

**ÇİFT BAŞLI KARTEZYEN TİPİ 3 BOYUTLU
YAZICI TASARIM VE PROTOTİP İMALATI
(GRANÜLDEN MODELE)**

**2016
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİYEL TASARIM MÜHENDİSLİĞİ**

Burak GÜLER

**ÇİFT BAŞLI KARTEZYEN TİPİ 3 BOYUTLU YAZICI TASARIM VE
PROTOTİP İMALATI (GRANÜLDEN MODELE)**

Burak GÜLER

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Anabilim Dalında

Yüksek Lisans Tezi

Olarak Hazırlanmıştır.

KARABÜK

Haziran 2016

Burak GÜLER tarafından hazırlanan “ÇİFT BAŞLI KARTEZYEN TİPİ 3 BOYUTLU YAZICI TASARIM VE PROTOTİP İMALATI” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA

Tez Danışmanı, Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 10/ 06/ 2016

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. H. Rıza BÖRKLÜ (GÜ)

Üye : Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA (KBÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Hatice EVLEN (KBÜ)

...../...../2016

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nevin AYTEMİZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Burak GÜLER

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ENDÜSTRİYEL BOYUTLU ÇİFT BAŞLI KARTEZYEN TİPİ ÜÇ BOYUTLU YAZICI TASARIM VE PROTOTİP İMALATI (GRANÜLDEN MODELE)

Burak GÜLER

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA

Haziran 2016, 140 sayfa

Bu çalışmada endüstriyel boyutlarda kartezyen tipi ve çift baskı kafasına sahip FDM yöntemi ile çalışan üç boyutlu yazıcı tasarımı ve prototipi yapılmıştır. 3B yazıcının genel boyutları 990x1035x1540 mm dir. Yazdırma boyutları 600x700x800 mm dir. Tabla doğrudan 220 V ile ısıtılmaktadır. Üç boyutlu yazıcıda NEMA 23 step motorlar kullanılmıştır. Çift kafa kısmında ise 2 adet NEMA 17 motor ve 2 adet nozzle uç bulunmaktadır. Motorlar ve diğer elemanlar 12V ve 24V güç ile çalışmaktadır. Yazıcı kontrolü için arduino mega kart dağıtıcı eleman olarak kullanılmıştır. Cura, Slic3r programları ile dilimlenen modeller Repetier programı ile yazıcıya aktarılmış ve baskı işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada 3B yazıcıya ek olarak filament üretim sistemi prototipi de üretilmiştir. Çalışmada büyük boyutlu model olarak 43 cm boyunda 2 adet sehpa ayağı yazdırılmıştır. Yazıcı bu uygulama sırasında 27 saat kesintisiz olarak çalışmıştır.

Ardından 2 adet sehpa ayağı farklı hızlarda yazdırılmıştır. Yazdırılan modellerin ölçü kontrolleri yapılmıştır. 3B yazıcının yazdırma hızı, tabla sıcaklığı ve kabin sıcaklığı testleri yapılmıştır. Filament üretim sistemi üretim hızı, sıcaklığı ve ürün çekme testleri gerçekleştirilmiş, granülden üretilen filament ile yazdırma işlemi yapılmıştır.

Anahtar Sözcükler : 3B yazıcı, ekstruder, granül, filament, çift nozle.

Bilim Kodu : 708.1.036



ABSTRACT

M. Sc. Thesis

DOUBLE HEAD INDUSTRIAL SIZES AND CARTESIAN TYPE 3D PRINTER DESIGN AND PROTOTYPING (MODEL FROM GRANULE)

Burak GÜLER

Karabuk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Industrial Design Engineering

Thesis Advisor:

Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA

June 2016, 140 pages

In this study, it was made the design of three dimensional printer which has double print head, is a cartesian type in industrial scale and works the method fdm, and its prototyping. General dimensions of three dimensional printer is 990x1035x1540 mm. The dimensions of the printing is 600x700x800 mm. The tray is directly heated with 220 V. It was used NEMA23 step motors in three dimensional printer. The part of double head has 2 pcs NEMA17 motors and 2 pcs nozzle tips. Motors and the other equipments work with the power of 12V and 24V. Arduino mega card was used as a distributor element for the control of printing. The models which was diced by the programs Cura, Slic3r were transferred with the method of repetier to the printer, and it was made the process of printing. As additional to 3D printers in the study, the prototype of filament production system was taken place.

In the study, the foot of table which is in 43cm dimension as a large dimension was printed. The printer worked continuously 27 hours during this study. The control of measuring of the models which was printed was made. The speed of printing of 3d printer, the tests of heat of tray and cabin were taken place. The speed of filament production system, the heat and the test of pulling production were made, it was taken place the printing with the filament which was produced from granule.

Key Words : 3D printer, extruder, granules, filament, double nozzle.

Science Code : 708.1.036



TEŞEKKÜR

Bu çalışmada KBÜ-BAP-15/1-YL-009 proje no ile maddi destek sağlayan Karabük Üniversitesi (BAP) Bilimsel Araştırma Proje Ofisine teşekkür ederim.

Bu çalışmanın planlanmasında araştırılmasında yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren Sayın Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Filament üretim sistemi filament sarma mekanizması elektronik kontrolünde yardımından dolayı Sayın Arş. Gör. Mustafa AYDIN'a teşekkür ederim.

Görüş ve önerilerinden yararlandığım, ayrıca tasarım ve üretim aşamasında sayısız yardımları olan Sabahattin AKKAN'a teşekkür ederim.

Maddi manevi her türlü desteğini esirgemeyen Ailem ve Sevdiğim insana da tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xx
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
1.1. TANIMLAR.....	2
1.2. ÜÇ BOYUTLU YAZICI TARİHSEL GELİŞİMİ.....	3
1.3. GÜNCEL TEKNOLOJİK GELİŞMELER	4
1.4. KULLANIM YERLERİ.....	5
1.5. ÇALIŞMA KAPSAMI.....	5
1.6. ÇALIŞMA PLANI	6
1.7. ÇALIŞMANIN BEKLENTİLERİ	6
1.8. PROBLEM	7
1.9. AMAÇ	7
BÖLÜM 2	8
ÜÇ BOYUTLU YAZICILAR VE LİTERATÜRDEKİ ÇALIŞMALAR	8
2.1. ENDÜSTRİYEL TASARIM MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜNDE ÜRETİLMİŞ OLAN ÜÇ BOYUTLU YAZICI PROTOTİPLERİ	9
2.2. TÜRKİYE'DE ÜRETİLMİŞ OLAN ENDÜSTRİYEL BOYUTLARDAKİ ÜÇ BOYUTLU YAZICILAR.....	10
2.3. TÜRKİYE'DE FİLAMENT ÜRETEN FİRMALAR	13
2.4. LİTERATÜRDEKİ ÇALIŞMALAR	13

BÖLÜM 3	20
ÇİFT BAŞLI KARTEZYEN TİPİ ENDÜSTRİYEL AMAÇLI ÜÇ BOYUTLU YAZICI TASARIMI VE PROTOTİPİ	20
3.1. ÜÇ BOYUTLU YAZICI TASARIMI	21
3.2. ÜÇ BOYUTLU YAZICI PROTOTİP MONTAJI	22
3.2.1. Endüstriyel Boyutlarda Üç Boyutlu Yazıcı Gövde İnşası	22
3.2.2. Üç Boyutlu Yazıcı Hareket Eksenleri Montajı.....	25
3.2.3. Üç Boyutlu Yazıcı Isıtıcı Uçlar Ve Filament İtme Montajı	29
3.2.4. Endüstriyel Boyutlarda Üç Boyutlu Yazıcı Prototipi Genel Montajı.....	30
BÖLÜM 4	32
ENDÜSTRİYEL AMAÇLI ÜÇ BOYUTLU YAZICI ISITMALI TABLA TASARIM VE PROTOTİPİ	32
4.1. ISITMALI TABLA TASARIMI.....	33
4.2. ISITMALI TABLA PARÇALARI TASARIMI	34
4.2.1. Isıtmalı Tabla Alt Taşıyıcı Plaka	35
4.2.2. Isıtmalı Tabla Yalıtım Malzemesi Ve Rezistans Tasarımı	35
4.2.3. Isıtmalı Tabla Üst Plakaların Tasarımı	36
4.3. ISITMALI TABLA HAZIR PARÇALARI	37
4.3.1. Alüminyum Plaka	37
4.3.2. Isıtmalı Tabla Yalıtım Malzemesi (Fiber Plaka)	37
4.3.3. Silikon Rezistans	38
4.3.4. Alüminyum Düz Sac	39
4.3.5. Alüminyum Delikli Sac	39
4.3.6. PID Sıcaklık Kontrol Cihazı.....	40
4.3.7. Sıcaklık Kontrol Rölesi	41
4.4. ISITMALI TABLA PROTOTİPİ MONTAJI	41
4.5. ISITMALI TABLA ELEKTRONİK KONTROLÜ	42
4.6. ÜÇ BOYUTLU YAZICI TABLA KARŞILAŞTIRMASI	43
BÖLÜM 5	45
FİLAMENT ÜRETİM SİSTEMİ TASARIM VE PROTOTİP ÜRETİMİ	45
5.1. FİLAMENT ÜRETİM SİSTEMİ (FİLAMENT TASARIMI).....	46

	<u>Sayfa</u>
5.2. FİLAMENT ÜRETİM SİSTEMİ PARÇALARI TASARIMI.....	47
5.2.1. Ekstruder 1 Numaralı Parça.....	48
5.2.2. Ekstruder Mili Yatak Parçası.....	48
5.2.3. Ekstruder 2 Numaralı Parça.....	49
5.2.4. Filament Üretme Sistemi Nozul Ucu.....	50
5.3. FİLAMENT ÜRETİM SİSTEMİ GÖVDE PARÇALARI	51
5.3.1. Alüminyum Gövde Ayakları	51
5.3.2. Ekstruder 3 Numaralı Plaka.....	52
5.3.3. Sıcaklık Kontrol Ekranları Takma Parçası	53
5.3.4. Filament Makarası Taşıma Parçası.....	54
5.4. FİLAMENT ÜRETİM SİSTEMİ HAZIR PARÇALARI	54
5.4.1. Ekstruder Kelepçe Rezistansları	55
5.4.2. Redüktörlü Elektrik Motoru (AC Motor)	56
5.4.3. Filament Sarma Sistemi Dişli Çarkları	57
5.4.4. Filament Sarma ve Filament Düzenleme Mekanizmaları	58
5.5. FİLAMENT ÜRETİM SİSTEMİ PROTOTİPİ MONTAJI.....	60
BÖLÜM 6	65
ÇİFT BAŞLI ENDÜSTRİYEL BOYUTLARDA ÜÇ BOYUTLU YAZICI PROTOTİPİ KONTROLÜ	65
6.1. ENDÜSTRİYEL BOYUTLU ÜÇ BOYUTLU YAZICI ELEKTRONİK KONTROL ÜNİTESİ KURULUMU	65
6.1.1. NEMA 23 Adım Motorlar Ve Sürücülerin Bağlantısı.....	67
6.1.2. NEMA 23 Adım Motor Sürücü Ve Güç Kaynağı Bağlantısı.....	68
6.1.3. NEMA 17 Adım Motor Ve Arduino Ramps Bağlantısı	69
6.1.4. Isıtıcı Nozul Uç Ve Arduino Ramps Bağlantısı	70
6.1.5. Limit Siviçler Ve Arduino Ramps Bağlantısı.....	71
6.1.6. LCD Kontrol Ekranı Ve Arduino Ramps Bağlantısı.....	72
6.2. ÜÇ BOYUTLU YAZICI KONTROL YAZILIMLARI KURULUMU	73
6.2.1. Üç Boyutlu Yazıcı Arduino Programlama Ve Yükleme Ayarları.....	73
BÖLÜM 7	80
DENEY TEST VE UYGULAMALAR.....	80

