46PM)

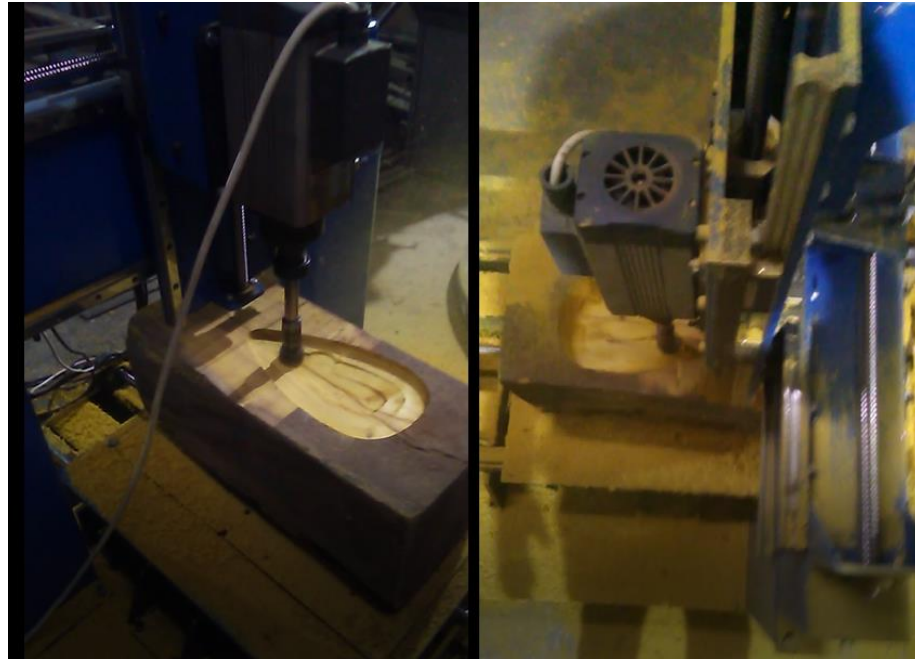
N106 (TOOL 1 - DIA 42.)

N1 G90 G17 G40 G80 G00
N108 M06 T1 ( )
N110 (50-1)
N112 G00 G54 G90 X-121.3557 Y-132.7876 S4000 M03
N114 G43 H1 Z10.
N116 Z16.
N118 Z13.0127
N120 G01 X-121.3642 Y-132.7223 Z12.5036 F1200.
N122 X-121.3892 Y-132.5307 Z12.0282
N124 X-121.429 Y-132.2254 Z11.6175
N126 X-121.4811 Y-131.8265 Z11.2987
N128 X-121.5419 Y-131.3603 Z11.0928
N130 X-121.6075 Y-130.8575 Z11.0134
N132 X-121.686 Y-130.255 Z10.9971
N134 X-121.9837 Y-128.5367 Z10.9505
N136 X-122.0207 Y-128.3701 Z10.9459 |
```

Şekil 3.81: Numune parçaya ait G kodları örneği



Şekil 3.82: Numune parçanın işlenmesi-1



Şekil 3.83: Numune parçanın işlenmesi-2



Şekil 3.84: Numune parçanın işlenmesi-3

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışması kapsamında, 1 adet CNC Router tasarımı ve üretimi gerçekleştirilmiştir. Proje ürününde, her sistemde olduğu gibi bir takım avantaj ve dezavantajlar bulunmaktadır. Bunları mekanik ve elektrik-elektronik alt sistemler olarak değerlendirmek mümkündür.

Mekanik değerlendirmeler ile elde edilen olumlu neticeler,

- Enkoderli step motor kullanılması ile adım kaçırma problemi ortadan kaldırılmıştır.
- Vidalı mil kullanılması, makine titreşimlerinin işlenecek parçaya iletimini sınırlandırmıştır.
- Kullanımı ve üretimi basit parçaların tercih edilmesi üretim ve operasyon maliyetlerini düşürmüştür.
- Hazır olarak kullanılmış makine parçalarının yaygın olanlardan seçilmesi ile bakım ve yedek parça tedariki noktasında etkili olmuştur.
- Sistemin açık bir şekilde tasarlanmış olması, genel havalandırma, soğutma ve temizlik çalışmalarını kolaylaştırmıştır.

Mekanik değerlendirmeler ile elde edilen olumsuz neticeler,

- Arabaların üzerinde hareket ettiği kızaklar açık bir şekilde bulunmaktadır. Parçaların işlenmesi esnasında ortaya çıkan talaşlar, kızak sisteminin yağlamasını engellemekte ve aşınmalara sebep olmuştur.
- 4 adet transformatör kullanılması, kontrol panosunda fazladan yer kaplamış olup hava sirkülasyonunu bir miktar engellemiştir.
- Spindle motoru faz kablosu için muhafaza bulunmadığı için çevresel etkilere karşı dayanıksız bir durum oluşmuştur.

Elektrik-elektronik değerlendirmeler ile elde edilen olumlu neticeler,

- CNC Router sistemi hem CNC kontrol paneli hem de Arduino –Uno altyapısına uygun olduğu için tercih noktasında kullanıcılara büyük kolaylık sağlamıştır.
- Kontrol panosunda hem motor sürücüler hem de kontrol panelinin olması, sistemin olası arızalara karşı müdahale edilmesi hususunda avantaj sağlamıştır.

Elektrik-elektronik değerlendirmeler ile elde edilen olumsuz neticeler,

- Kontrol sistemi olarak Arduino-Uno altyapısının seçildiği varyasyon için, elektronik parazitlerin oluşması, parça işleme hassasiyetini düşürmüştür.
- Çoklu güç bloğu kullanılması elektriksel dirençleri artırmış ve dolayısıyla güç tüketimini yükseltmiştir.
- Acil-stop butonları sadece kontrol paneli üzerine konumlandırılmıştır. İş-makine kazaları düşünöldüğü takdirde, makine gövdesi üzerinde de uygun bölgelerde butonların kullanılması gerekmektedir.

CNC Router makineleri yüksek devirlerde ve genellikle açık bir şekilde çalışmaktadır. İş ve makine güvenliği kuralları gereği tasarımda yapılacak iyileştirmeler ile öncelikle sac levhalar ile makinenin tamamen iç ve dış etkilere karşı muhafaza edilmesi, acil-stop butonlarının en az 4 farklı bölgede kullanılması önerilmektedir. Bununla birlikte kontrol panoları için daha efektif bir soğutma sistemi hem elektriksel dirençlerin düşürölmesini hem de cihaz güvenliği açısından önem arz etmektedir. Özellikle X eksenı kızaklarının, spindle motor seviyesinin üzerinde konumlandırılması ve kızakların dış etkilere karşı yalıtılması, yağlama sistemini koruyarak aşınmaları azaltma ve nihayetinde de makine ömrünü uzatma noktasında katkı sunacaktır.

6. KAYNAKLAR

Alan S., “CNC Eğitimi Seti Tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Sistemleri Eğitimi Ana Bilim Dalı, Konya, s. 30-72, (2006)

Apaydın H., “Adım Motorlarının Karakteristikleri ve Bilgisayar ile Konum Kontrolü Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı Elektrik Eğitimi Programı, İstanbul, s. 54-94, (2006)