	<u>Sayfa</u>
7.1. ENDÜSTRİYEL BOYUTLU 3B YAZICI PROTOTİP TESTLERİ.....	80
7.1.1. Üç Boyutlu Yazıcı Hız Testleri	80
7.1.2. Üç Boyutlu Yazıcı Baskı Ölçü Doğruluk Testi	81
7.1.3. Üç Boyutlu Yazıcı Isıtmalı Tabla Sıcaklık Testi.....	82
7.1.4. Üç Boyutlu Yazıcı Elektrik Tüketimi Testleri.....	84
7.2. FİLAMENT ÜRETİM SİSTEMİ PROTOTİPİ TESTLERİ.....	86
7.2.1. PLA Filament Üretimi Hız Testleri	86
7.2.2. PLA Filament Üretim Çap Testleri.....	87
7.2.3. Filament Üretim Sistemi Filament Üretim Malzeme Sıcaklık Değerleri	88
7.2.4. Üretilen Filament Malzeme İle Çekme Deneyi Testleri.....	89
7.2.5. Filament Üretim Sistemi Elektrik Tüketim Testleri	92
7.2.6. Filament Üretim Sistemi Makara Sarma Mekanizması.....	92
7.3. ENDÜSTRİYEL BOYUTLU ÇİFT BAŞLI ÜÇ BOYUTLU YAZICI MODEL BASKI UYGULAMALARI.....	93
7.3.1. Büyük Boyutlu Dişli Çark Modeli Baskı Uygulaması	93
7.3.2. Sehpa Ayakları Baskı Uygulaması	96
7.3.3. Filament Üretim Sistemi Dış Gövde Parçası Baskı Uygulaması.....	98
7.3.4. Üç Boyutlu Yazıcı Çift Kafa Baskı Uygulamaları	100
7.3.5. Granülden Modele Baskı Uygulaması.....	103
BÖLÜM 8	105
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	105
KAYNAKLAR	109
EK AÇIKLAMALAR A. ÜÇ BOYUTLU YAZICI BAĞLANTI PARÇALARI TASARIMI	114
EK AÇIKLAMALAR B. ÜÇ BOYUTLU YAZICI ELEKTRONİK PARÇALARI	123
EK AÇIKLAMALAR C. 3B YAZICI KONTROL PROGRAMLARI.....	130
ÖZGEÇMİŞ	140

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Prusa tipi 3B yiyecek yazıcısı ve teknik özellikleri .	8
Şekil 2.2. Kapalı kabin coreXY tipi yazıcı ve teknik özellikleri.	9
Şekil 2.3. CoreXY tipi 3B yazıcı.	9
Şekil 2.4. 3B seramik yazıcı ve teknik özellikleri.	10
Şekil 2.5. 3D Türk printers ESP mühendislik üç boyutlu yazıcı	10
Şekil 2.6. 3D TR Maxi 2 isimli endüstriyel boyutlu üç boyutlu yazıcı	11
Şekil 2.7. 3D TR Midi 2 Endüstriyel boyutlu üç boyutlu yazıcı	11
Şekil 2.8. 3D TR Maxi 1 endüstriyel boyutlarda üç boyutlu yazıcı	12
Şekil 2.9. Dünya genelinde hızlı prototipleme işlemi için birim satışlar	13
Şekil 2.10. Hızlı prototipleme alanında kullanılan teknolojiler	14
Şekil 2.11. Hızlı prototipleme yöntemlerinin sınıflandırılması	15
Şekil 2.12. Stereolitografi şematik görünümü.	15
Şekil 2.13. FDM işlemi şematik gösterimi.	16
Şekil 2.14. Birden fazla malzeme kullanılarak basılan satranç taşları.	18
Şekil 3.1. Çift başlı kartezyen tipi endüstriyel boyutlu 3d yazıcı prototipi.	20
Şekil 3.2. Yazıcı genel ölçüleri	21
Şekil 3.3. Endüstriyel 3B yazıcı görünüşleri.	21
Şekil 3.4. Endüstriyel boyutlu 3B yazıcı bağlantı parçaları numaraları.	22
Şekil 3.5. Sigma profillerin montajlanması ile oluşan gövde.	23
Şekil 3.6. Krom kaplı gövde denge ayakları	24
Şekil 3.7. Gövde ve ayakların montajı	24
Şekil 3.8. Ön kapakların gövdeye montaj edilmiş durumu	25
Şekil 3.9. Mil tutucu ve kılavuz mil montajı.	26
Şekil 3.10. Lineer kızak ray ile araba montajı ve iç yapısı.	26
Şekil 3.11. Kızaklar ile 9 numaralı parça montajlı görünümü	27
Şekil 3.12. Z eksenini ile Y ve X eksenini montajlanmış görünümü	27
Şekil 3.13. X eksenini ve 2 numaralı parça montajlı görünümü	28
Şekil 3.14. Z ve Y eksen milleri ile 1 numaralı parça bağlantısı.	28

Sayfa

Şekil 3.15. Y eksenli tahrik eden adım motorları model görünümü.....	29
Şekil 3.16. Isıtıcı nozul uçların, x eksenli ve nozul tutucu parça görünümü.....	29
Şekil 3.17. Çift filament ekstruder mekanizması	30
Şekil 3.18. Çift başlı endüstriyel boyutlu 3B yazıcı prototipi son hali.....	31
Şekil 4.1. Isıtmalı tabla prototipi.	32
Şekil 4.2. Endüstriyel amaçlı 3d yazıcı ısıtmalı tabla modeli.	33
Şekil 4.3. Isıtmalı tabla eksenler ve tablanın konumu.....	33
Şekil 4.4. Isıtmalı tabla ölçüleri ve baskı alanı.....	34
Şekil 4.5. Isıtmalı tabla iç plakaları	34
Şekil 4.6. Tabla alt taşıyıcı plaka modeli ve kalibrasyon hareketleri	35
Şekil 4.7. Isıtmalı tabla yalıtım plakası ısıtıcı rezistanslar solidworks modeli	36
Şekil 4.8. Yazıcı ısıtmalı tabla üst plaka solidworks modeli.....	36
Şekil 4.9. Alüminyum plaka.....	37
Şekil 4.10. Fiber plaka.....	38
Şekil 4.11. Silikon rezistans	39
Şekil 4.12. Tabla üzeri alüminyum delikli sac görünümü.....	40
Şekil 4.13. PID Sıcaklık kontrol cihazı	40
Şekil 4.14. Sıcaklık kontrol rölesi	41
Şekil 4.15. Isıtıcı tabla rezistanslar tabla ve tablanın montajı	41
Şekil 4.16. Sıcaklık kontrolcü, röle, rezistans bağlantı şeması	43
Şekil 4.17. Piyasada bulunabilecek üç farklı 3B yazıcı baskı tablası.....	44
Şekil 5.1. Ekstrüzyon işlemi şematik görünümü.	45
Şekil 5.2. Tasarlanan filament üretme sistemi (ekstruder) modeli	46
Şekil 5.3. Filament üretme sistemi ölçüleri.....	47
Şekil 5.4. Ekstruder 1 numaralı parça model görünümü ve ölçüleri.....	48
Şekil 5.5. Ekstruder vidası yataklayıcı parça modeli ve ölçüleri	49
Şekil 5.6. Ekstruder 2 numaralı parça model görünümü ve ölçüleri.....	50
Şekil 5.7. Ekstruder nozul parçası modeli ve ölçüleri	51
Şekil 5.8. Sistem ayak parçaları ölçüleri	52
Şekil 5.9. Ekstruder 3 numaralı plaka model görünümü	53
Şekil 5.10. Sıcaklık kontrol cihazları takma parçası model görünümü.....	53
Şekil 5.11. Sistem filament makarası taşıyıcı plaka model görünümü.....	54

Sayfa

Şekil 5.12. Kelepçe rezistans ve teknik özellikleri.....	55
Şekil 5.13. Sistemde kullanılan redüktörlü ac motor ve ölçüleri	56
Şekil 5.14. Filament sarma mekanizmasında kullanılan dişli çarklar	57
Şekil 5.15. Filament sarma sistemi motor ve dişli çarkları	58
Şekil 5.16. Filament sarım düzenleyici mekanizma.....	59
Şekil 5.17. Filament makara sarma ve düzenleme mekanizması konumları.....	59
Şekil 5.18. Ekstruder 2 numaralı parça ve nozul uç	61
Şekil 5.19. Filament üretim sistemi nozul ucu	61
Şekil 5.20. Ekstrüzyon bölümü iç ve dış görünümü.....	62
Şekil 5.21. Filament üretim sistemi gövde üst bölümü	62
Şekil 5.22. Filament üretim sistemi gövdesi	63
Şekil 5.23. Filament üretim sistemi görünümü iç elamanları.....	64
Şekil 5.24. Filament üretim sistemi kapalı gövdesi.....	64
Şekil 6.1. Endüstriyel boyutlarda çift başlı yazıcı elektronik aksam görünümü	66
Şekil 6.2. Jk1545 NEMA 23 adım motor sürücü ve ramps kart bağlantısı	67
Şekil 6.3. Ramps kartı ve adım motor sürücü bağlantısı.....	67
Şekil 6.4. NEMA 23 adım motoru sürücü bağlantısı	68
Şekil 6.5. NEMA 23 adım motor sürücü ve güç kaynağı bağlantı şeması.....	69
Şekil 6.6. NEMA 17 adım motoru ve Ramps kartı bağlantı şeması.....	70
Şekil 6.7. Pololu 4988 adım motor sürücü özellikleri	71
Şekil 6.8. Arduino ramps ve nozul uçlar bağlantı şeması	72
Şekil 6.9. Arduino ramps ve limit siviç bağlantıları.....	73
Şekil 6.10. Arduino ramps kartı ve 2004 LCD ekran bağlantı şekli	74
Şekil 6.11. Arduino programlama ekranı görünümü.....	74
Şekil 6.12. Bilgisayar aygıt yöneticisi arduino driverı görünümü.....	74
Şekil 6.13. Bilgisayara indirilmiş olan hazır arduino ayar dosyaları	75
Şekil 6.14. Arduino yazılımı ayarlar sekmesi görünümü	76
Şekil 6.15. Adım motorlar kayış kasnak hesapları yapılması	77
Şekil 6.16. Üç boyutlu yazıcı vidalı mil ayarları hesaplama görünümü	79
Şekil 7.1. Farklı hızlarda yazdırılan numune.....	82
Şekil 7.2. Test numunesi model ve baskı ayarları görünümü.....	82
Şekil 7.3. Test numunesi görünümü	83

Sayfa

Şekil 7.4. Sıcak tabla ısınma durumunda iken kontrolcülerin görünümü	83
Şekil 7.5. Sanayi tipi lazer temazsız sıcaklık ölçüm cihazı görünümü	84
Şekil 7.6. Tabla sıcaklık fiziksel ölçüm sonuçları görünümü	85
Şekil 7.7. Elektrik ölçümleri için kullanılan elektronik elektrik sayacı	86
Şekil 7.8. PLA filament üretim adımları rek oluşturulan filament akaraya sarımı .	87
Şekil 7.9. Filament üretim hızı ölçümü	88
Şekil 7.10. PLA filament üretimi için sistemde kullanılan sıcaklıklar görünümü	89
Şekil 7.11. Çekme test numunesi model ve baskı öncesi görünümü.....	90
Şekil 7.12. 3B Yazıcıdan baskı alınan çekme numuneleri	91
Şekil 7.13. Çekme testi başlangıç ve bitiş numune görünümleri	91
Şekil 7.14. Çekme testi sonucu elde edilen grafik.....	93
Şekil 7.15. Filament sarım görünümleri.....	94
Şekil 7.16. Büyük boyutlu dişli çark modeli tasarım görünümü.....	95
Şekil 7.17. Dişli çark cura programı Cura baskı ayarları dilimleme görünümü.....	95
Şekil 7.18. Üç boyutlu yazıcı da dişli çark basımı başlangıç görünümü.....	96
Şekil 7.19. Büyük boyutlu dişli çark basım işlemi.....	96
Şekil 7.20. 27 cm çaplı dişli çark basım işlemi ve baskı iç yapı görünümü.....	97
Şekil 7.21. Sehpa ayağı model ve ölçüleri	97
Şekil 7.22. Sehpa ayağı dilimleme ayarları ve modeli	98
Şekil 7.23. Sehpa ayakları baskı başlangıç aşamaları görünümü.....	98
Şekil 7.24. Sehpa ve Ayakları	99
Şekil 7.25. Sehpa ayağı baskı numuneleri hataları.....	99
Şekil 7.26. Filament üretim sistemi dış gövde parçası son tasarım görünümü	100
Şekil 7.27. Filament üretim sistemi gövde basımı baskı ayarları.....	100
Şekil 7.28. Filament üretim sistemi gövde baskı uygulaması	101
Şekil 7.29. Çift kafa çift renk numune basım işlemi dilimleme ayarları görünümü	102
Şekil 7.30. Çift kafa çift renk baskı numunesi baskı görünümleri	102
Şekil 7.31. Çift kafa çift renk baskı numunesi baskı görüntüleri	103
Şekil 7.32. Çift kafa destek için kullanılması ayarları.....	103
Şekil 7.33. Çift kafa destek için kullanılması ve baskı işlemi görünümü	104
Şekil Ek A.1. 6 Numaralı parça	115
Şekil Ek A.2. 4 Numaralı parça	115