Arıkan H., “Kahramanmaraş Ahşap Oyma Sanatı, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü El Sanatları Anabilim Dalı Dekoratif Ürünler Eğitimi, Ankara, s. 1-7, (2009)

Art Makine, “Ahşap CNC Router nedir [online]”, (10 Temmuz 2022), <https://www.artmakina.com/tr/blog/ahsap-cnc-router-nedir-cnc-router-ile-neler-yapilabilir>, (2019)

Bayram, Z., “İşlevsellik ve Esneklik Bağlamında Konut İç Mekân Tasarımında Mobilya Kullanımı”, Maltepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İç Mimarlık Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, (2011)

Bostan, O., “Design and Implementation of a CNC Router for Mold Production in Vartm Technique”, Dokuz Eylül University Graduate School Of Natural and Applied Sciences, İzmir, (2015)

Bozkurt T., “Üç Eksenli CNC Takım Tezgâh Tasarımı ve İmalatı”, Yüksek Lisans Tezi, Bozok Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yozgat, s. 16-89, (2019)

Büyükşahin U., “3 Eksenli CNC Tezgâh Tasarımı ve Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Konstrüksiyon Programı, İstanbul, s. 16-131, (2005)

Cevindik M., “Üç Eksenli CNC ile Mermer İşlemede Elektrik Enerji Tüketimine Etki Eden Parametreler”, Yüksek Lisans Tezi, Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı, Afyonkarahisar, s. 20-76, (2009)

Çakmak, A., “Bazı Ağaç Türü Odunlarının Bilgisayarlı Freze Makinesinde İşlenmesinde Optimal Parametrelerin Yapay Sinir Ağları İle Araştırılması”, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı-Doktora Tezi, (2021)

Darbazlar, “Metal Kesim [online]”, (10 Mart 2022)
<https://www.facebook.com/photo/?fbid=2372686726186992&set=pcb.2372686889520309>, (2019)

Dinçel M., “CNC Takım Tezgâhları”, Trakya Üniversitesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Böl. Diploma Çalışması Tekirdağ, 1999)

Engin, D., “Günümüz Mobilya Tasarımının Zaman İçinde Değişen İnsan Gereksinimleri Işığında İncelenmesi”, Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İç Mimarlık Anabilim Dalı, Doktora Tez, İstanbul, (2011)

Gevrek F., “Prototip Üç Eksenli CNC Freze Tezgâhı Tasarımı ve İmalatı”, Yüksek Lisans Tezi, Bozok Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Yozgat, s. 15-57, (2013)