Sayfa

Şekil Ek A.3. 2 Numaralı parça	116
Şekil Ek A.4. 1 numaralı parça	117
Şekil Ek A.5. 3 Numaralı parça	118
Şekil Ek A.6. 9 Numaralı parça	118
Şekil Ek A.7. 7 Numaralı parça	118
Şekil Ek A.8. 5 Numaralı parça	119
Şekil Ek A.9. Alüminyum sigma profil	120
Şekil Ek A.10. Köşe bağlantı sacı.....	120
Şekil Ek A.11. Krom kaplı kılavuz milleri ve arabaları.....	121
Şekil Ek A.12. Vidalı mil bilyalı somun.....	121
Şekil Ek A.13. Kayış ve kasnak çifti elemanları (T5).....	122
Şekil Ek A.14. T5 kayış diş ölçüleri tablosu.....	122
Şekil Ek B.1. Arduino mega 2560 kontrol kartı	124
Şekil Ek B.2. Ramps 1.4.	124
Şekil Ek B.3. Pololu A4988 adım motor sürücü devresi	125
Şekil Ek B.4. NEMA 23 Adım Motor Sürücü Kartı	125
Şekil Ek A.5. NEMA 17 adım motoru.....	126
Şekil Ek B.6. NEMA 23 adım motoru	126
Şekil Ek B.7. Endstop durdurucu siviçleri	127
Şekil Ek B.8. Üç boyutlu yazıcıyı besleyen güç kaynağı	128
Şekil Ek B.9. Nozul ısıtıcı uç ve genel ölçüleri	128
Şekil Ek B.10. Ekstruder itici mekanizması.....	129
Şekil Ek C.1. Repetier Host Programı Ane Menü Görünümü	131
Şekil Ek C.2. Repetier host programı görünümü	132
Şekil Ek C.3. Repetier-Host Programı (a) Bağlan sekmesi	132
Şekil Ek C.4. Repetier host programı.....	133
Şekil Ek C.5. Cura 3 boyutlu yazıcı dilimleme programı genel görünümü.....	134
Şekil Ek C.6. Cura programı	134
Şekil Ek C.7. Cura dilimleme programı yazıcı ve baskı ayarları görünümü	135
Şekil Ek C.8. Cura programı tabla üzerine yerleşim ayarları	135
Şekil Ek C.9. Cura programı g kod kayıt ve model yükleme menüsü	136
Şekil Ek C.10. Slicer programı ana menü görünümü	137

Sayfa

Şekil Ek C.11. Slicer programı indirme ve programı çalıştırma adımları	137
Şekil Ek C.12. Slicer programı	138
Şekil Ek C.13. Slicer yazdırma ayarları katman ayarları görüntüsü	138
Şekil Ek C.14. Slicer iç doluluk ayarları ve diğer ayarlar görünümü	139
Şekil Ek C.15. Slicer programı stl ve gcode olarak kaydetme menüsü görünümü..	139



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. 3D TR Maxi 2 teknik özellikleri.....	11
Çizelge 2.2. 3D TR Midi 2 teknik özellikleri.....	12
Çizelge 2.3. 3D TR Maxi 1 teknik özellikleri.....	12
Çizelge 3.1. Üç boyutlu yazıcı teknik özellikleri.....	20
Çizelge 3.2. Üç boyutlu yazıcı gövdesi için kullanılan profil ölçüleri.....	23
Çizelge 4.1. Üç boyutlu yazıcı teknik özellikleri.....	32
Çizelge 5.1. Sistemde kullanılan redüktörlü AC motor özellikleri.....	57
Çizelge 7.1. Üç boyutlu yazıcı baskı ölçüleri doğruluk hata payı tablosu.....	83
Çizelge 7.2. Tabla sıcaklık kontrolcüsü sıcaklık değişimleri.....	84
Çizelge 7.3. Isıtılmalı tabla ve yazıcı iç ortam sıcaklık karşılaştırma tablosu	85
Çizelge 7.5. Isıtıcı tabla elektrik tüketimi ölçülen değerler	86
Çizelge 7.6. Endüstriyel boyutlu 3d yazıcı genel elektrik tüketimi	86
Çizelge 7.7. Filament üretim sistemi 10 ar sn ve 1 er dk filament uzunlukları	88
Çizelge 7.8. Filament üretim sistemi 10 ar saniyelik filament çap ölçüleri.....	89
Çizelge 7.9. PLA erime sıcaklıkları karşılaştırması tablosu	90
Çizelge 7.10. 1,2,3 nolu çekme numuneleri baskı parametreleri.....	90
Çizelge 7.11. Üretilen ve hazır alınan PLA malzemelere ait çekme testi sonuçları ..	92
Çizelge 7.12. Filament üretim sistemi elektrik tüketim değerleri.....	93
Çizelge 7.13. Sehpa ayağı baskı özellikleri	98
Çizelge 7.14. Cura programı yazdırma ayarları	104

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

KISALTMALAR

CAD : Computer-Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)

PLA : Polylactic Acid (Polilaktik Asit)

ABS : Akrilonitril Butadin Stiren

SLS : Selective Laser Sintering (Seçici Lazer Sinterleme)

FDM : Fused Deposition Modelling (Erimiş Birikimli Modelleme)

3DP : 3 Dimensional Printing (3 Boyutlu Yazdırma)

3B : 3 Boyutlu

LOM : Laminated Object Manufactur (Lamine Nesne Malzeme)

SL : Stereolitografi

RP : Rapit Prototip (Hızlı Prototipleme)

UV : Ultraviyole Işık

RT : Rapit Tooling (Hızlı Takım)

RM : Rapit Manufacturing (Hızlı İmalat)

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Üç boyutlu yazıcı dijital ortamda hazırlanan üç boyutlu bir dosyadan (CAD çizimleri) üç boyutlu katı nesnelere üretmeyi sağlayan makinelerdir. Bu makineler tasarım ve çalışma mantığı olarak CNC sistemlere benzerdir. Üç boyutlu yazıcılar ile dijital ortamda tasarımı yapılmış modeller kısa süre içerisinde ele alınıp incelenmesi mümkün nesnelere haline gelebilmektedir.

Üç boyutlu yazıcılar genel olarak katmanları üst üste yığılma tekniği ile çalışmaktadır. Bununla ilgili farklı sistemler günümüzde kullanılmaktadır. Bunlardan en yaygın olarak kullanılanı ise plastik malzemeyi eriterek nesnelere oluşturan yazıcılardır. Üç boyutlu katı model olarak çizilmiş nesne bilgisayar ortamında özel programlar ile dilimlenerek katmanlara ayrılır. Bu katmanlar üç boyutlu yazıcı ile baskı esnasında eritilerek her katman üst üste gelecek şekilde yazdırılır ve somut nesneye dönüştürülür.

Üç boyutlu yazıcılar günümüzde endüstrinin her alanında kullanılabilir. Hatta baskı çeşitleri o kadar gelişmiştir ki hayatın her alanında 3 boyutlu yazıcı kullanma imkânı olabilmektedir. Kullanılan hammadde çeşitlerinin artması ve daha taşınabilir tasarımlar ortaya çıkması ile insanların üç boyutlu yazıcılara ilgisi her geçen gün artmaktadır. Üç boyutlu yazıcılar yeni bir ürün tasarım geliştirme sürecinde o ürünü ele alıp kontrol etmemize olanak vermektedir bu yönleriyle üretim sektöründe gelecek vadettiktedirler [1].

Plastik malzemeyi eriterek ince bir katman halinde model oluşturma işlemi ile çalışan 3B yazıcıların kullandığı filament hammaddeler çeşitli termoplastiklerdir. Bunların ortak özelliği belirli bir sıcaklık ile eritilerek şekil alması ve sertleştiğinde

bütün olarak kalmasıdır. Bu hammaddelerin üretilmesi için ekstrüzyon makineleri ile aynı şekilde çalışan filament ekstruder makineler geliştirilmiştir [2].

1.1. TANIMLAR

Üç boyutlu yazıcılar endüstri alanında kullanılan geleneksel üretim yöntemlerine göre farklı teknikler kullanır. 3B yazıcılar nesnelere keserek ya da delerek şekillendirmek yerine dijital tasarımı katmanlar halinde lazer sinterleme, üst üste yığma, polimer sertleştirme gibi teknikler kullanarak şekillendirir. Üç boyutlu baskı teknolojilerinde en yaygın olarak kullanılan yöntem katmanlı üretim yöntemleridir. En çok kullanılanı ise plastik malzemenin eritilerek katı nesnelere oluşturulmasını sağlayan FDM yöntemidir [3].

Üç boyutlu yazıcılar genel olarak gövde, hareket eksenleri ve motorları, baskı tablası, nozul ucu ve elektronik kontrol ünitesinden oluşmaktadır. Gövde yazıcının motorlarını eksenlerini tablası ve ısıtıcı ucunu taşıyan ana elamanıdır. Gövde kısmı yazıcının büyüklüğüne ve özelliklerine göre değişebilmektedir. Genel olarak plastik parçalar ve bunlar ile birleştirilen alüminyum parçalardan oluşmaktadır. Günümüzde yaygın olarak yapılan rebrap yazıcı projelerinde daha çok gijonlar plastik bağlantı parçaları ve alüminyum sigma profiller ile gövdeler oluşturulmaktadır [4].

Baskı tablası, üzerinde yazıcının baskı alabilmesini ve modeli oluşturmasını sağlayan elemandır. Tabla ısıtmalı ya da ısıtmasız olabilmektedir. Tabla ısıtmasız olduğunda ancak PLA benzeri yüksek ısı gerektirmeyen malzemelerin baskısı alınabilmektedir. Yüze yapışması için ısı gerektiren ABS gibi malzemeler yazdırılırken sorunlar çıkmaktadır. Model tabla ısınmadığı için tabladan ayrılıp kendi içerisinde büzülebilmektedir. Tabla ısıtma için özel elektronik rezistanslı PCB devreler ya da içerisinde rezistans bulunan farklı tasarımlar yapılabilmektedir. Baskı tablası boyutu günümüzde pek çok yazıcı için 20 cm ya da daha küçük tablalar kullanılmaktadır [5].

Nozul sistemi plastik enjeksiyon sistemlerinde de kullanılan mantığı kullanmaktadır. Bu uç, sistemin içerisine transfer edilen kablo şeklindeki filament hammaddeyi

ergiterek daha küçük boyutlarda enjekte etmek suretiyle katmanları ve modeli oluşturmaktadır [6].

Üç boyutlu yazıcının eksenleri nozul ucunun hareket etmesi ve bu hareketi istenilen şekilde yapmasını sağlayan elamanlardır. Eksenler genellikle triger kayış ve kasnak ile hareket etmektedir. Günümüzde çoğu yazıcıda X ve Y eksenleri triger kayış kasnak ile hareket etmektedir. Z eksenleri ise vidalı mil sistemi ile hareket sağlamaktadır. Triger kayış kasnak kullanılan eksenlere yüksek hız imkânı vermektedir. Kartezyen tipi yazıcılar için geçerli olan bu eksenler, delta tipi yazıcılarda değişmektedir. Delta yazıcılar üç eksen hareketini de kayış kasnak sistemi ile yapmaktadır. Bu özellikleri de onlara yüksek hız ile yazdırabilme imkânı vermektedir [7].

Üç boyutlu yazıcıların önemli elemanları motor ve elektronik kontrol ünitesidir. Motorlar hareket eksenleri üzerlerindeki kayış kasnak ve vidalı milleri hareket ettiren elamanlardır. Genelde adım (step) motorları kullanılır. Bu motorlar dönme hareketleri ile yazıcının hareketlerini gerekli hassasiyet ile yapabilmeyi sağlamaktadır. Adım adım hareket edebilmesi küçük hareketler için imkân vermektedir. Motorlara ek olarak elektronik kontrol ünitesi ise yazıcı da bulunan ısıtıcı uç, baskı tablası ve motorları kontrol eden diğer sistem elemanıdır. Genellikle kontrol ünitesi olarak arduino ve sanguinololu isimli kartlar kullanılmaktadır. Bu projede de kullanılan arduino kartı daha yaygın bir kullanıma sahiptir. Bunun nedeni üzerinde ramps kartı ile birleştirilerek daha çok destek ve özelliğe sahip olmasıdır [8].