Gülaçtı S., “Beş Eksenli Köprü Tipi CNC Mermer İşleme Makinesi Tasarımı ve İmalatı”, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta, s. 4-90, (2018)

Gündoğan, N., “Beş Eksenli Bilyalı Vidalı Mil Tahrikli Robot Kolunun Mach3 Kartıyla ve Visual Studio 2010 C# Programında Hazırlanan Arayüz Programı İle Kontrolü”, Adıyaman Üniversitesi, Besni Meslek Yüksekokulu, Adıyaman, JONS International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences, (2010)

Karabey Ö., “Prototip Üç Eksenli CNC Freze Tasarımı ve Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Sivas, s. 10-59, (2016)

Karabey, Ö., “Prototip 3 Eksenli CNC Freze Tasarımı ve Uygulaması”, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü- Yüksek Lisans Tezi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, (2016)

Karaçam S., “Adım Motor Kontrollü Hızlı CNC Freze Tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Kütahya, s. 16-51, (2009)

Kavala Şen D., “Beş Eksenli CNC Tezgâh Tasarımı ve Kontrolü”, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, s. 13-51, (2010)

Kaygısız H., “Üç Eksenli Servo Motor Kontrollü CNC Dik İşleme Tezgâhı Tasarımı Ve İmalatı”- III. International Rating Academy Congress On Applied Sciences, Lviv / Ukraine- İstanbul Gedik Üniversitesi, İstanbul/TÜRKİYE, (2018)

Kutlu M., “Üç Eksenli Masa Tipi CNC Freze Tezgâhı Tasarım ve İmalatı”, Yüksek Lisans Tezi, Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Afyonkarahisar, s. 20-74, (2006)

Maintek, “CNC Router Nedir [online]”, (14 Eylül 2022),”<https://www.maintek.com.tr/cnc-router-nedir/>, (2017)

MEGEP, “METAL TEKNOLOJİSİ CNC LAZERLE KESME”, Ankara Genel Müdürlük, (2011)

Mekanik Lab. “İmalat Üretim [online]”, (3 Kasım 2022), <http://mekaniklab.com/hizmetler/imalat-uretim/>, (2022)

Nalbantoğlu, H.Ü. “Nedir Mekân Dedikleri?”, III. Disiplinler arası Mimarlık – Felsefe Toplantısı (18-19 Kasım 2005/ İstanbul), ss. 1–17. UÇAR, A. (2018). Sayısal Mobilya Tasarımı Deneyimi: Tasarım, Üretim ve Birleştirme. Uluslararası Mobilya Kongresi (1-4 Kasım 2018/ Eskişehir), Bildiri Metin Kitabı Cilt:1, ss. 846-853, (2005)

Naqvi H. A. S., “Design, Prototype and Control of 5-Axis Desktop CNC Milling Machine”, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük, (2014)

Öztürk, İ., “Hibrit CNC Router Ve 3 Boyutlu Yazıcı Tasarımı Ve Analizi” Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Makine Teorisi Ve Dinamiği Bilim Dalı, Manisa, (2017)

Paktaş D., “Bir Eksen CNC Router Tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, (2014)

Paktaş, D., “Design of an A Axis CNC Router” Dokuz Eylül University Graduate School of Natural and Applied Sciences, İzmir, (2014)

Pehlivanoğlu V., Batı M., “CNC Takım Tezgâhları ve DNC”, Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fak. Makine Böl. İstanbul, (2002)

Pelit H., Korkmaz M., Budakçı M., “Surface Roughness of Thermally Treated Wood Cut with Different Parameters in CNC Router Machine”, Department of Wood Products Industrial Engineering, Faculty of Forestry, Duzce University; 81620, Duzce, Turkey, (2020)

Prashil N. Patel, Shreyas D Pavagadhi, Shailee G., “Design and Development of Portable 3-Axis CNC Router Machine”, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) e-ISSN: 2395-0056 Volume: 06 Issue: 03, (2019)

Sancak H., “Bursa İli İnegöl İlçesi Ahşap Oyma Sanatı”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü El Sanatları Anabilim Dalı Dekoratif Ürünler Eğitimi, Ankara, s. 1-4, (2013)

Sevil S., “Dört Eksen Masaüstü CNC Freze Tezgâhı Tasarımı, Prototipi ve Silindirik Dişli Uygulamaları”, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitim Anabilim Dalı, Karabük, s. 13-75, (2013)

Şahin Rulman, “CNC Router nedir ne işe yarar? [online]”, (15 Ağustos 2021), [https://www.sahinrulman.com/blog/cnc-router-nedir-ne-ise-yarar-nasil-kullanilir#:~:text=Cnc%20Routerlar%20ba%C5%9Fta%20ah%C5%9Fap%20C%20mdf,router%20kontrol%20paneline%20sahip%20olmal%C4%B1d%C4%B1r.,\(2018\)](https://www.sahinrulman.com/blog/cnc-router-nedir-ne-ise-yarar-nasil-kullanilir#:~:text=Cnc%20Routerlar%20ba%C5%9Fta%20ah%C5%9Fap%20C%20mdf,router%20kontrol%20paneline%20sahip%20olmal%C4%B1d%C4%B1r.,(2018))