1.2. ÜÇ BOYUTLU YAZICI TARİHSEL GELİŞİMİ

Üç boyutlu yazıcılar ilk olarak 1970'li yılların sonlarına doğru bilim dünyasının gündemine yerleşmeye başlamıştır. O yıllarda boyutsal anlamda çok büyük olup oldukça pahalı makinelerdi. İlk üç boyutlu yazıcı Charles Hull tarafından 1984 yılında geliştirilip imal edilmiştir. 1986 yılında üç boyutlu yazıcı üretmek için ilk şirket kurulmuştur. 1988 yılında kurulan bu şirket tarafından geliştirilen SLA-250 adında üretilen ilk üç boyutlu yazıcı geliştirilmiştir. Ve yine aynı yıl içerisinde Selective Laser Sintering (SLS) ve Fused Deposition Modelling (FDM) teknolojileri

keşfedilmiştir. 1993 yılında Massachusetts Institute of Technology (MIT) iki boyutlu yazıcılarda kullanılan injet teknolojisinden yola çıkarak yeni bir teknoloji geliştirdi ve buna 3 Dimensional Printing (3DP) ismi verildi. İlk renkli üç boyutlu baskılar bu yazıcılarda üretildi. 1995 yılında üç boyutlu yazıcıların satışı yapılmaya başlandı. 1996 yılında Z Corporation firması yüksek çözünürlüğe sahip ürünler üreten ilk üç boyutlu yazıcıyı tasarladı. Bu yazıcı aynı zamanda renkli basım yapabilme yeteneğine de sahipti. 2007 yılında Reprap adıyla ilk açık kaynak kodlu yazıcılar piyasaya çıkmaya başladı. Dolayısıyla üç boyutlu yazıcıları geliştirme imkanı hızla arttı. 2008 yılında Object Geometries şirketi, Connex500 ile aynı anda farklı malzemeler kullanarak ürün üretebildi. 2009 yılından itibaren Makerbot ve 3D Systems'in geliştirmiş olduğu Cubify gibi modeller sayesinde ev tipi üç boyutlu yazıcıların satışları giderek artmıştır [9].

1.3. GÜNCEL TEKNOLOJİK GELİŞMELER

Üç boyutlu yazıcı teknolojisi günümüzde hızla gelişmekte ve her alana girmeye başlamaktadır. Bu alanlar endüstri alanlarının da dışına çıkarak günlük hayatta pek çok noktada karşılaşılmaktadır [10].

Ev yaşamından tıp alanına, inşaat mimarlık sektöründen makine tasarım imalat sektörüne kadar geniş bir yelpazede kullanılabilir [11-13].

Son yıllarda endüstriyel firmalar kendi ürünlerinin üretiminde ya da dışarıya ürün baskısı şeklinde üç boyutlu yazıcı edinip kullanmaya başlamaktadır. Tıp alanında da çeşitli protezleri, organları üretebilme çalışmaları 3B yazıcılar ile günümüzde üzerinde çalışılmaktadır [14-16].

Yine diş hekimliği alanında diş ve implant yapabilen 3B yazıcılar bulunmakta ve kullanılmaktadır [17].

Yiyecek ve benzeri baskılar alınması da günümüzde gelişim göstermektedir. İstedığımız şekilde çikolata yada kurabiye gibi yiyecek ürünleri de özel tasarlanan ekstruder kafa sistemleri ile basılabilmektedir [18].

Üç boyutlu yazıcıların büyük boyutlu örneği ise ev baskısı yani bir inşaat içinde kullanılacak üç boyutlu yazıcılardır. Bu sayede 24 saat içerisinde yeterli büyüklükte ve ihtiyaç sahibi insanların barınabileceği bir ev ortaya çıkarılabilmektedir [19].

1.4. KULLANIM YERLERİ

Üç boyutlu yazıcılar endüstriyel tasarım alanında yeni ürün tasarımı aşamasında ele alınabilecek tasarımlar sağladığı için artarak kullanılmaktadır. Tasarımların bir ön prototipi bu teknoloji sayesinde hızlı bir şekilde üretilebilmektedir. En sık kullanım alanı plastik ürün üretimidir. Tasarlanan modeller plastik hammadde kullanarak çeşitli boyut ve özelliklerde üretilebilmekte ve elle tutulur modeller ortaya çıkabilmektedir [20-22].

Günümüzde tıp alanında yine yapay organ yada yapay doku üretimi yapılabilmektedir. Üç boyutlu yazıcı ile eklem kemik yada diş gibi tıbbi ürünler üretilmiştir. Üç boyutlu yazıcıların ev üretiminde ilk denemeleri günümüzde yapılmaktadır. İnşaat sektöründe kullanılması birçok kolaylık ve zaman tasarrufu sağlama potansiyeline sahiptir [23, 24].

Üç boyutlu yazıcıların bir diğer kullanım alanı ise yiyecek sektörü dür. Yiyecek üretmek için kullanılan özel kafalar ve nozul uçlar sayesinde istediğimiz şekil ve karışıma sahip kurabiye çikolata pizza ve makarna gibi birçok yiyecek üretmek artık mümkün olabilmektedir [25].

Üç boyutlu yazıcı bu sayede insan hayatının pek çok önemli alanına girmiş bulunmaktadır. Savunma sanayinde günümüzde prototip dışında son ürün üretimi içinde metal baskı alabilen üç boyutlu yazıcılar kullanılmaktadır. Yeni nesil savaş uçaklarının bazı parçaları üç boyutlu yazıcı aracılığı ile üretilip uçak üzerinde kullanılacaktır [26, 27].

1.5. ÇALIŞMA KAPSAMI

1- Plastik ürün için endüstriyel boyutlarda üç boyutlu yazıcı tasarımı.

- 2- Plastik ürün için endüstriyel boyutlarda baskı tablası tasarımı.
- 3- Plastik ürün için dikey çalışan filament ekstruder makinesi tasarımı.
- 4- Plastik ürün için endüstriyel boyutlarda üç boyutlu yazıcı prototipi.
- 5- Plastik ürün için endüstriyel boyutlarda baskı tablası prototipi.
- 6- Plastik ürün için dikey çalışan filament ekstruder makinesi prototipi.
- 7- Endüstriyel boyutlarda üç boyutlu yazıcı kontrolü.
- 8- Büyük boyutlu üç boyutlu baskı uygulamaları.
- 9- Çift yazdırma ucu baskı uygulamaları.

1.6. ÇALIŞMA PLANI

- 1- Endüstriyel boyutlarda üç boyutlu yazıcı ve baskı tablası tasarımı.
- 2- Geleneksel imalat yöntemleri ile endüstriyel boyutlarda üç boyutlu yazıcı imalatı ve montajı.
- 3- Geleneksel imalat yöntemleri ile endüstriyel boyutlarda baskı tablası imalatı ve montajı.
- 4- Geleneksel imalat yöntemleri ile dikey çalışan filament ekstruder makinesi imalatı ve montajı.
- 5- Endüstriyel boyutlarda üç boyutlu yazıcı elektronik kontrolü.
- 6- Büyük boyutlarda üç boyutlu ürün baskısı ve testleri.
- 7- Çift nozzle yazdırma uygulamaları.
- 8- Filament üretimi ve testleri.

1.7. ÇALIŞMANIN BEKLENTİLERİ

- 1- Plastik ürünler için endüstriyel boyutlarda üç boyutlu yazıcı tasarımı ve inşasını yerli literatüre kazandırma.
- 2- Endüstriyel boyutlarda üç boyutlu yazıcı elektronik bağlantılarını yerli literatüre kazandırma.
- 3- Endüstriyel boyutlarda üç boyutlu yazıcı kontrolünü yerli literatüre kazandırma.
- 4- Üç boyutlu yazıcılarda kullanmak için filament üretim sistemini yerli literatüre kazandırma.

1.8. PROBLEM

Günümüzde üretim yöntemleri her geçen gün daha hızlı üretim ve daha hassas üretim yönünde gelişme göstermektedir. Bunun yanında ihtiyaçların artması ile üretim adetleri de çok yüksek sayılara ulaşmıştır [28]. Bu bahsi geçen yöntemlerde ise üretim sırasında artık hammadde oranı çok yüksektir. Üç boyutlu baskı yöntemlerinin önemi burada ortaya çıkmaktadır. Üç boyutlu baskı işlemlerinde model sıfırdan oluşturulduğu için, kalıp ve talaşlı imalat ile üretimdeki artık hammadde oluşmamaktadır. Bunun yanında üç boyutlu baskı ile diğer yöntemler ile üretilmeyecek ya da birkaç işlemde üretilebilecek parçalar tek seferde üretilmektedir [29].

Ülkemizde ise üç boyutlu baskı teknolojisi yeni gelişmeye başlayan bir teknolojidir. Bu nedenle ülkemizde endüstriyel amaçlı kullanılacak üç boyutlu yazıcı çeşiti henüz azdır. Çalışma kapsamında üretilen endüstriyel üç boyutlu yazıcı prototipi ve hammadde maliyetini düşürecek filament üretim sistemi prototipi ile bu alanda yeni sistemlerin ülkemiz literatürüne kazandırılması sağlanacaktır.

1.9. AMAÇ

Bu çalışma çift başlı kartezyen tipi endüstriyel 3 boyutlu yazıcı ve onun kullandığı hammaddeleri üretebilen bir filament ekstrüzyon makinesi sistemini kapsamaktadır. Üç boyutlu yazıcı boyutları X 990 mm, Y 1035 mm, Z 1540 mm dir. Baskı boyutları X 600 mm, Y 700 mm ve Z 800 mm dir. Büyük baskı boyutları sayesinde büyük plastik parçalar basabilir ve baskı için filament hammadde sistemde üretilebilecektir.

Yapılan çalışmada genel amaç; hobi ve eğitim amaçlı kullanılan 3 boyutlu küçük ölçekli yazıcılardan farklı olarak büyük boyutlu endüstriyel bir üç boyutlu yazıcı tasarlamak ve prototipini üretmektir. 3B yazıcının çift nozul olması, ısıtıcı tablanın 220 V olması ve kapalı kabini diğerlerinden farklı özellikleridir. Çalışmada üretilen 3B yazıcıda kullanılacak filament hammaddeyi üretmek içinde filament ekstruder prototipi yapılmıştır. Doğrudan granülden üretilen filament 3B yazıcı da kullanılacaktır.

BÖLÜM 2

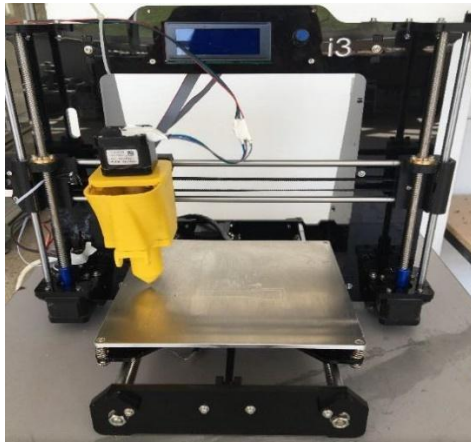
ÜÇ BOYUTLU YAZICILAR VE LİTERATÜRDEKİ ÇALIŞMALAR

Son yıllarda üç boyutlu yazıcı alanında Türkiye’de yapılan çalışmalar artarak devam etmektedir. Bu çalışmalar genellikle termoplastik malzeme kullanan yazıcılar üzerine odaklanmıştır.

2.1. ENDÜSTRİYEL TASARIM MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜNDE ÜRETİLMİŞ OLAN ÜÇ BOYUTLU YAZICI PROTOTİPLERİ

KBÜ’de şimdiye kadar (2015) Endüstriyel Tasarım Mühendisliği bölümünde üç boyutlu yazıcı konusunda çeşitli çalışmalar ve prototipler yapılmıştır [30]. Bu çalışmalarda ortak olan yön çalışmaların hepsi küçük boyutlu üç boyutlu yazıcılardır. Bu çalışmalara ek olarak günümüzde farklı özelliklerde yeni 3B yazıcı çalışmalarını da bölüm içerisinde devam etmektedir.

Şekil 2.1’de görülmekte olan çalışmada G. Kaya prusa tipi gövde yapısına sahip ve Kurabiye vb. yiyecek basabilen 3B yazıcı prototipi üretmiştir [31].



Genel boyutlar	400 x 400 x 360 mm
Baskı boyutları	200 x 200 x 120 mm
Baskı malzemesi	Krema, hamur, erimiş, çikolata vb.
Step motor	Nema 17
Nozzle çapı	Ø3 mm

Şekil 2.1. Prusa tipi 3B yiyecek yazıcısı ve teknik özellikleri [31].

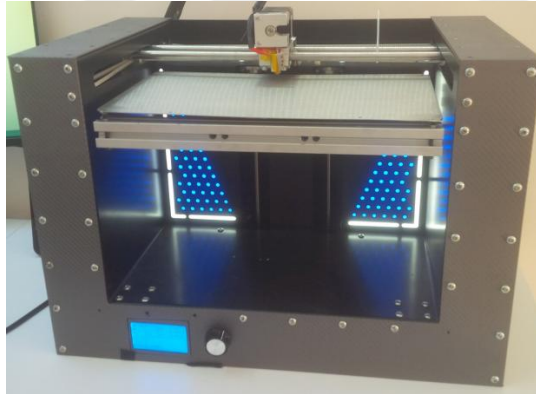
Şekil 2.2’de görülmekte olan G. Erel ve E. Yılmaz’ın yaptıkları çalışmada kapalı kabinli, küçük boyutlu ve core XY gövde tipi olan 3B yazıcı üretmişlerdir [32].