Şefkatlioğlu E., “CNC Strafor Kesme Makinesi Tasarımı ve İmalatı”, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, (2015)

Tamer İ., “Deneysel Bir CNC Freze İçin Donanım, Yazılım ve Komut Dili Tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, s. 10-54, (2006)

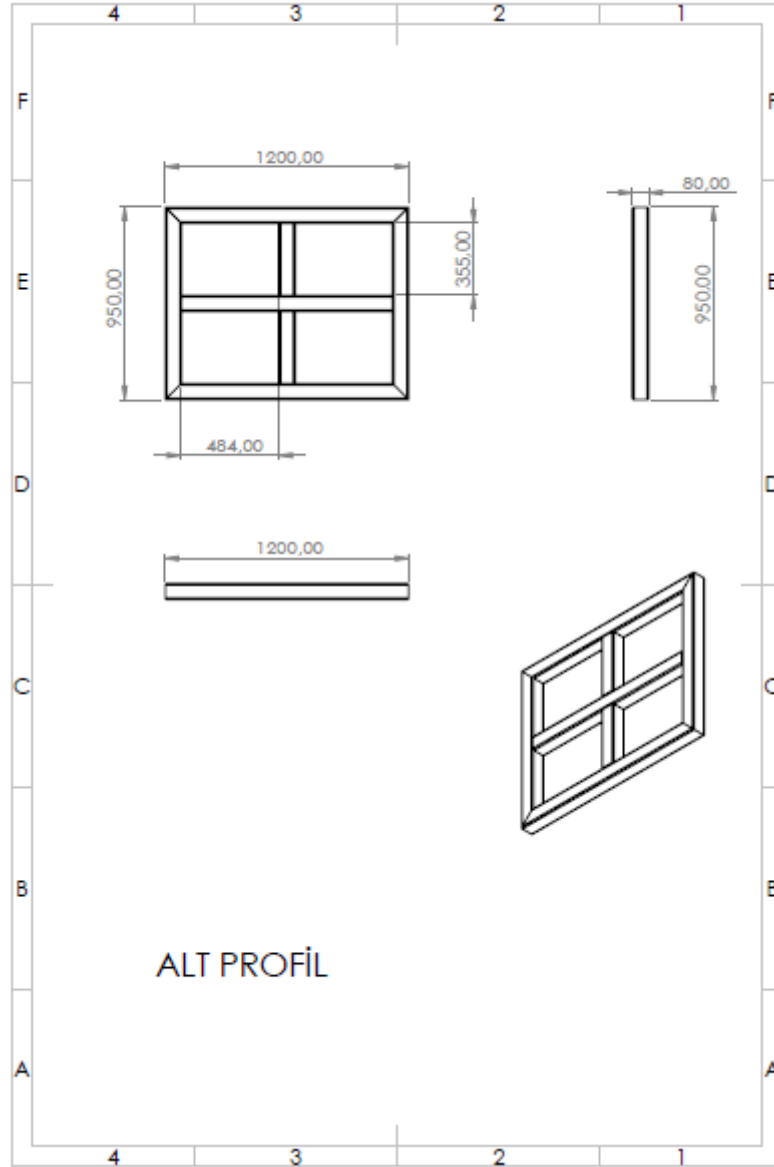
Uygun D., “Hibrit Adım Motorunun Sayısal Kontrolü”, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı Elektrik Eğitimi Programı, İstanbul, s. 38-95, (2006),

Yağmur L., “Tasarım ve İmalatta CNC ve CAD/CAM Sistemlerinin Fonksiyonları”, TÜBİTAK- UME, Gebze / KOCAELİ, (2004)

EKLER

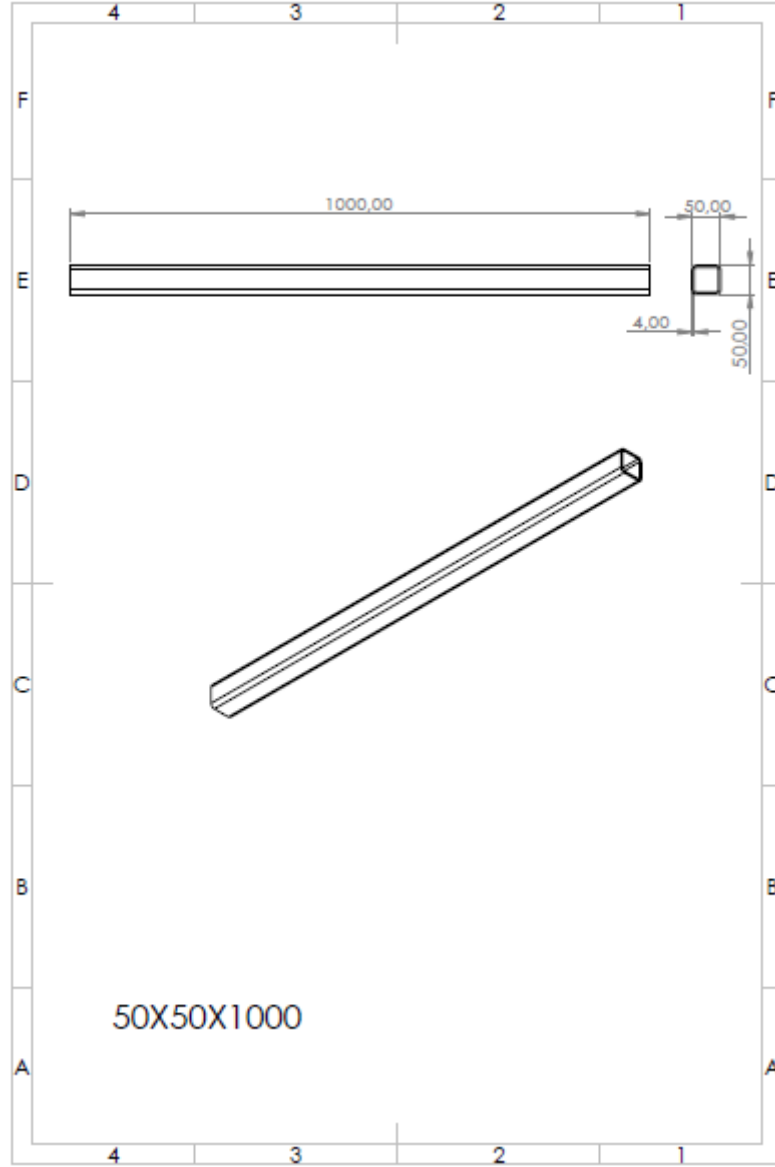
7. EKLER

EK A: İmalat Parçaları Teknik Resimleri



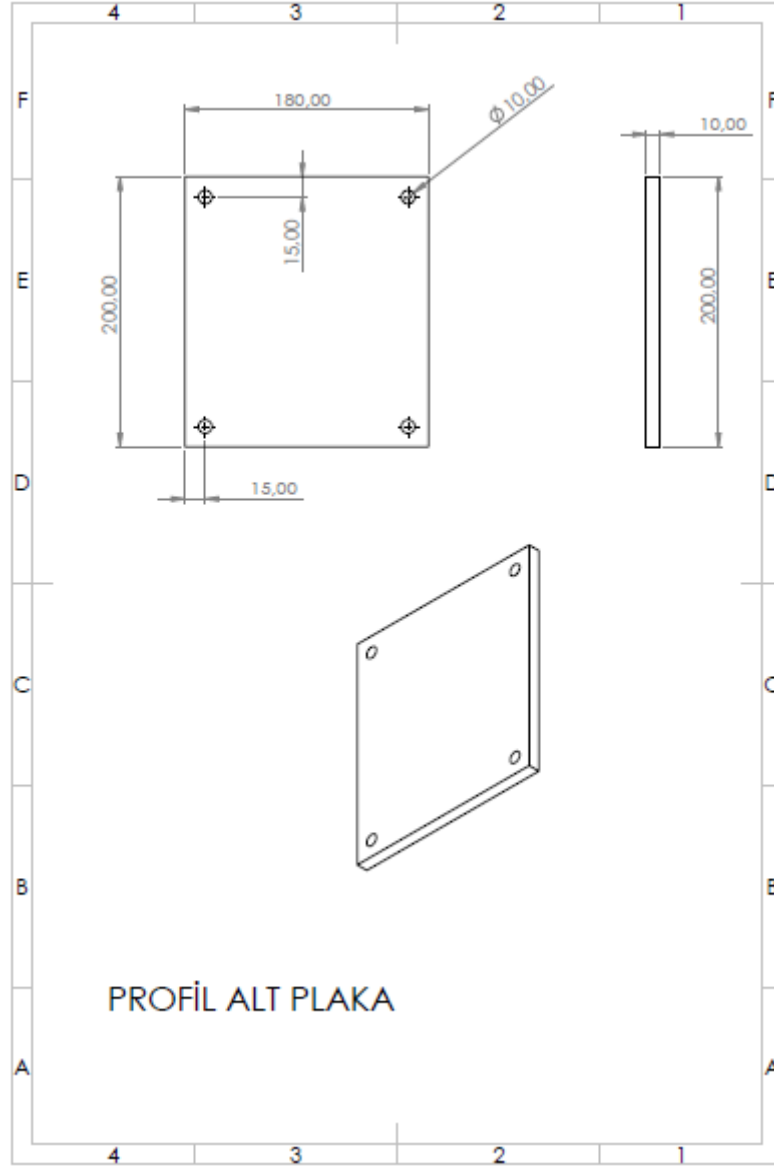
Şekil A. 1: Alt Profil Ölçüleri

EK A (Devam) İmalat Parçaları Teknik Resimleri



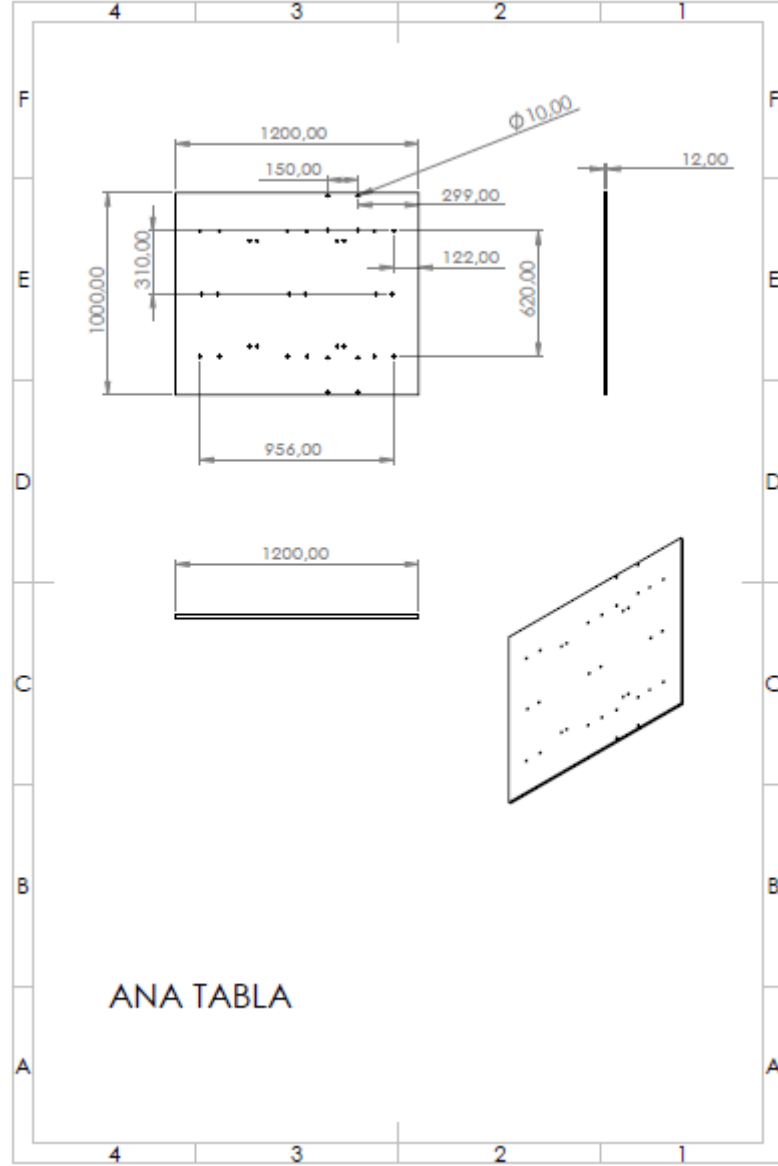
Şekil A. 2: Profil Ölçüleri

EK A (Devam) İmalat Parçaları Teknik Resimleri



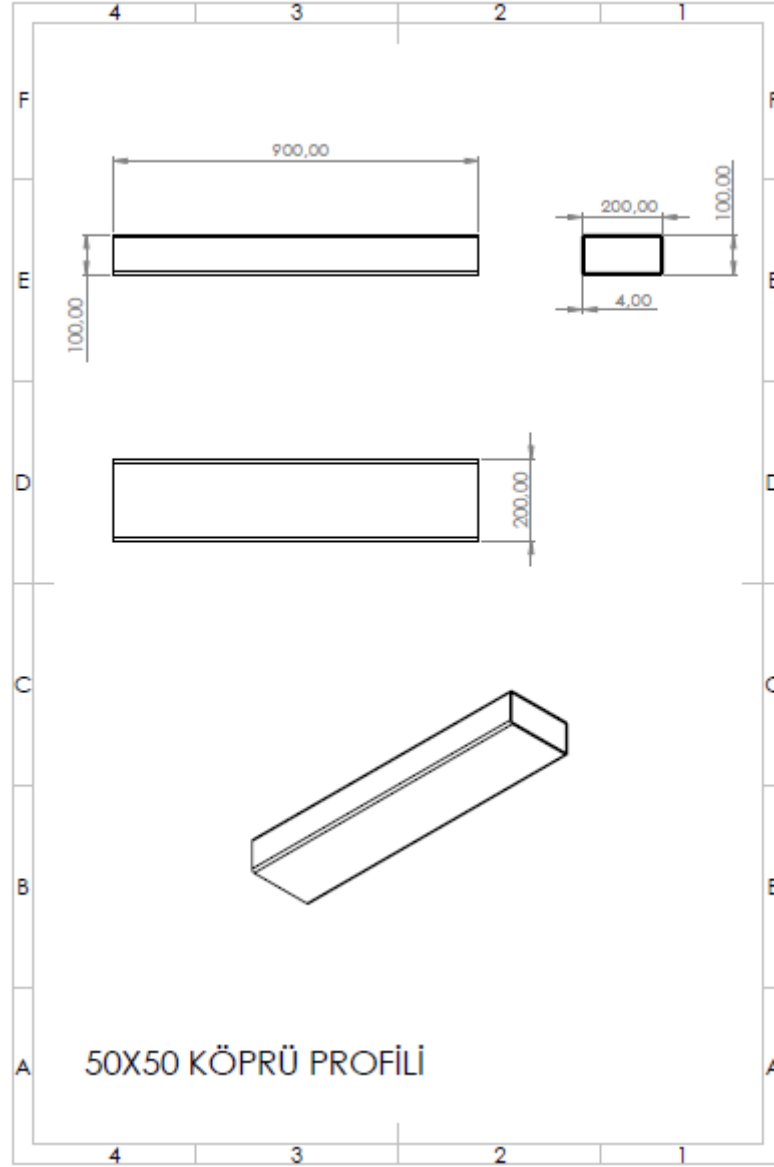
Şekil A. 3: Alt Plaka Ölçüleri

EK A (Devam) İmalat Parçaları Teknik Resimleri



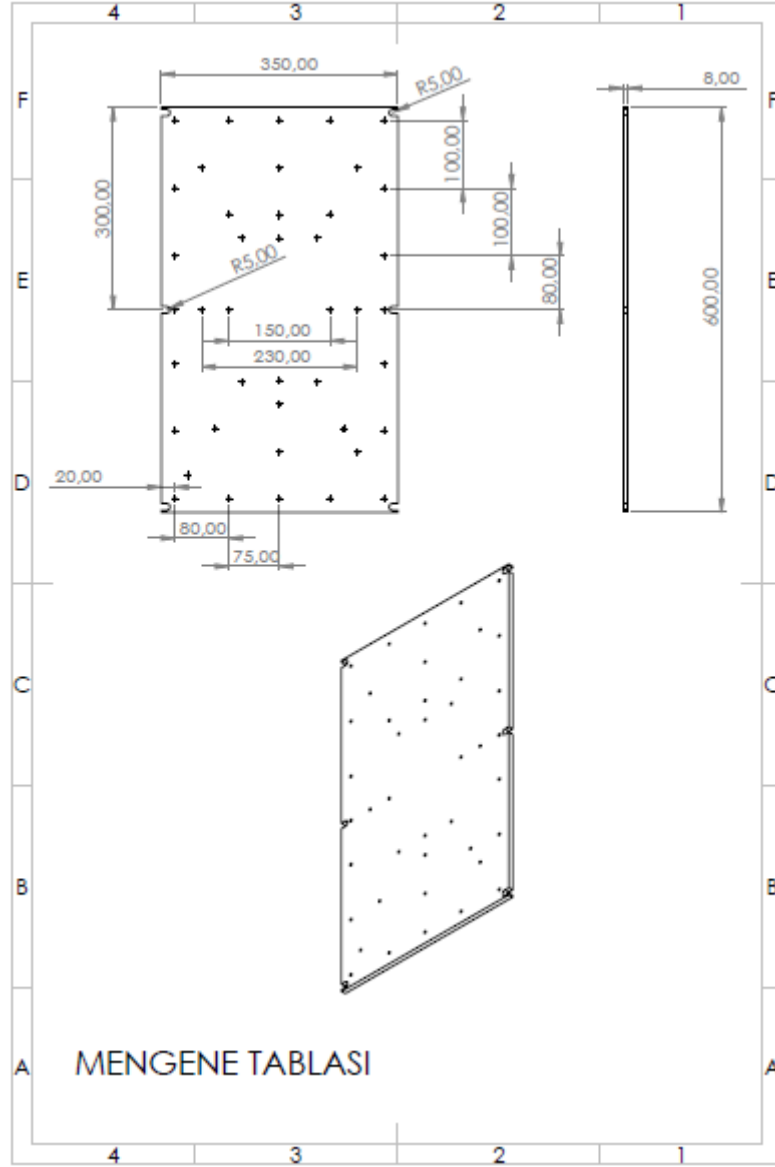
Şekil A. 4: Ana Tabla Ölçüleri

EK A (Devam) İmalat Parçaları Teknik Resimleri



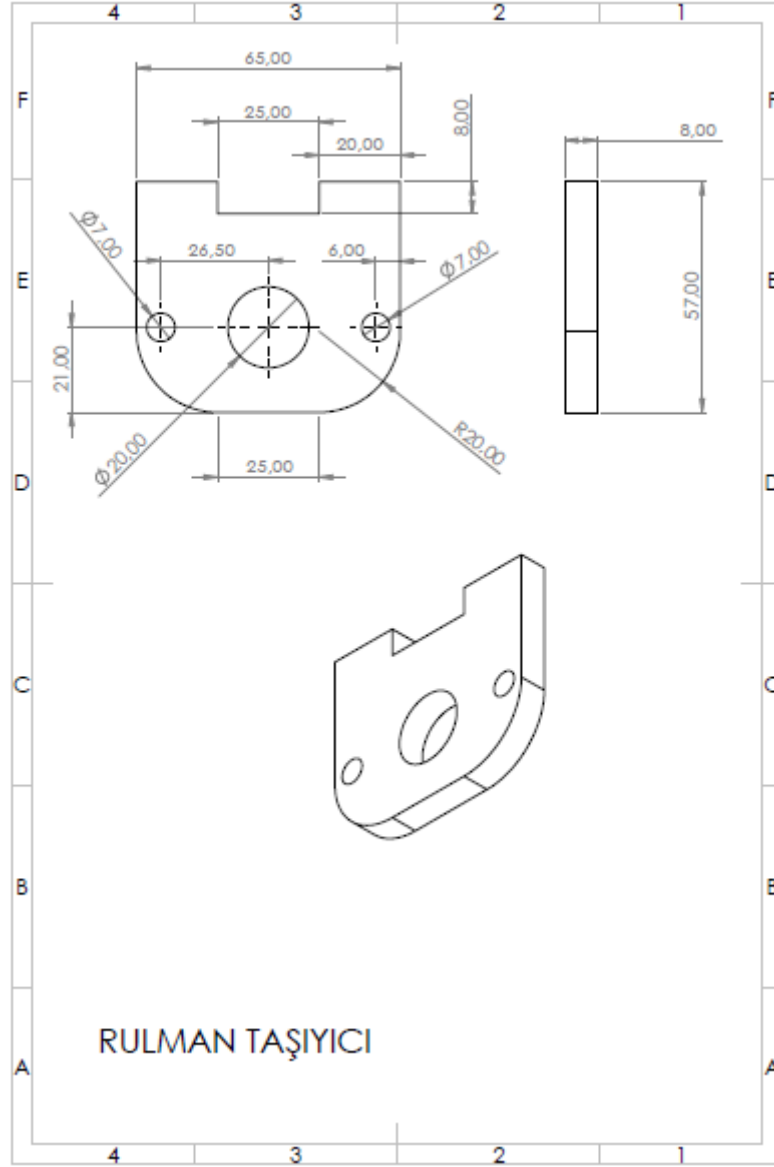
Şekil A. 5: Köprü Profil Ölçüleri

EK A (Devam) İmalat Parçaları Teknik Resimleri



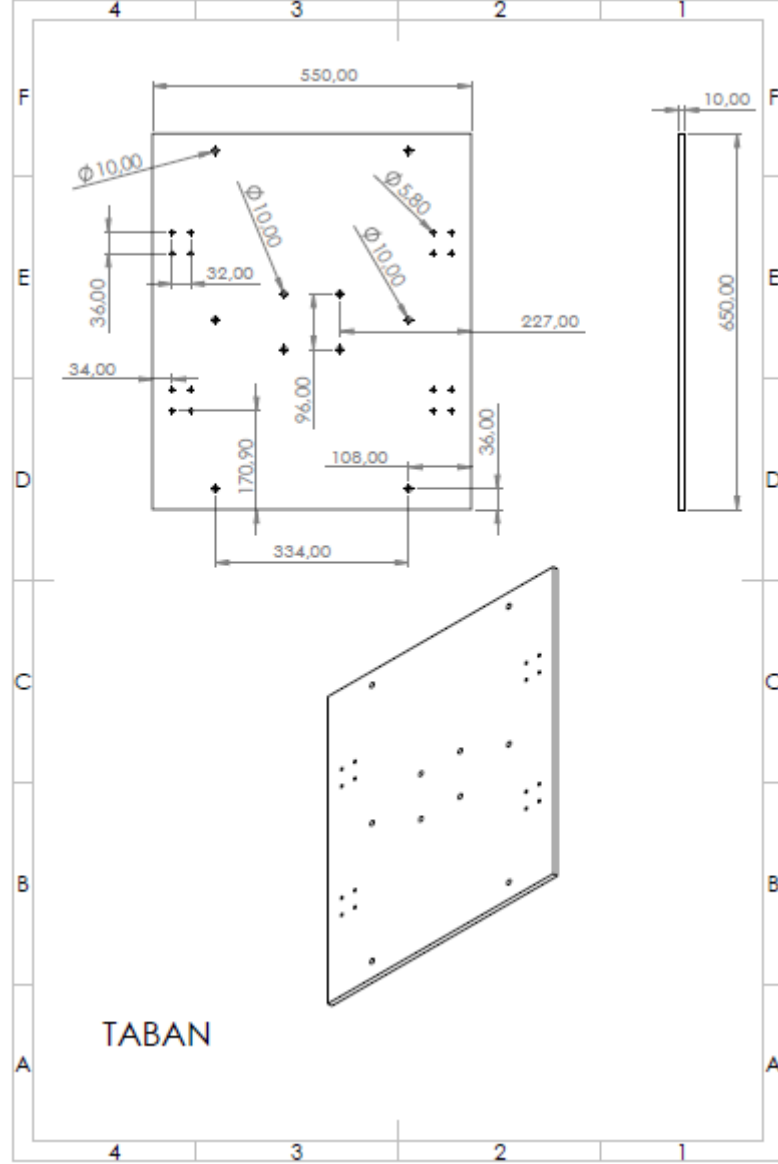
Şekil A. 6: Mengene Tablası Ölçüleri

EK A (Devam) İmalat Parçaları Teknik Resimleri



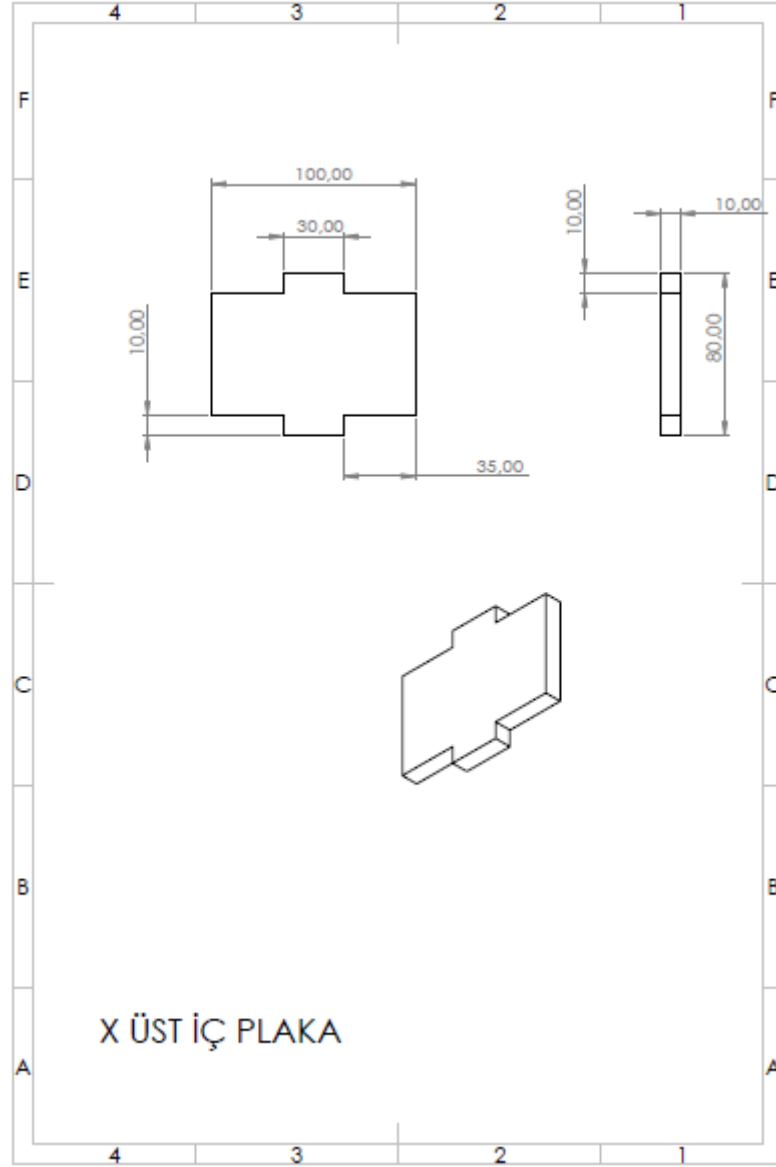
Şekil A. 7: Rulman Taşıyıcı Ölçüleri

EK A (Devam) İmalat Parçaları Teknik Resimleri



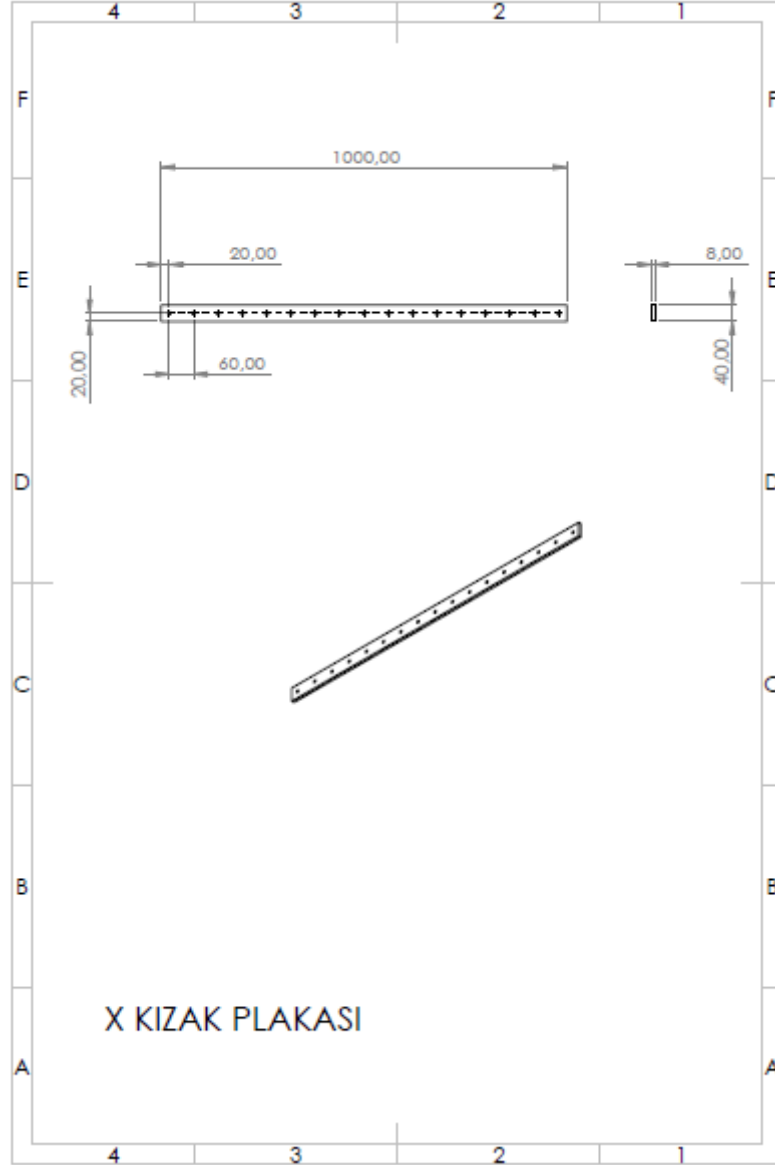
Şekil A. 8: Taban Sac Ölçüleri

EK A (Devam) İmalat Parçaları Teknik Resimleri



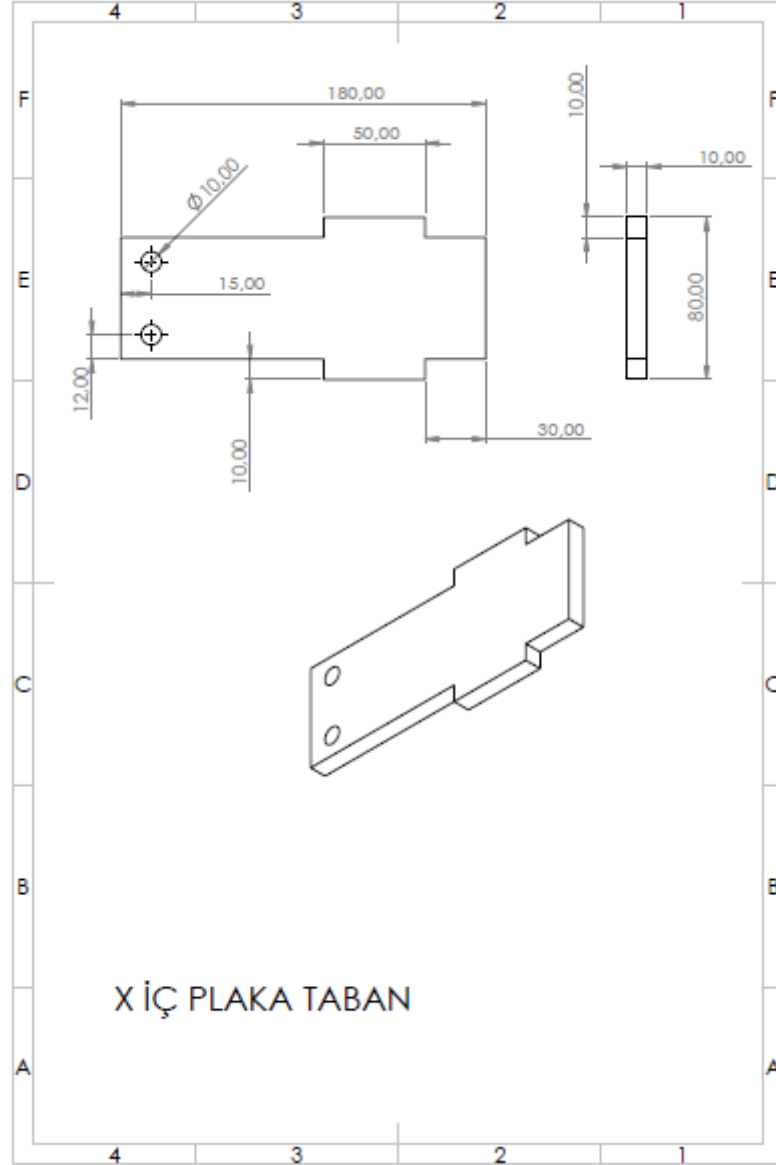
Şekil A. 9: X Üst İç Plaka Ölçüleri

EK A (Devam) İmalat Parçaları Teknik Resimleri



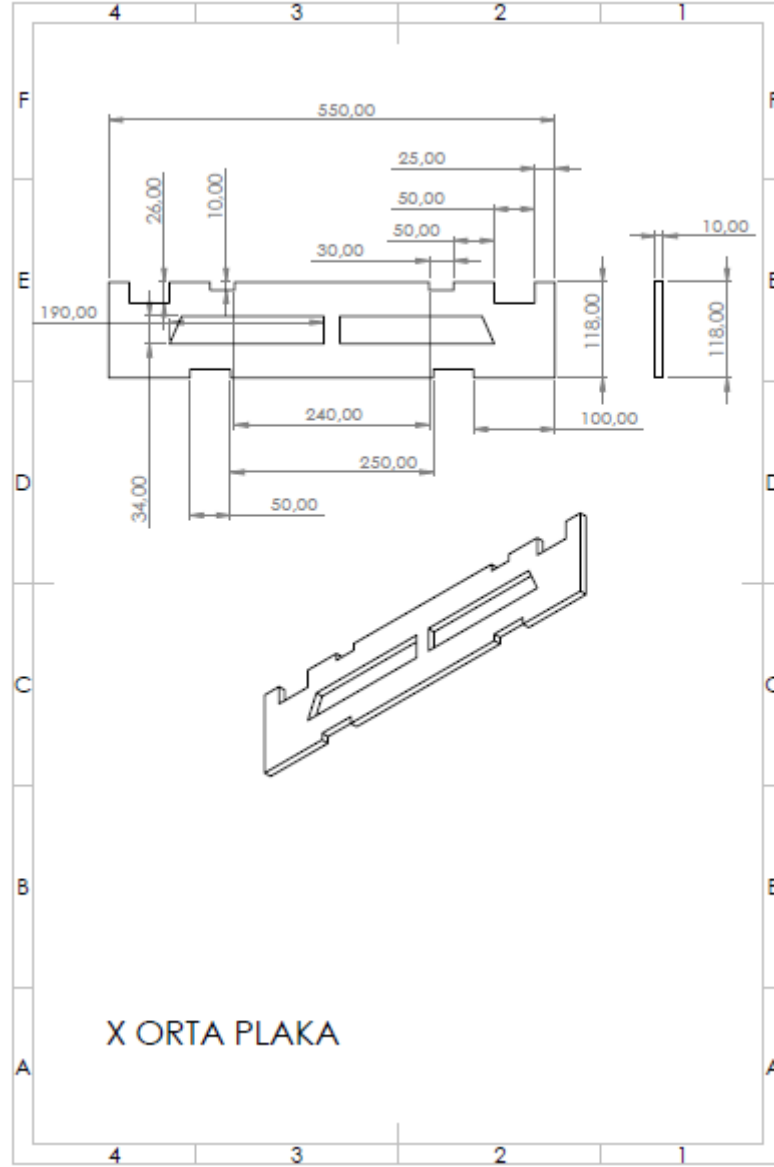
Şekil A. 10: X Kızak Plakası Ölçüleri

EK A (Devam) İmalat Parçaları Teknik Resimleri



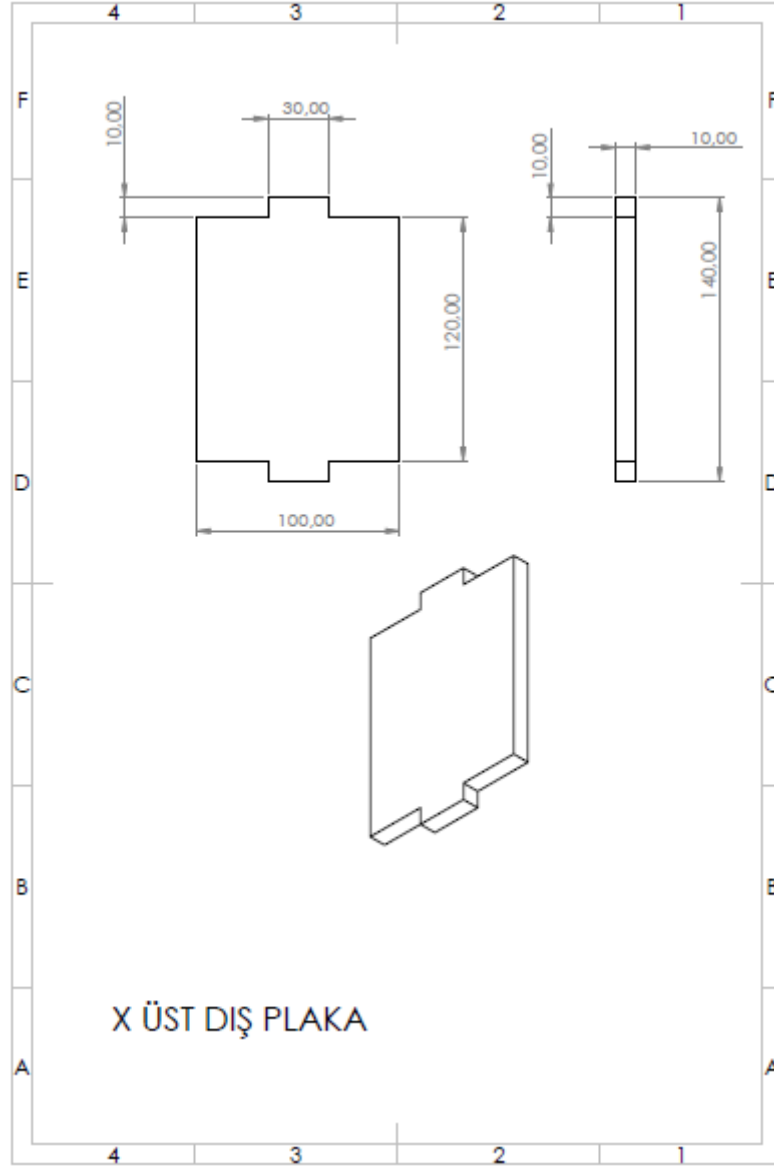
Şekil A. 11: X Taban İç Plaka Ölçüleri

EK A (Devam) İmalat Parçaları Teknik Resimleri



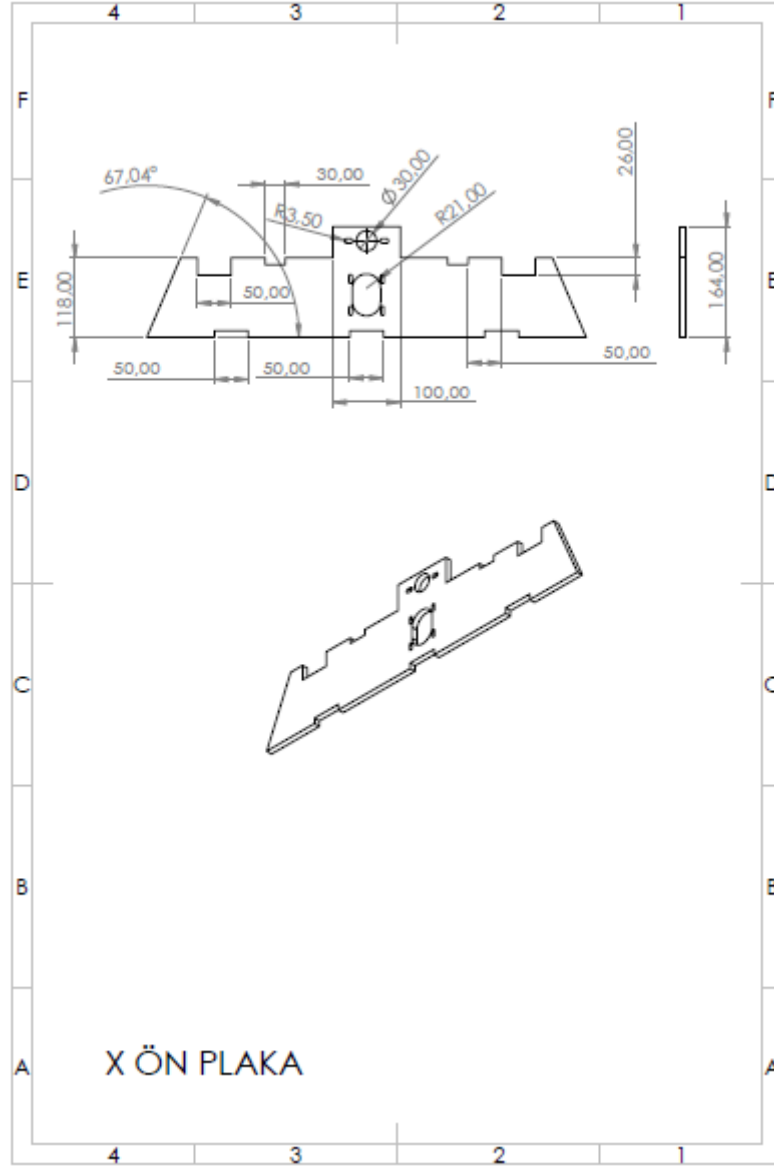