Tip	Kartezyen
Genel Boyut(XYZ)	400x400x360mm
Tabla Boyut(XYZ)	160x170x120mm
Nozzle	0.3 mm
Tahrik	XY Kayış-kasnak,Z M8 vida
Tabla ısıtması	Var
Filament	1.75 PLA/ABS/KOMPOZİT

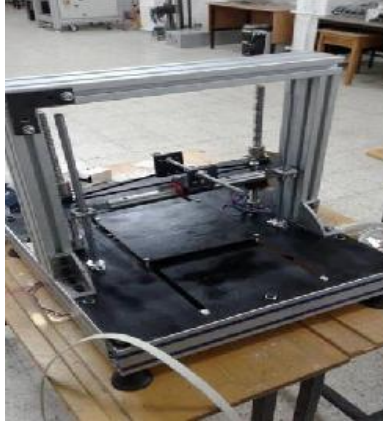
Şekil 2.2. Kapalı kabin coreXY tipi yazıcı ve teknik özellikleri [32].

Bölümde yapılan diğer çalışmada S. Musab Yavuz core xy tipi 3B yazıcı yapmıştır. Gövde kenarları kapalı olan yazıcı dış görünüşü ile göze hoş görünmektedir. (Şekil 2.3)



Şekil 2.3. CoreXY tipi 3B yazıcı [30].

Diğer çalışmada A. Çalışkan, ürettiği 3B yazıcı prototipi ile seramik ve alçı benzeri malzemeler ile baskı alabilecek bir sistem üretmiştir. Şekil 2.4’de 3B seramik yazıcısı görülmektedir [33].

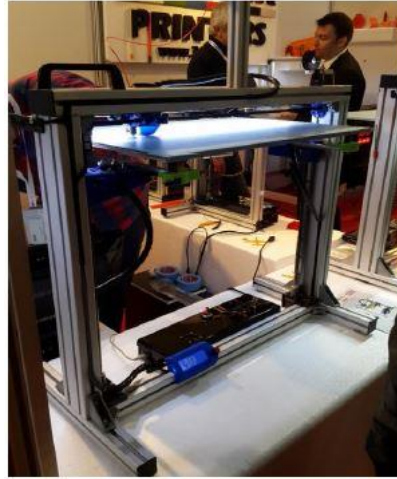


Genel boyutlar	500 x 550 x 480 mm
Baskı boyutları	210x210
Baskı malzemesi	Seramik, kil, derz
Step motor	Nema 17
Nozzle çapı	Ø1.5 mm, Ø3 mm, Ø5 mm

Şekil 2.4. 3B seramik yazıcı ve teknik özellikleri [33].

2.2. TÜRKİYE'DE ÜRETİLMİŞ OLAN ENDÜSTRİYEL BOYUTLARDAKİ ÜÇ BOYUTLU YAZICILAR

Şekil 2.5’de imalatı Bursa’da yapılan endüstriyel orta boyutlarda üretilmiş üç boyutlu yazıcı ve teknik özellikleri görülmektedir.



-Baskı hacmi:300x600x390mm
-Hassasiyet:0.05mm
-Nozzle çapı:0.35mm
-Filament çapı:1.75-3mm
- 0.4-0.5mm Extruder ucu opsiyonu
-Optik endstop 0.35 sensörler

Şekil 2.5. 3D Türk printers ESP mühendislik üç boyutlu yazıcı [34].

Şekil 2.6’da Bursa’da yapılan endüstriyel büyük boyutlarda üretilmiş diğer bir üç boyutlu yazıcı görünümü verilmiştir. Çizelge 2.1’de yazıcının teknik özellikleri görülmektedir.

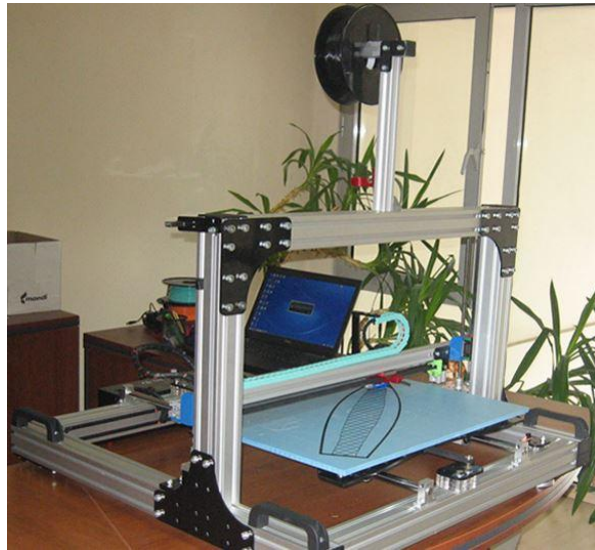


Şekil 2.6. 3D TR Maxi 2 isimli endüstriyel boyutlu üç boyutlu yazıcı [34].

Çizelge 2.1. 3D TR Maxi 2 teknik özellikleri.

Makina boyutu	1540 x 1200 x 900 (X-Y-H) mm.
Makina baskı hacmi.	1150 x 850 x 605 (X-Y-Z) mm
Extruder meme çapı	0.35 mm (0.5 mm)
Flament çapı	1.75 mm (3 mm)

Şekil 2.7’de Türk firması tarafından imal edilmiş bir diğer endüstriyel boyutlarda üç boyutlu yazıcı ve Çizelge 2.2’de bu yazıcının teknik özellikleri verilmiştir.

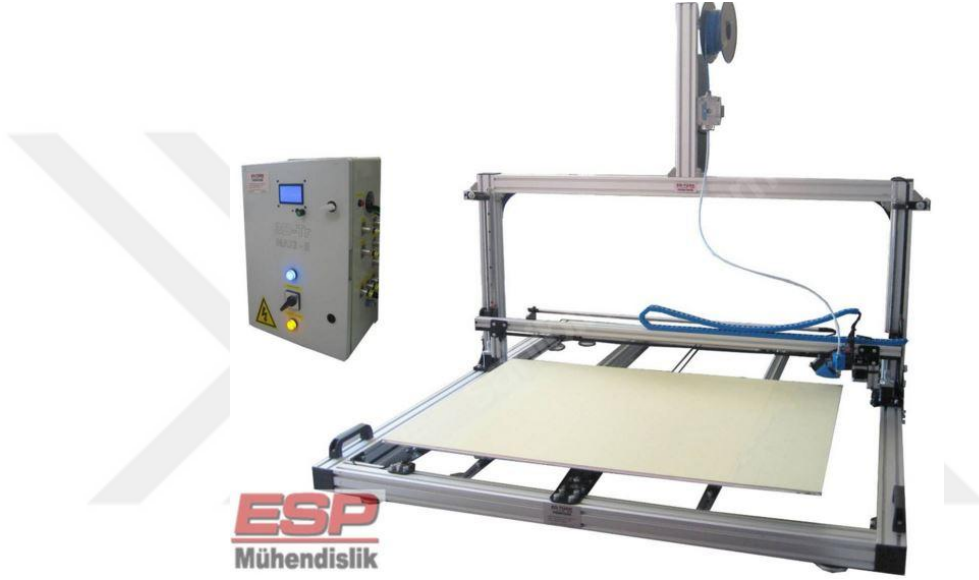


Şekil 2.7. 3D TR Midi 2 Endüstriyel boyutlu üç boyutlu yazıcı [34].

Çizelge 2.2. 3D TR Midi 2 teknik özellikleri.

Makina baskı hacmi.	600 x 400 x 500) (X-Y-Z) mm.
Extruder meme çapı	0.35 mm (0.5 mm)
Flament çapı	1.75 mm (3 mm)

Şekil 2.8’de yine üretimi Türkler tarafından yapılmış olan diğer bir endüstriyel boyutlarda üç boyutlu yazıcı ve Çizelge 2.3’de bu yazıcının teknik özellikleri verilmiştir.



Şekil 2.8. 3D TR Maxi 1 endüstriyel boyutlarda üç boyutlu yazıcı [34].

Çizelge 2.3. 3D TR Maxi 1 teknik özellikleri.

Makina baskı hacmi.	1000 x 700 x 350) (X-Y-Z) mm.
Extruder meme çapı	0.35 mm (0.5 mm)
Flament çapı	1.75 mm (3 mm)

Ülkemizde amatör olarak yapılan üç boyutlu yazıcılar genelinde küçük ev tipi boyutlarda ve baskı hacmi olarak çoğunlukla 20x20x20 mm yazıcılar üretilmektedir. Endüstriyel büyük boyutlu yazıcılara endüstrinin ihtiyacı arttıkça sayıları çoğalmaya başlamaktadır.

2.3. TÜRKİYE'DE FİLAMENT ÜRETEN FİRMALAR

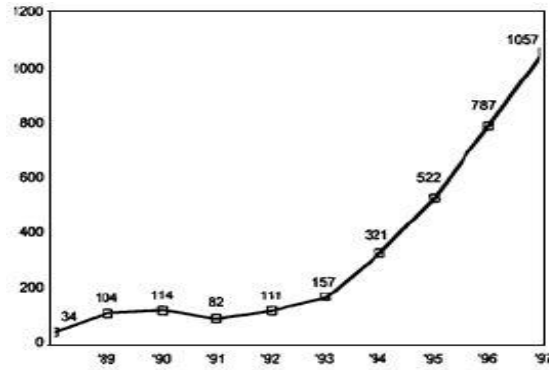
Türkiye'de filament üreten türk firmalarından biri "SANEM 3D" firmasıdır. PLA, PET ve ABS malzemeleri olmak üzere üç farklı filament üretilip satışını gerçekleştirir. Bir diğer filament üretici firma "Pİ (Pure Imagination)" firmasıdır. ABS, PLA, Nylon, Flex PLA, HIPS olmak üzere beş farklı filament üretilip satışını yapmaktadırlar.

"OO-KUMA" firması beş farklı filament üretilip satışa sunmuştur. Bunlar: ABS, PLA, FLEX, Karbon Fiber ABS, Ahşap dolgulu PLA (%30'dan fazla ahşap lifleri barındırır)'dır.

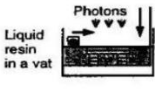
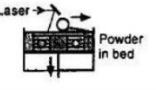
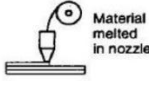
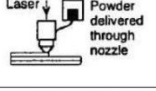
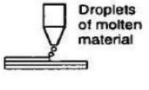
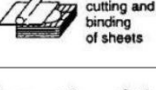
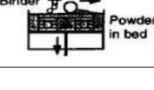
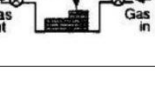
Bu firmalar dışında daha küçük boyutlarda işletmeler olarak filament üretme ve satış gerçekleştiren firmalar bulunmaktadır. Bunlar daha çok internet üzerinden satışlar gerçekleştirmekte ve son yıllarda artmaya başlamaktadır.

2.4. LİTERATÜRDEKİ ÇALIŞMALAR

1998 yılında Kruth, J. ve arkadaşları yaptıkları çalışmada o dönemdeki katı model üretimi ve hızlı prototipleme alanlarındaki araştırma ve geliştirmeler özetlenmiştir. Hızlı prototiplemenin dünya genelinde yayılışı incelenerek (Şekil 2.9), kullanılan yeni teknolojilere değinilmiştir (Şekil 2.10) [35].



Şekil 2.9. Dünya genelinde hızlı prototipleme işlemi için birim satışlar [35].

Stereo-lithography (SL)		Selective Laser Sintering (SLS)	
Fused Deposition Modelling (FDM)		Laser Cladding	
Ink Jet Printing (IJP)		Laminated Object Manufacture (LOM)	
Three Dimensional Printing (3D-P)		Selective Laser Chem. Vapour Deposition	

Şekil 2.10. Hızlı prototipleme alanında kullanılan teknolojiler [35].

Azari, A. ve arkadaşları yaptıkları çalışmada SLA yöntemi ile diş protezi 3B baskısı yapmışlardır. Stereolitografi (SLA): Bu işlemde, yazıcı SLS yazıcı gibi bir kap içindeki ışık ile serleştirilebilen sıvı reçine yüzeyinin üzerine bir lazer ışını odaklanır. Bu durumda, lazer ışını yaydığı mor ötesi ışını olan 3D modelini oluşturuncaya kadar bir seferde bir katman çizer, ve yüzeydeki kür ya da reçine sertleştirilir [36].

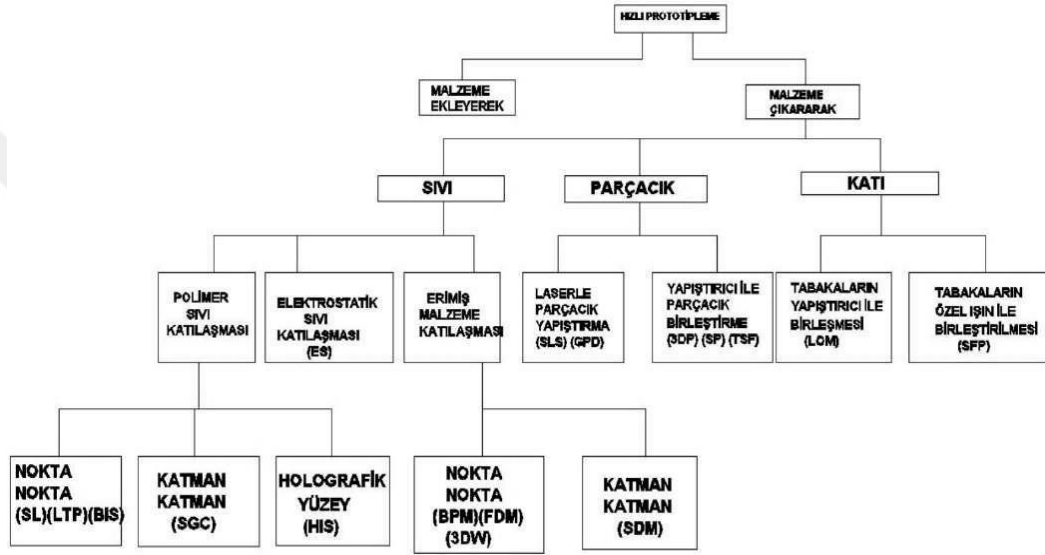
Herrmann, K. ve arkadaşları üç boyutlu yazıcıların tıp mühendisliği alanına olan faydalarını araştırmak için MR uyumlu bileşenleri üretebilen düşük bütçeli bir 3 boyutlu yazıcı ile yapılan baskı teknolojisi test edilmiştir. Bunun için açık kaynaklı bir 3 boyutlu yazıcı kullanılmıştır Çalışmada üç boyutlu yazıcı ile fare üzerinde deneyler gerçekleştirilebilmesi için çeşitli parçalar basılmıştır [37].

Chhabra, M. ve arkadaşları yaptıkları çalışmada genel imalat yöntemlerinden biri olan metal döküm teknolojisinin sanayideki uygulamaları gözden geçirilmiştir. Hızlı prototipleme ve metal yazdırma teknolojisi ile karşılaştırılmıştır [38].

Diğer bir çalışmada, stereolitografi (SL) teknolojisi ve doğrudan baskı teknolojilerini birleştiren hibrit bir üretim sisteminden bahsedilmiştir. 3 boyutlu baskısı alınan malzemenin içerisine elektronik aksam yerleştirmeyi inceleyen bir çalışma yapılmıştır [39].

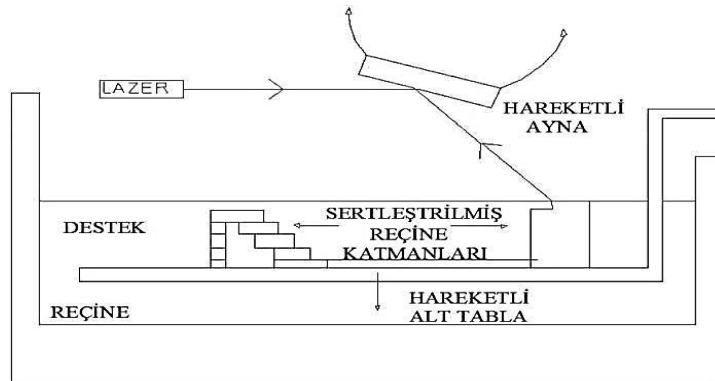
2011 yılında yapılan çalışmada Chimento, J ve arkadaşları ultrasondan elde edilen görüntüleri hızlı prototipleme teknolojisi ile üç boyutlu fiziki hale getirme çalışması yapılmıştır [40].

Hızlı prototipleme (RP) çok daha az insan müdahalesine ihtiyaç duyan, ve kısa bir süre içerisinde CAD modellerini doğrudan üretebilecek teknolojileri içinde bulunduran bir terimdir [41].



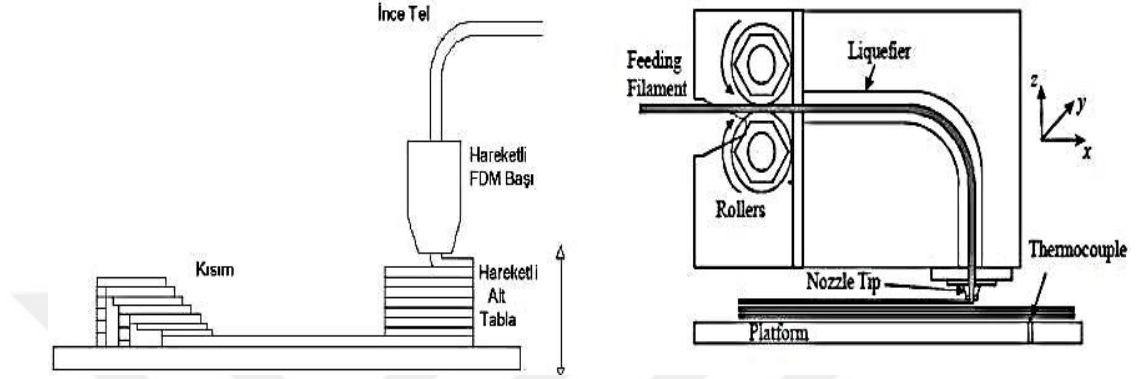
Şekil 2.11. Hızlı prototipleme yöntemlerinin sınıflandırılması [41].

Stereolitografi (SLA): Bu teknoloji ışıkla monomer reçinesi üzerinde işlem yapmaya dayanır. Bu işlemde bir polimer katman oluşturulur ve ultraviyole ışığa (UV) maruz kaldığında ise bu katman katılır (Şekil 2.35) [41].



Şekil 2.12. Stereolitografi şematik görünümü [41].

Erimiş Biriktirme Modelleme (FDM): FDM sistemi, en alt tabaka üzerine bir iplik halinde erimiş malzemenin hareketli bir kafa içerisinde geçerek akıtılmasıdır. Akıtılan malzeme katmanlar olarak tablaya yayılır (Şekil 2.13) ve yaklaşık 0.1 saniyede katılır [41].



Şekil 2.13. FDM işlemi şematik gösterimi [41].

1998 yılında doğrudan hızlı imalat işlemlerinin uygulanması hakkında yapılmış araştırmalar bir makale altında toplanmıştır. Bu çalışmada yeni hızlı prototipleme (RP) tekniklerinin üretim imalat sanayisine sağladığı avantajlardan bahsedilmiştir. Burada hızlı prototipleme yöntemlerinden SLS (Selective laser sintering) yöntemi ele alınmıştır. Hızlı prototipleme teknikleri sayesinde üretimin hızlandığı ve maliyetlerin de çok azaldığı anlatılmıştır [42].

2001 yılında yapılan çalışmada Qiu, D ve arkadaşları ekstrüzyon tabanlı LM (Katmanlı Üretim) işlemi için Akıllı takım yolu çıkarma işlemi anlatılmıştır [43].

Turner, B. ve arkadaşları çalışmalarında Ergimiş hammaddenin katmanlı yazdırılması (FDM) tekniği üzerine çalışma yapmıştır. Sistemin nasıl çalıştığı ve açıklamalarına değinilmiştir [44].

2001 yılında yapılan konferans çalışmasında sanatsal ve kavramsal tasarım için hızlı prototipleme teknolojisinin etkileri ve hızlı prototiplemenin gelecekteki yeri tartışılmıştır [45].

Bu çalışmada hızlı prototipleme sürecinin geometrik kopyalama yöntemlerine nasıl yeni imkânlar vermekte olduğu konusu anlatılmaktadır [46].

Geomerik verilerin kopyalanma prosedürü iki ana bölü içerir :

1. Gerçek modelin(ürün, araç) 3D dijitalizasyonu,
2. 3D dijitalleştirme işlemi tarafından ortaya konan bilgisayar modelinin (yüzeysel CAD işlemi) işlenmesi [46].

Dutson A. ve arkadaşları yaptıkları çalışmada evrensel ürün tasarımlarının fonksiyonel olarak değerlendirilmesinde hızlı prototipleme teknolojisinin kullanımı araştırılmıştır [47].

Diğer çalışmada; Hızlı prototipleme (RP) teknikleri, çeşitli model ve malzemelerden ilk prototip imal etme imkanı sağlar. Nano kompozit biriktirme sistemi (NCDS) malzeme olarak içerisinde nano kompozit malzeme kullanan bir deney ortamıdır. Hızlı prototipleme (RP) sistemi ile Ergimiş biriktirme modelleme (FDM) teknikleri 3 boyutlu yazıcıların ticari olan hızlı prototipleme süreçleridir. Hızlı prototipleme ile üretilen parçaların mekaniksel davranışını öğrenmek için hızlı prototip malzeme özelliklerinin ölçülmesi önemlidir. Tüm sistemler gibi biriktirme modelleme için baskı yönü, hava boşluğu, boncuk genişliği, renk ve model sıcaklığı gibi işlem parametreleri ile karakterize olur. 3D yazıcı ile nano kompozit yığıma sistemi farklı proses parametrelerinden oluşur. Hızlı prototip süreci ile imal edilmiş ürünlerin basınç değerlerini ölçmek için numuneler, ve çoğu anizotropik basınç özellikleri gösterilmiştir [48].

Diğer çalışmada Fantini M. ve arkadaşlarına göre insan kemik kalıntıları arkeoloji için çok önemli olmasından bahsetmiştir. Bu kemiklerin incelenmesi geçmişteki insanın yaşı ve cinsiyeti hakkında bilgi vermektedir. Bulunan birçok kemik kötü haldedir ve araştırma yöntemlerini zora sokmaktadır. Bu çalışmanın amacı ise fiziki olarak tahrip olan bir kafatası kalıntısının kayıp olan parçalarının sırasıyla tersine mühendislik, bilgisayar destekli tasarım ve hızlı prototipleme yöntemleriyle nasıl oluşturulduğunu araştırılmaktadır [49].

Çalışmada, üç boyutlu cam malzeme baskı tekniğindeki gelişmeler, yöntemler, teşhis ve sonuçlar araştırılıp belirtilmiştir. Ham haldeki cam hamuru malzemesi kullanılarak baskı alınan parça ile geri dönüştürülen cam hamuru malzeme kullanılarak baskı alınan parçalar karşılaştırılmıştır. Geri dönüştürülen cam malzeme kullanılarak baskı alınan parçanın katman kalınlığının daha fazla olmasından dolayı dış görünümünün de daha kaba olduğu belirlenmiştir [50].

2012 yılında yapılan çalışmanın amacı mikro kameralar ve potansiyel havacılık araştırması uygulamalarında çalışacak elektronik bileşenlerin uzay ve hava gözlem sensörleri için uygun olası farklı nano yüklerin uyumlu, kolay, çok amaçlı ve düşük maliyetli olarak CubeSat sisteminde ortaya çıkarmaktır. Plastik Cubesat: Yenilikçi ve düşük maliyetli uygulama geliştirmek amacıyla uzay araştırma ve eğitim araştırmasıdır. Plastik olan yapı buna dayalı tasarım ve üretimi cubesat sistemi ile açıklamaktadır [51].

Yapılan araştırmada birden fazla farklı malzeme kullanılarak üç boyutlu baskı ortaya çıkarma çalışması ve aşamaları anlatılmıştır (Şekil 2.14) [52].



Şekil 2.14. Birden fazla malzeme kullanılarak basılan satranç taşları [52].

Diğer çalışmada E. Macdonald ve arkadaşları tüketici elektroniği parçalarının 3B yazıcı ile yazdırılabilmesi ve bunun getireceği kolaylıklar ve yeniliklerden bahsetmektedir [53].

Yapılan diğer çalışmada M. Galantucci ve arkadaşları çalışmalarında açık kaynaklı bir 3B yazıcı ile yaptıkları yazdırma işlemlerini ve bu işlemler sonucu elde ettikleri ölçüleri analiz etmişlerdir [54].

Lanzotti A. ve arkadaşları yaptıkları araştırmada açık kaynaklı 3B yazıcı ile yazdırdıkları PLA numunelerinin mekanik özelliklerini incelemek için çekme testleri ve sonuçlarını incelemişlerdir [55].

C. Duran ve arkadaşları yaptıkları çalışmada çift baskı kafasına sahip gelişmiş bir masaüstü 3B yazıcı ile suda çözünebilen polivinil alkol maddesi ile baskı yapma çalışması araştırmışlardır [56].

Weiss B. ve arkadaşları çalışmalarında düşük maliyetli kapalı sisteme sahip bir 3B yazıcı üretmişler ve yazıcı kontrolü üzerine bir dizi test ve ölçümler yapmışlardır [57].