Şekil A. 12: X Orta Plaka Ölçüleri

EK A (Devam) İmalat Parçaları Teknik Resimleri



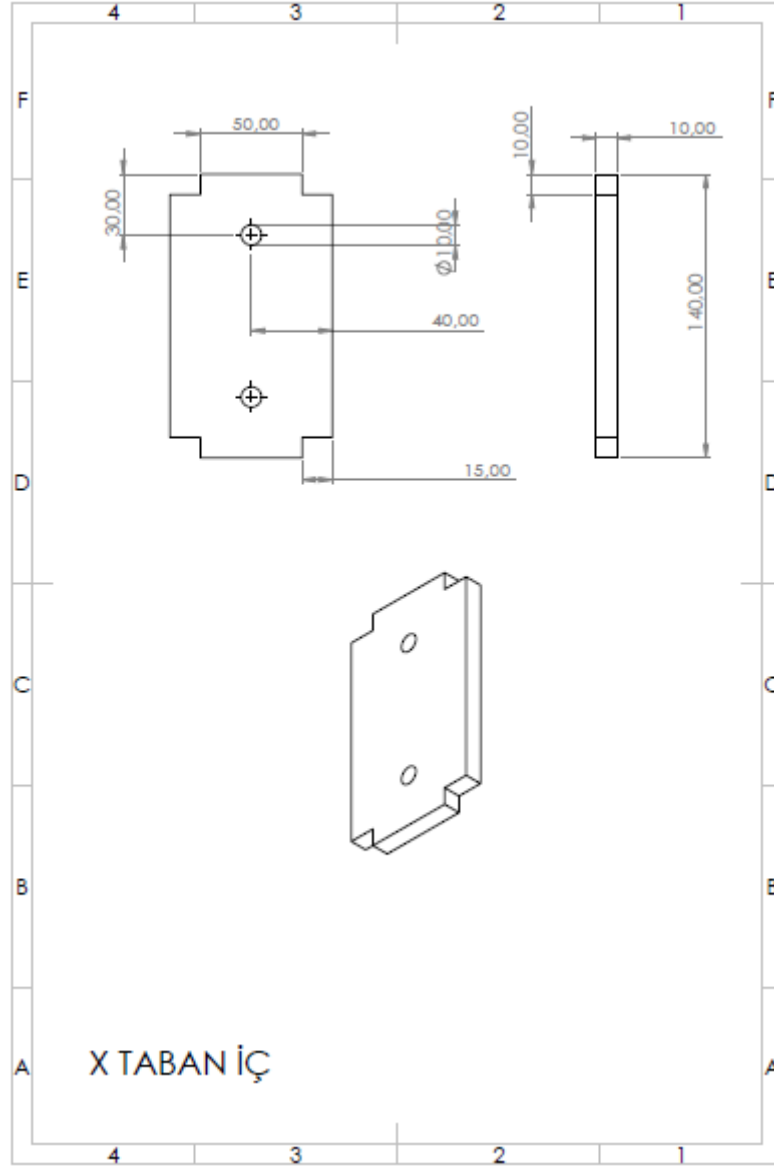
Şekil A. 13: X Üst Dış Plaka Ölçüleri

EK A (Devam) İmalat Parçaları Teknik Resimleri



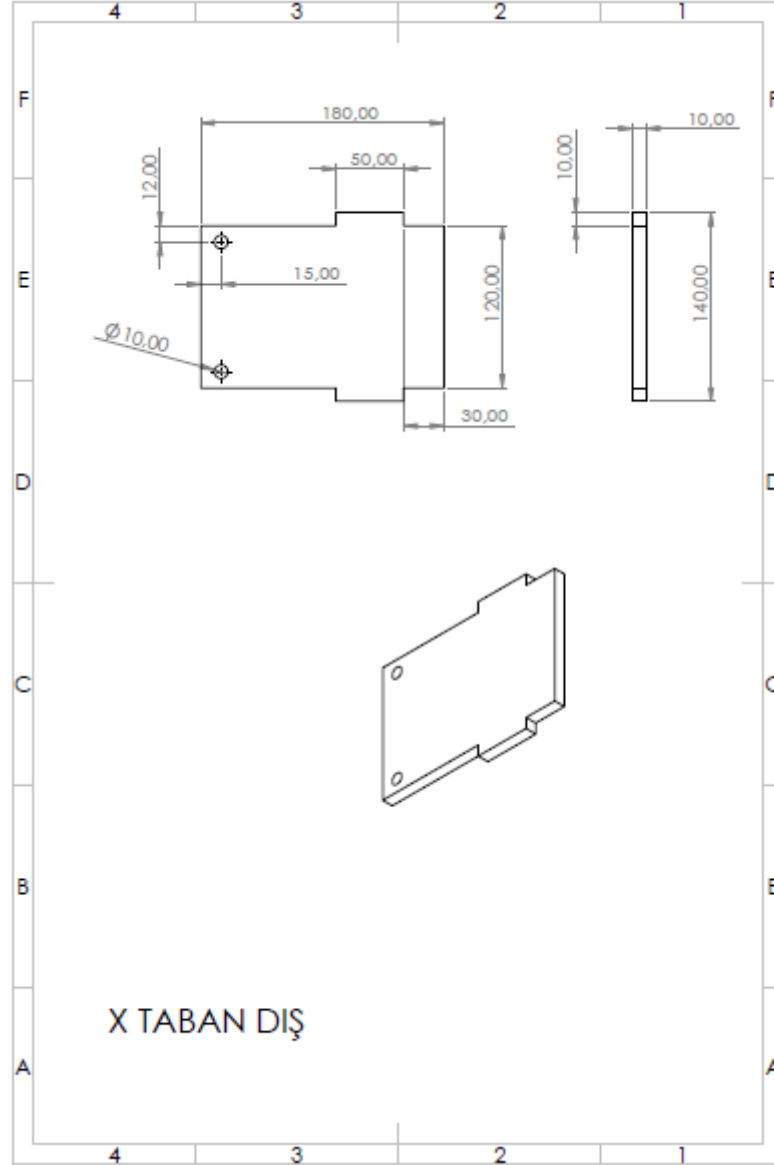
Şekil A. 14: X Ön Plaka Ölçüleri

EK A (Devam) İmalat Parçaları Teknik Resimleri



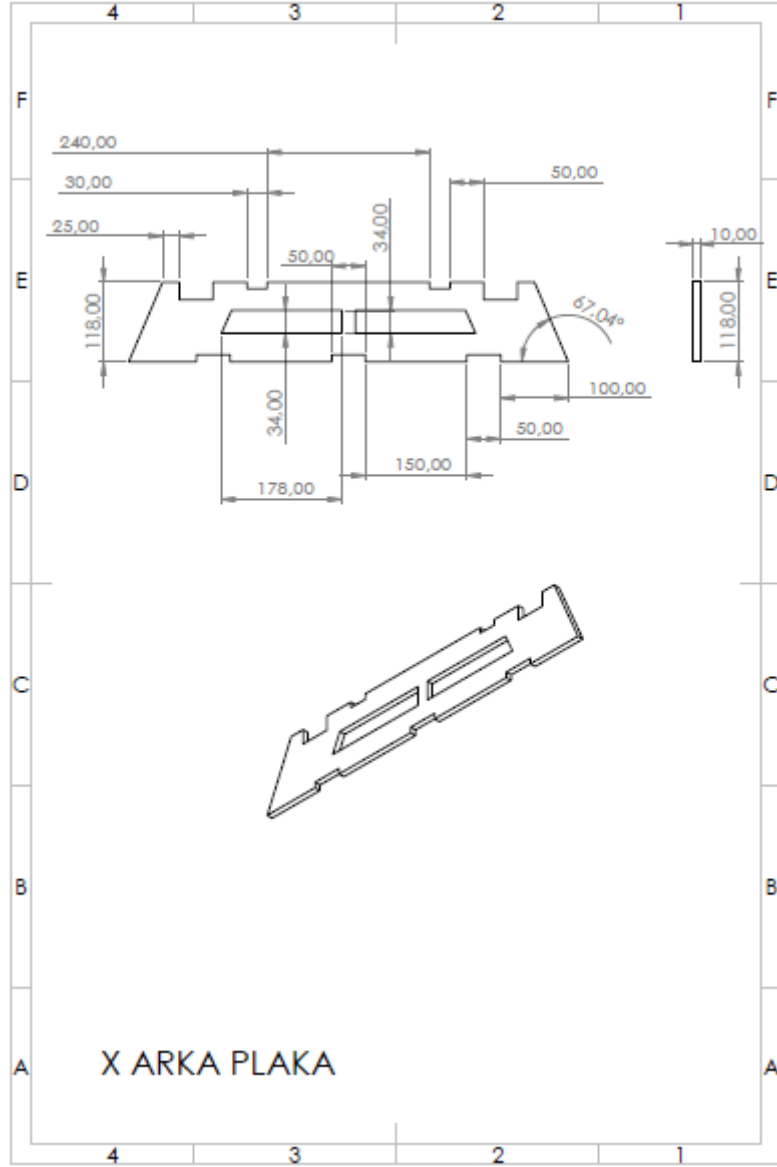
Şekil A. 15: X İç Taban Ölçüleri

EK A (Devam) İmalat Parçaları Teknik Resimleri



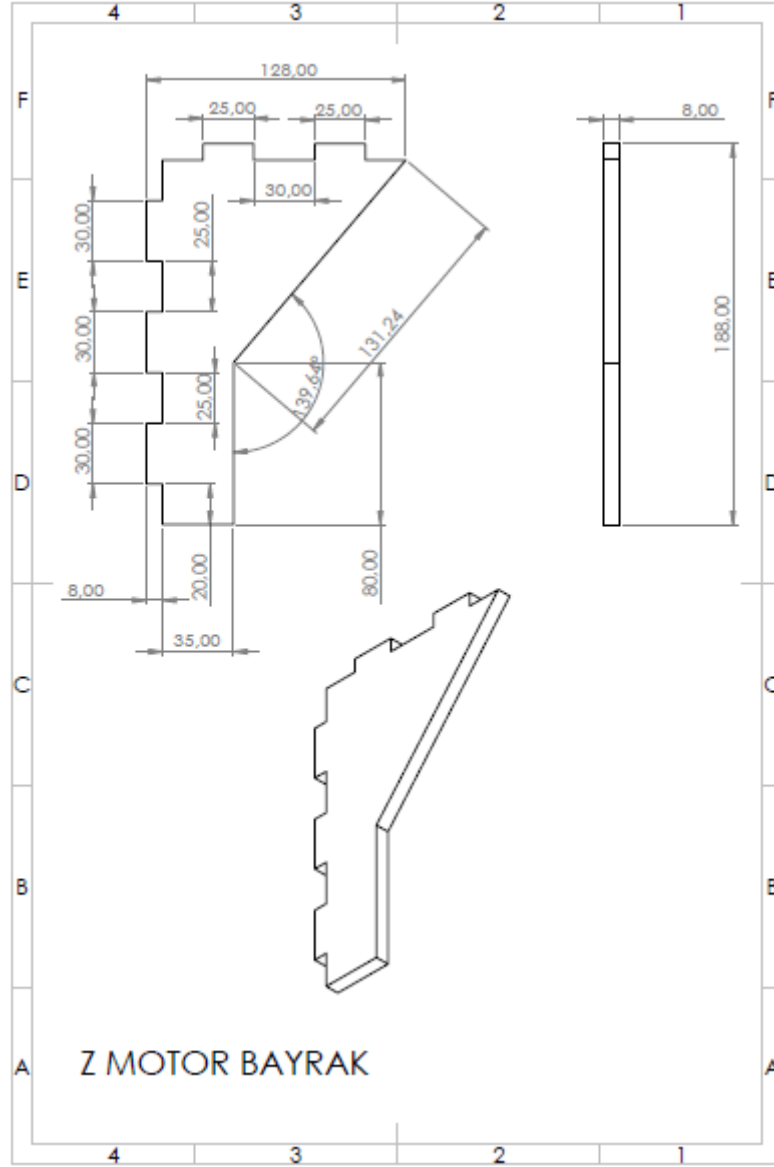
Şekil A. 16: X Taban Dış Ölçüleri

EK A (Devam) İmalat Parçaları Teknik Resimleri



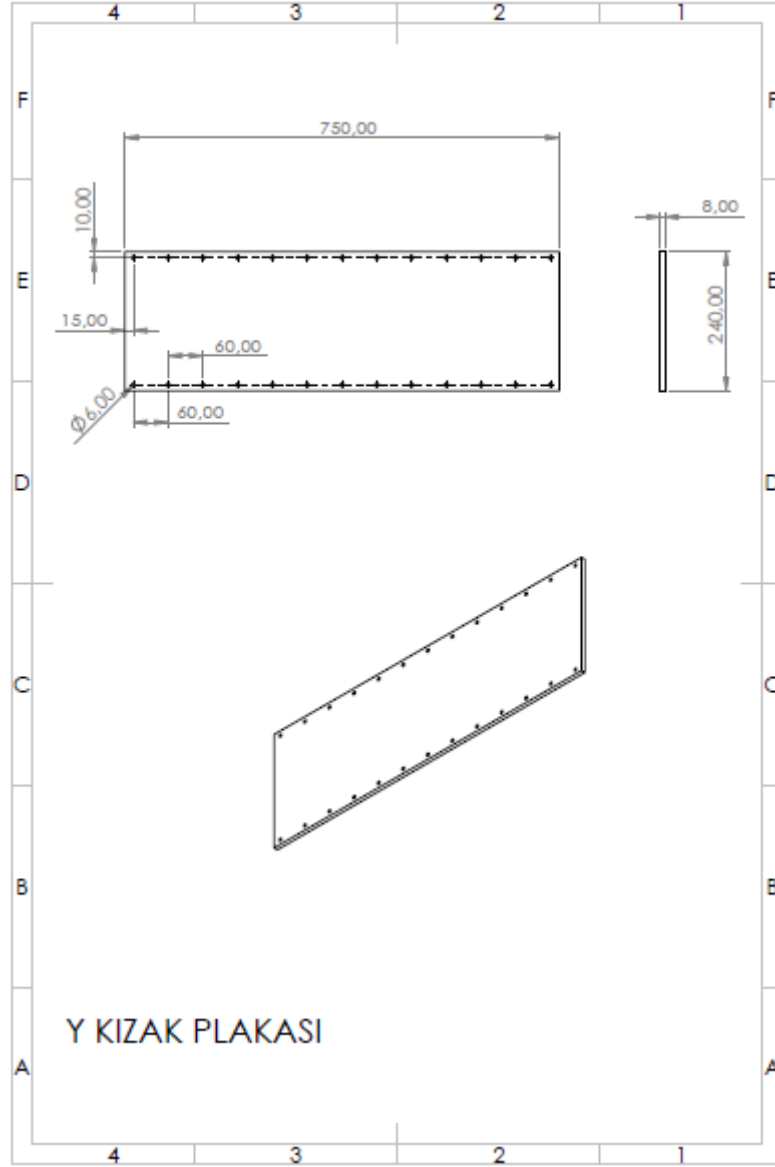
Şekil A. 17: X Arka Plaka Ölçüleri

EK A (Devam) İmalat Parçaları Teknik Resimleri



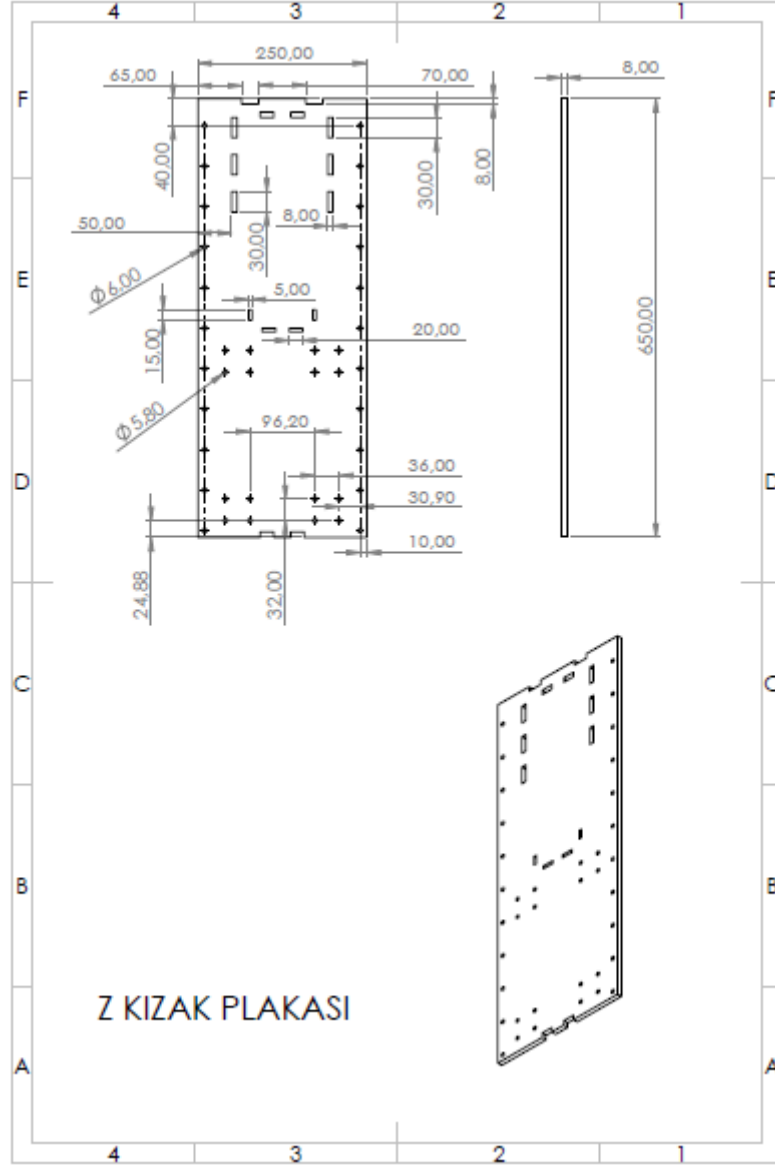
Şekil A. 18: Z Motor Bayrak Ölçüleri

EK A (Devam) İmalat Parçaları Teknik Resimleri



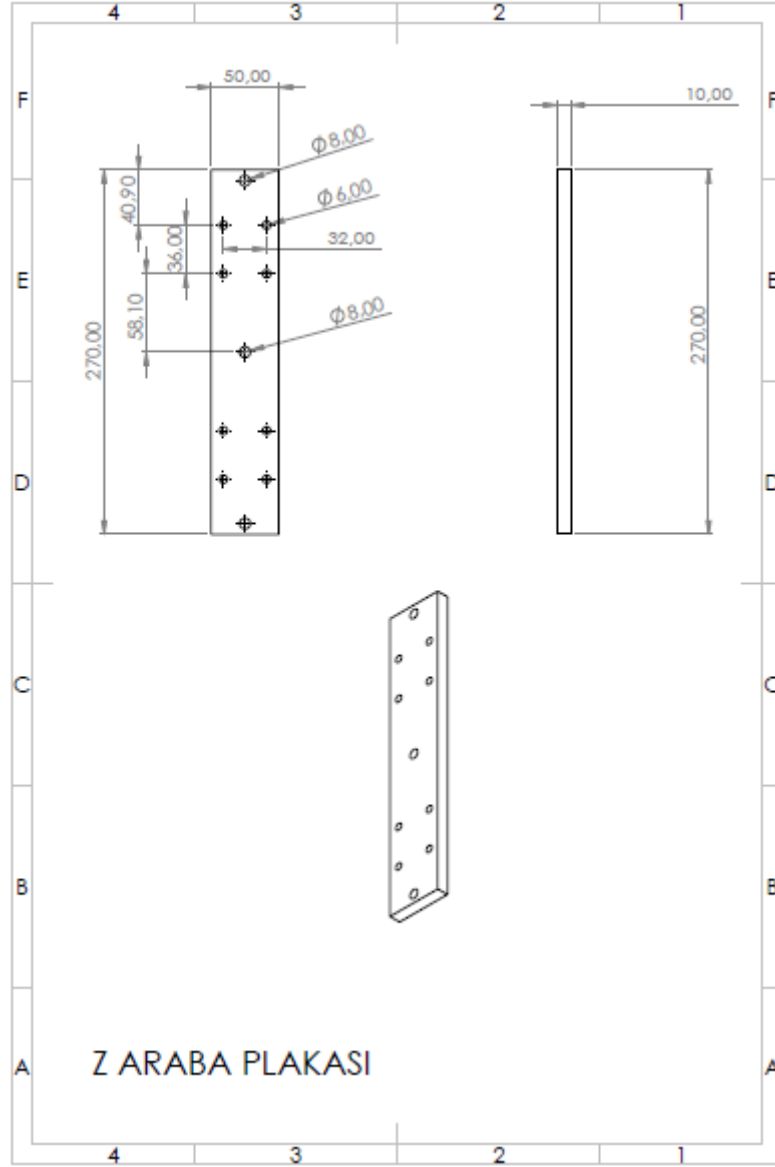
Şekil A. 19: Y Kızak Plaka Ölçüleri

EK A (Devam) İmalat Parçaları Teknik Resimleri



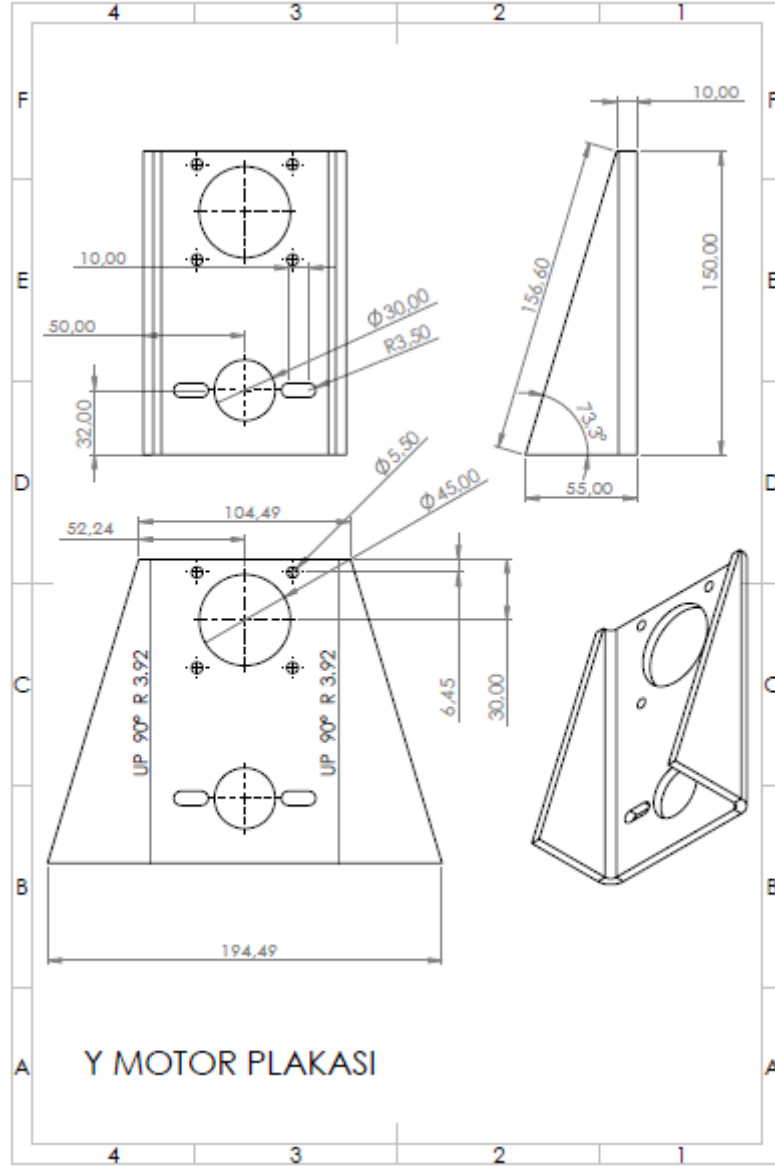
Şekil A. 20: Z Kızak Plaka Ölçüleri

EK A (Devam) İmalat Parçaları Teknik Resimleri



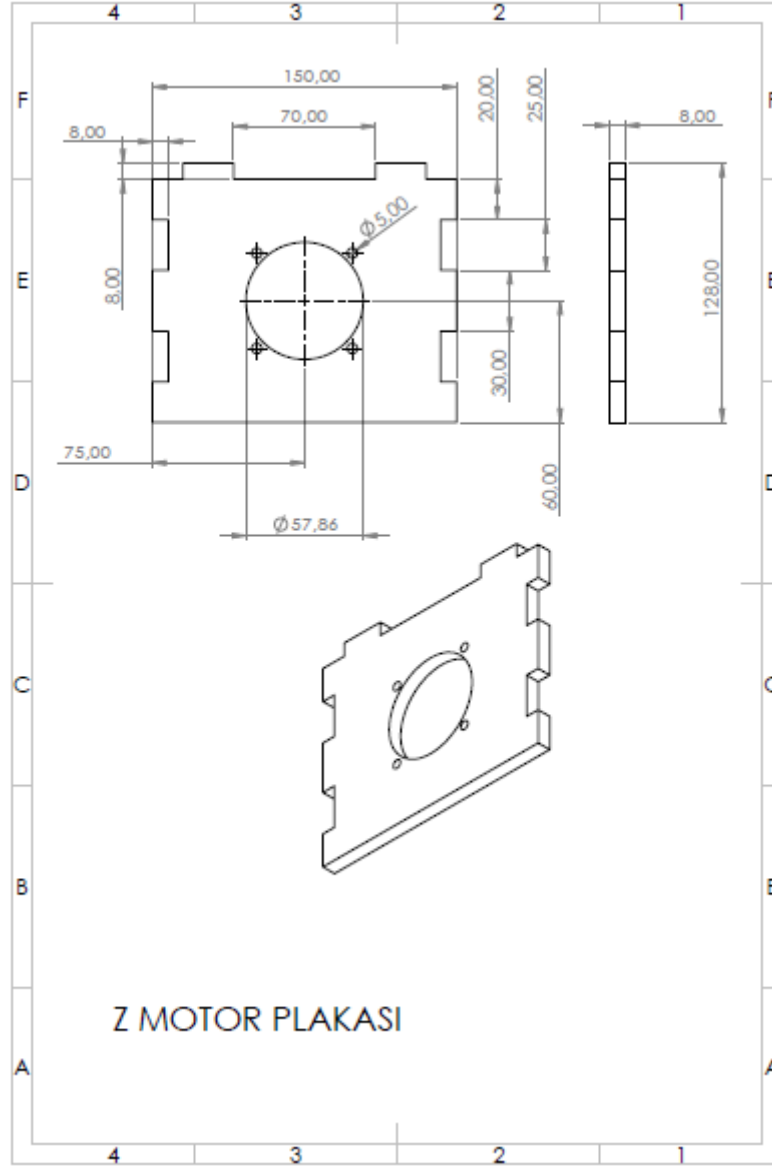
Şekil A. 21: Z Araba Plaka Ölçüleri

EK A (Devam) İmalat Parçaları Teknik Resimleri



Şekil A. 22: Y Motor Plaka Ölçüleri

EK A (Devam) İmalat Parçaları Teknik Resimleri



Şekil A. 23: Z Motor Plakası Ölçüleri

EK B: Saz Parçaları için G kodları

%

O1000 (SAZ 28)

N100 (COMPENSATION-WEAR)

N102 (REV-0.70)

N104 (AUG-28-2021-2:39:53PM)

N106 (T1-SAZ TAKIMI)

N1 G90 G17 G40 G80 G00

N108 M06 T1 (SAZ TAKIMI)

N110 (28-1 iç)

N112 G00 G56 G90 X-95.8624 Y-30.4738 S4000 M03

N114 G43 H1 Z15.

N116 Z16.

N118 Z7.9989

N120 G01 X-95.6062 Y-30.4928 Z7.0183 F3200.

N122 X-94.9035 Y-30.5452 Z6.2896

N124 X-93.9347 Y-30.6173 Z6.

N126 X-84.8424 Y-31.2944 Z5.6945

N128 X-81.596 Y-31.4276 Z5.5857

N130 X-75.4526 Y-31.4572 Z5.3798

EK B (Devam) Saz Parçaları için G kodları

N132 X-71.0101 Y-31.174 Z5.2307

N134 X-66.8658 Y-30.5333 Z5.0902

N136 X-63.5087 Y-29.675 Z4.9741

N138 X-60.1114 Y-28.2909 Z4.8512

N140 X-58.4868 Y-27.3017 Z4.7875

N142 X-57.5751 Y-26.5786 Z4.7485

N144 X-56.8048 Y-25.7942 Z4.7116

N146 X-55.8942 Y-24.5837 Z4.6609

N148 X-55.2212 Y-23.4748 Z4.6174

N150 X-53.952 Y-20.6669 Z4.5142

N152 X-52.9169 Y-17.4124 Z4.3998

N154 X-51.9914 Y-13.1336 Z4.2531

N156 X-51.3882 Y-8.4026 Z4.0933

N158 X-51.0395 Y-2.7604 Z3.9039

N160 X-51.0678 Y3.6736 Z3.6883

N162 X-51.4686 Y9.2167 Z3.5021

N164 X-51.9025 Y12.5661 Z3.389

N166 X-52.7058 Y16.6159 Z3.2506

N168 X-53.7111 Y20.0398 Z3.1311

EK B (Devam) Saz Parçaları için G kodları

N170 X-54.4245 Y21.8519 Z3.0658

N172 X-55.0593 Y23.1782 Z3.0166

N174 X-55.7123 Y24.3071 Z2.9729

N176 X-56.5378 Y25.4721 Z2.925

N178 X-57.252 Y26.2744 Z2.8891

N180 X-58.19 Y27.0836 Z2.8475

N182 X-59.5833 Y28.011 Z2.7915

N184 X-61.9881 Y29.1404 Z2.7024

N186 X-63.0969 Y29.5512 Z2.6628

N188 X-66.4196 Y30.4418 Z2.5476

N190 X-70.3323 Y31.0939 Z2.4147

N192 X-75.2986 Y31.4546 Z2.2479

N194 X-81.3222 Y31.4258 Z2.046

N196 X-88.6281 Y31.0348 Z1.8009

N198 X-103.2173 Y29.8769 Z1.3106

N200 X-116.5935 Y28.4719 Z0.8599

N202 X-127.6533 Y27.0017 Z0.4861

N204 X-138.5012 Y25.1632 Z0.1175

N206 X-141.9354 Y24.4532 Z0.

EK B (Devam) Saz Parçaları için G kodları

N208 G02 X-147.5092 Y32.1146 I-1.0527 J5.0923 F3500.

N210 X-138.0746 Y31.2475 I4.5211 J-2.5691

N212 G01 X-131.6098 Y12.5839

N214 G02 X-138.1059 Y5.9286 I-4.9136 J-1.702

N216 G01 X-139.3812 Y6.336

N218 X-139.6219 Y6.3809

N220 X-139.8662 Y6.3954

N222 X-140.1046 Y6.3798

N224 X-145.0028 Y5.4328

N226 X-154.8758 Y3.0341

N228 X-158.5889 Y1.9332

N230 X-159.0646 Y1.7356

N232 X-159.2866 Y1.6071

N234 X-159.4899 Y1.4506

N236 X-159.671 Y1.2689

N238 X-159.8267 Y1.0651

N240 X-159.9545 Y0.8426

N242 X-160.052 Y0.6054

N244 X-160.1177 Y0.3574

EK B (Devam) Saz Parçaları için G kodları

N246 X-160.1503 Y0.1029

N248 X-160.1495 Y-0.1536

N250 X-160.115 Y-0.4078

N252 X-160.0476 Y-0.6553

N254 X-159.9484 Y-0.8919

N256 X-159.8192 Y-1.1134

N258 X-159.662 Y-1.3162

N260 X-159.4797 Y-1.4966

N262 X-159.2753 Y-1.6517

N264 X-159.0524 Y-1.7787

N266 X-158.691 Y-1.9258

N268 X-151.7232 Y-3.8454

N270 X-142.9559 Y-5.8956

N272 X-140.3259 Y-6.3772