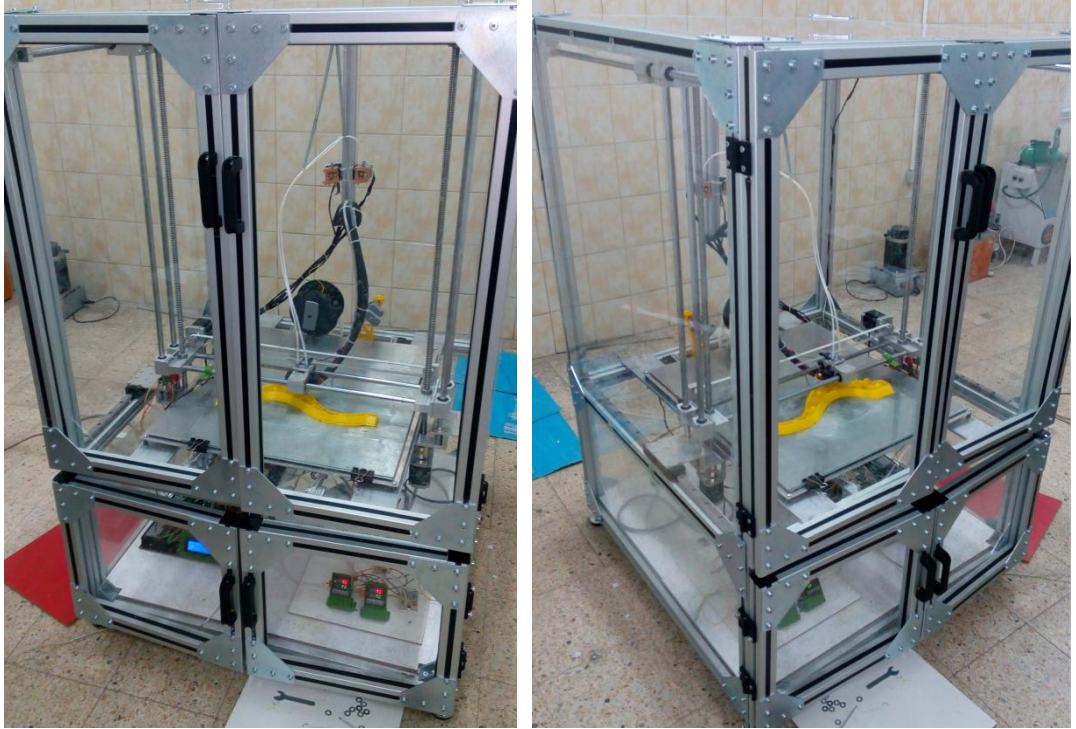
BÖLÜM 3

ÇİFT BAŞLI KARTEZYEN TİPİ ENDÜSTRİYEL AMAÇLI ÜÇ BOYUTLU YAZICI TASARIMI VE PROTOTİPİ

Çalışma kapsamında endüstriyel boyutlu üç boyutlu yazıcı tasarlanmış ve prototipi üretilmiştir. Sistemin teknik özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Üç boyutlu yazıcı teknik özellikleri [58].

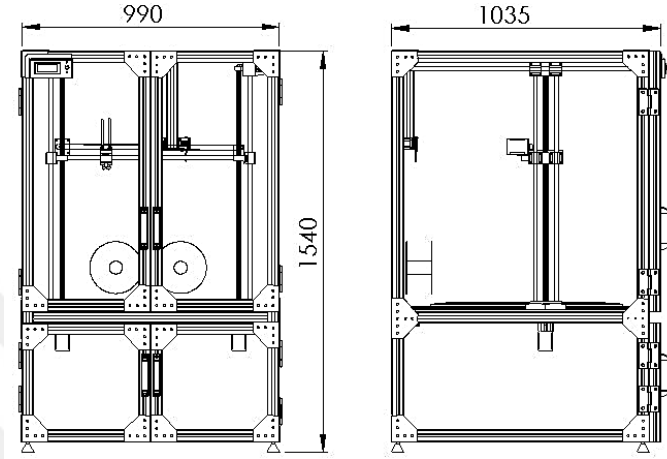
Sistem Ölçüleri	990 x 990 x 1500 mm
Yazdırma Alanı	600 x 700 x 800 mm
Baskı Ucu Ölçüleri	0,4 – 0,8 mm çap aralığında baskı ucu
Diğer Özellikleri	2 Nozul Uç, Kapalı Kabin, Sıcak Tabla, Rijit Yapı
Maliyeti	12000 TL



Şekil 3.1. Çift başlı kartezyen tipi endüstriyel amaçlı 3B yazıcı prototipi [58].

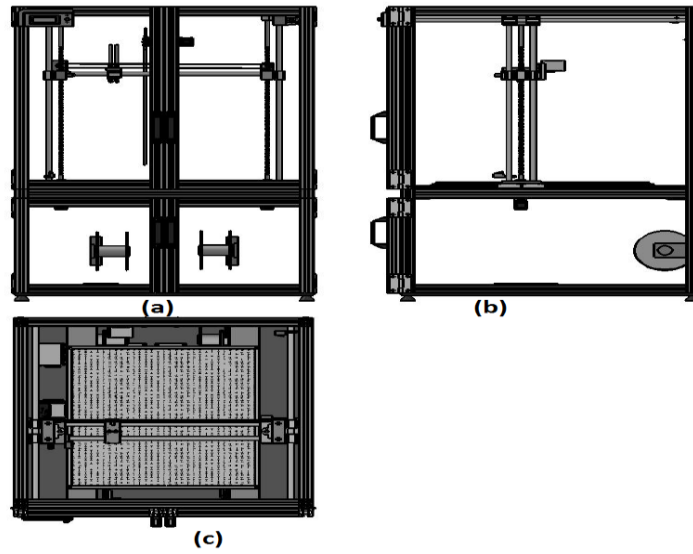
3.1. ÜÇ BOYUTLU YAZICI TASARIMI

Üç boyutlu yazıcının tüm parçaları ve ara elamanları Solidworks programı ile tasarlanmıştır. Çalışmada tasarlanan ve üretilen yazıcının genel ölçüleri Şekil 3.2’de verilmiştir [58].

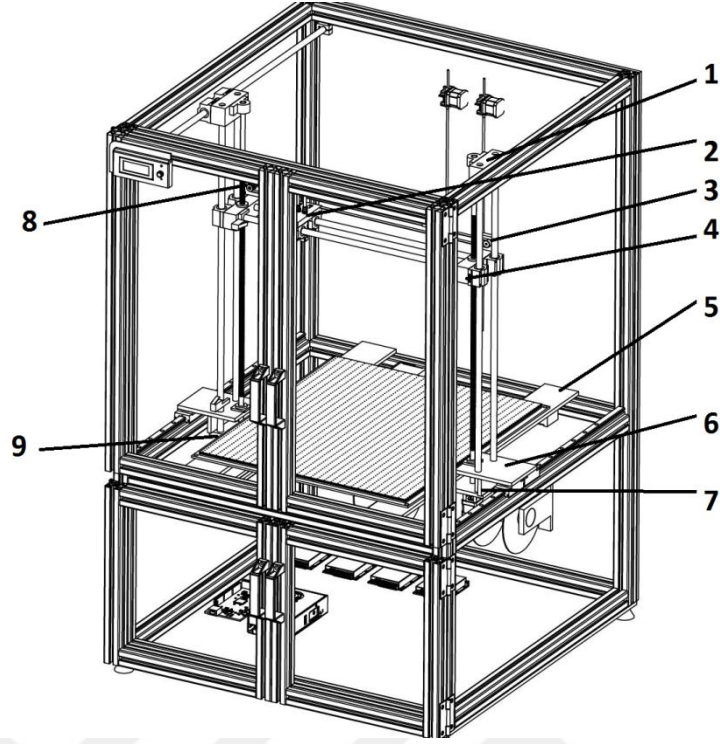


Şekil 3.2. Yazıcı genel ölçüleri [58].

Şekil 3.3’de tasarımı yapılmış endüstriyel boyutlarda üç boyutlu yazıcı modeli üç görünüşü verilmiştir.



Şekil 3.3. Endüstriyel 3B yazıcı görünüşleri. a) Ön görünüş. b) Yan görünüş. c) Üst görünüş.



Şekil 3.4. Endüstriyel 3B yazıcı bağlantı parçaları numaraları.

Çalışma kapsamında tasarımı yapılmış üç boyutlu yazıcının bağlantı parçaları detaylı olarak EK A.1’de verilmiştir.

3.2. ÜÇ BOYUTLU YAZICI PROTOTİP MONTAJI

Çalışmada yer alan üç boyutlu yazıcı tasarımı yapıldıktan sonra parçaları tedarik edilmiştir. Tedarik edilen parçaların talaşlı işlemleri ve montajı sonucu ortaya endüstriyel amaçlı bir üç boyutlu yazıcı prototipi ortaya çıkmıştır. Yazıcı prototipi imalat ve montajı Karabük Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Bölümü Atölyesinde gerçekleştirilmiştir.

3.2.1. Endüstriyel Boyutlarda Üç Boyutlu Yazıcı Gövde İnşası

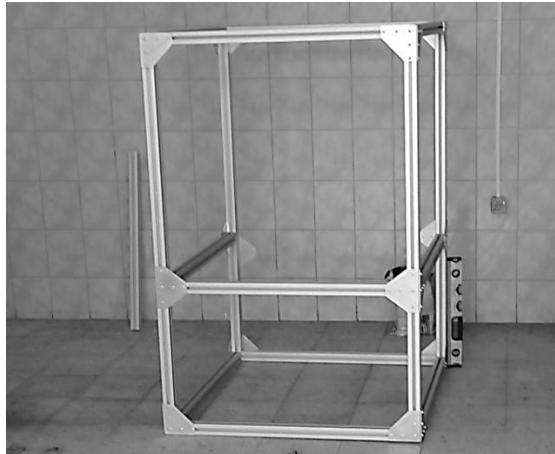
Öncelikle tedarik edilen malzemeler içerisinde gövdeyi inşa etmek için önemli olan sigma profiller birleştirilmiştir. Ana gövde bu şekilde oluşturmuştur. Sigma profiller köşe bağlantı

sacları ile birlikte birbirlerine montaj edilmiş böylelikle daha rijit bir gövde oluşturulmuştur. Gövde için gereken sigma profiller 45mm x 45mm genişliğinde çeşitli ve farklı boylardadır. Çizelge 3.2’de çalışmada kullanılan endüstriyel boyutlardaki üç boyutlu yazıcı prototipi için gerekli sigma profil ölçüleri verilmiştir.

Çizelge 3.2. Üç boyutlu yazıcı gövdesi için kullanılan profil ölçüleri.

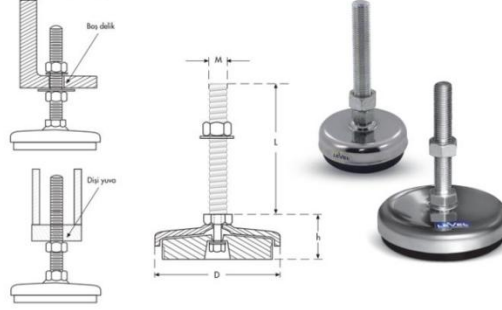
Profil Adedi	Profil Ölçüleri
12	45 mm x 45 mm x 990 mm
4	45 mm x 45 mm x 1500 mm
8	45 mm x 45 mm x 405 mm
4	45 mm x 45 mm x 1000 mm
4	45 mm x 45 mm x 455 mm

Ölçüleri Çizelge 3.2.’de verilen sigma profiller önceden kesilerek ve hazır halde çalışmaya başlanmıştır. Öncelikle sigma profillerden parça parça dörtgenler yapılmıştır. Bu dört profilden oluşan parçalar daha sonra birleştirilerek gövdenin dikdörtgenler prizması şekli oluşturulmuştur. Taban yüzeyinden 450mm yüksekliğe ise yazıcının tablasını ve ana sistemi taşıması için yine sigma profillerden kirişler montajlanmıştır. Şekil 3.5’de sigma profillerin montajlanarak oluşturulan gövde görülmektedir.



Şekil 3.5. Sigma profillerin montajlanması ile oluşan gövde.

Gövde sonrasında aşama aşama sağlamlaştırılarak civatalar kontrol edilmiştir. 4 adet yumuşak ve titreşim önleyici ayak, sigma profillerden oluşan gövdeye M10 civatalar ile monte edilmiştir. Şekil 3.6’da titreşim önleyici ayakların verilmiştir.



Şekil 3.6. Krom kaplı gövde denge ayakları.

Çalışmada yapılan üç boyutlu yazıcı prototipi masaüstü 3b yazıcılardan büyük boyutlarda olması sebebiyle adı geçen yazıcılardan daha büyük miller ve motorlar kullanılmıştır. Bu nedenle gövde daha rijit tasarlanmıştır. Yazıcı gövdesi inşası temel hatları ile bitirilip ve sonrasında hareket eksenleri ve eksen taşıyıcı parçalar montajlanmıştır. Yazıcı tablasının yerleştirilmesi için gerekli olan parçalar gövde orta kirişleri üzerine yerleştirilen iki adet 950x10 mm ölçülerinde lama plakalardır. Şekil 3.7’de titreşim önleyici ayaklar gövdeye monte edilmiştir.



Şekil 3.7. Gövde ve ayakların montajı.

Çalışmada gövde inşa işlemi ardından yazıcının kapalı olması böylece hava akımından etkilenmemesi amacıyla kapaklar montajlanmıştır. Bu ön kapaklar yine 45x45 mm ölçülerinde sigma profille oluşturulup plastik menteşe parçaları ile gövdeye montaj edilmiştir. Şekil 3.8’de ön kapakların gövdeye montaj edilmiş hali görülmektedir.



Şekil 3.8. Ön kapakların gövdeye montaj edilmiş durumu.

Ön kapaklar gövdeye montaj edildikten sonra üzerlerine açıp kapatmayı kolaylaştırmak için tutamaklar monte edilmiştir. Daha sonra gövde pencerelerine 3 mm kalınlığında şeffaf pleksiglas montaj edilerek hava akımı kesilmesi ve görünümün daha estetik olması öngörülmüştür.

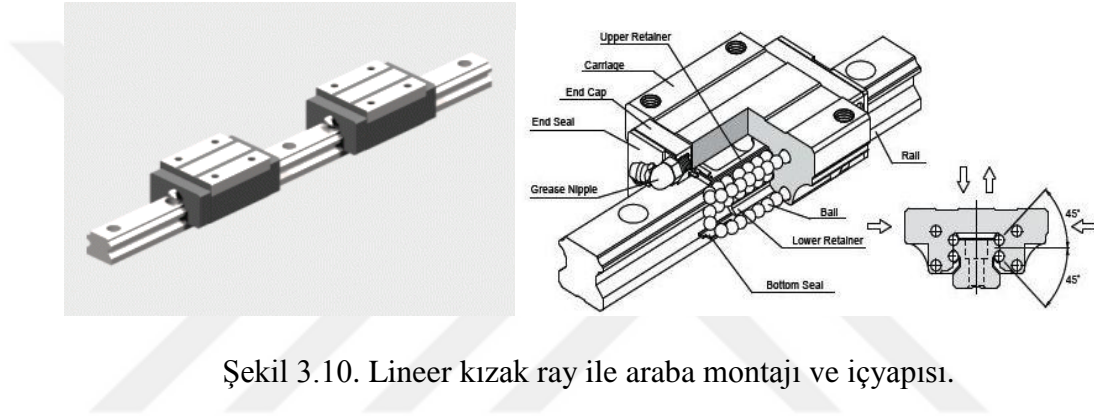
3.2.2. Üç Boyutlu Yazıcı Hareket Eksenleri Montajı

Çalışmada y eksenini önemli parçalarından olan üst kılavuz millerin montajı yapılmıştır. Üst kılavuz miller için doğrudan sigma profiller üzerine mil tutucu parçaların montajı yapılmıştır. Şekil 3.9’da mil tutucu ve kılavuz mil montajı verilmiştir.



Şekil 3.9. Mil tutucu ve kılavuz mil montajı.

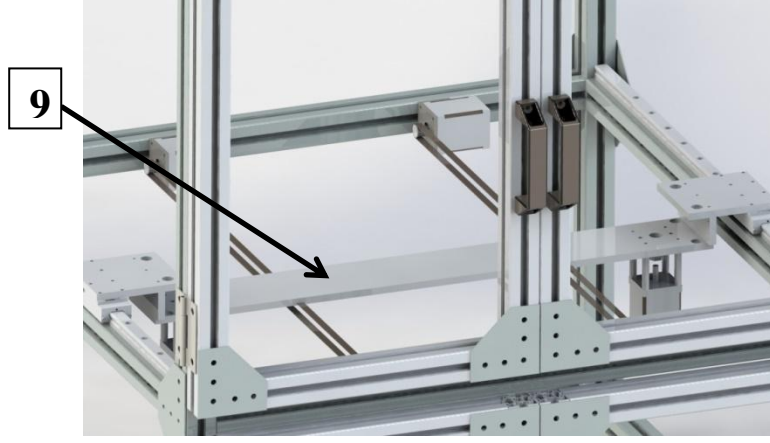
Sistemde diğer kılavuz görevi yapan elemanlar ise kılavuz rayları ve arabalarıdır. Lineer kızak ray ve arabası montajı Şekil 3.10’da verilmiştir.



Şekil 3.10. Lineer kızak ray ile araba montajı ve içyapısı.

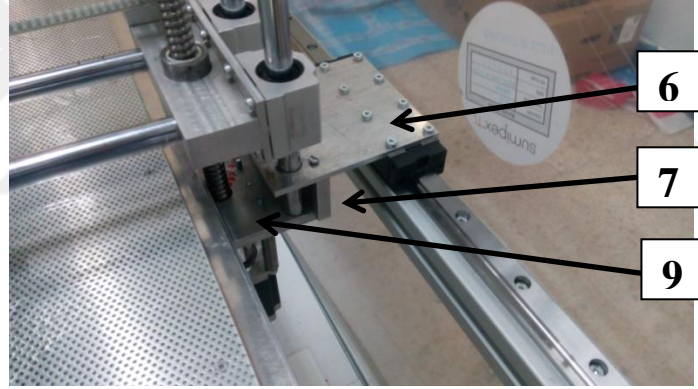
Lineer kızaklar tıpkı vidalı mil somun çifti gibi içerisinde yer alan bilyalı sistem sayesinde sürtünmeyi en aza indirerek hareket sağlar. Çalışmada gövdenin orta kısmında bulunan sigma profiller üzerinde lineer raylar yer almaktadır. Bu raylar ile arabaların montajı yapılarak mekanizma hazır hale getirilmiştir. Ardından sigma profiller ile raylar, raylar üzerindeki cıvata delikleri sayesinde montaj edilmiştir.

Arabalar içerisinde bilyeler ve yağlama mekanizması vardır. Ray hem dikey yükler hemde sağ sol yatay kuvvetlere karşı bir çözüm sağlamıştır. Şekil 3.10’da lineer kızak araba içyapısı görülmektedir. Kılavuz raylar ve miller montaj edilmesinin ardından kılavuz raylar üzerine gerekli parça montajı yapılmıştır. Bu parçalar daha sonra ara parçalar sayesinde Şekil 3.11’de görülen 9 numaralı parça ile birbirlerine bağlanmıştır.



Şekil 3.11. Kızaklar ile 9 numaralı parça montajlı görünümü.

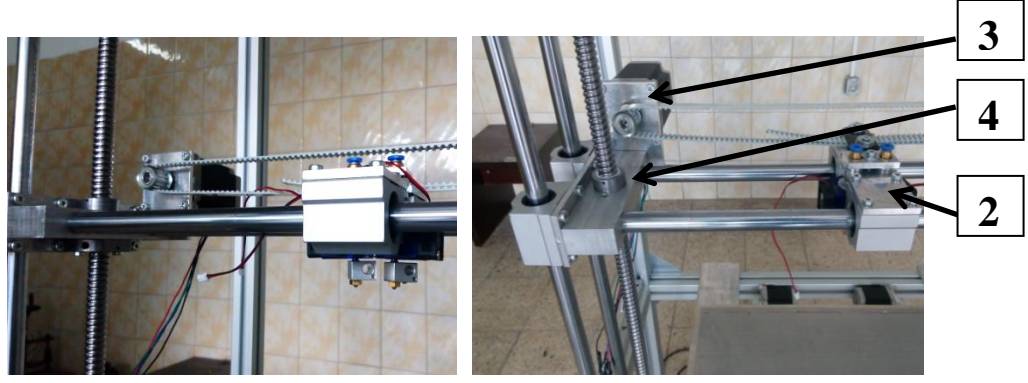
Bu aşamadan sonra z eksen kılavuz milleri ve z eksen vidalı milleri montajlanmıştır. Montaj görünümü Şekil 3.12’de verilmiştir.



Şekil 3.12. Z eksen ile Y ve X eksen montajlanmış görünümü.

Z eksenine ait miller 6 numaralı parça ve 9 numaralı bağlantı parçasına birleştirilmiştir. X eksen de bu miller aracılığı ile diğer 2 eksene bağlanmıştır. X eksen yukarı ve aşağıya hareket edebilmekte ve diğer büyük boyutlu yazıcıların aksine tabla sabit kalmaktadır.

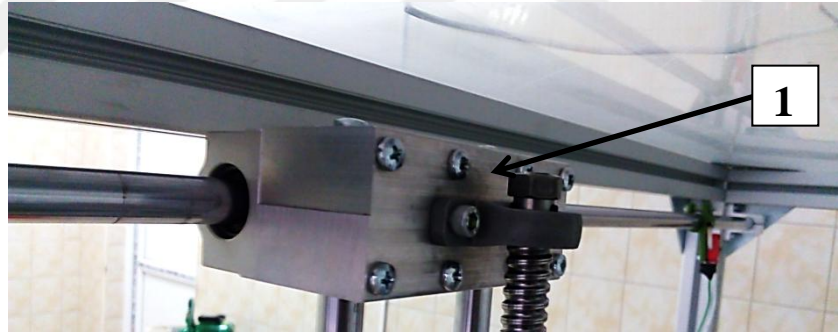
X eksen milleri ve 4 numaralı parça birbirine bağlanmıştır. X eksen hareketli kısmı olan 2 numaralı parçada bu millere bağlanmıştır. 2 numaralı parça (Şekil 3.13) lineer rulmanlar ile miller üzerinde hareket etmektedir. Bu hareket triger kayış ile hareket sağlanmıştır.



Şekil 3.13. X eksenini ve 2 numaralı parçayı birleştiren halinin görünümü.

2 numaralı parça üzerinde iki adet dairesel boşluk yer almaktadır. Bu boşluklara yazıcının iki başlı olmasını sağlayan iki adet nozul yerleştirilmiştir.

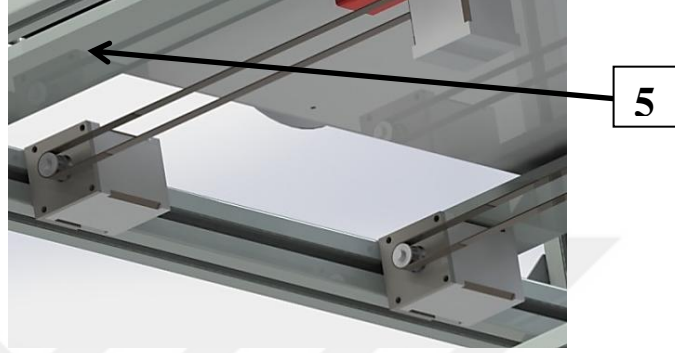
X ekseninin ardından z eksenini parçaları gövdenin alt kısmında bulunan 9 numaralı parçaya monte edilmiştir. Z eksenini milleri diğer ucu 1 numaralı parçaya monte edilmiştir. Şekil 3.14’de 1 numaralı parça görülmektedir.



Şekil 3.14. Z ve Y eksenini milleri ile 1 numaralı parçanın bağlantısı.

Z eksenini vidalı mili bu parça üzerinde bilyalı yatak ile yataklanmıştır. Şekil 3.12’de görülmekte olan bağlantı ile vidalı milin ağırlığı somun sayesinde yatağa aktarılmıştır. Vidalı miller ve eksenlerin montajı ile eksenleri hareket ettirecek olan adım motorları monte edilmiştir. Şekil 3.14’de X eksenini adım motor bağlantısı verilmiştir. X eksenini adım motoru şekilde görülen 3 ve 4 numaralı parçaya monte edilmiştir. Adım motorları montajı için 5 mm kalınlığında alüminyum plaka kullanılmıştır. Adım motorun miline trigger kasnak ve kayış bağlanmış ve x eksenini hareketi sağlanmıştır.

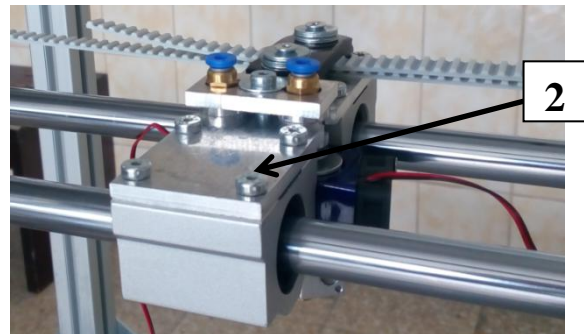
Y eksenli adım motorları 2 adettir ve 2 motor senkron olarak hareket etmektedir. Bu motorlar yazıcının 9 numaralı parçasını hareket ettirmek için kullanılmıştır. Adım motorları x ekseninde olduğu gibi 5 mm alüminyum plakalar ile bağlantı sağlanmıştır. Bağlantı plakaları 90° bükülerek motorlar sigma profile sabitlenmiştir. Şekil 3.15’de görülmektedir.



Şekil 3.15. Y eksenli tahrik eden adım motorları model görünümü.

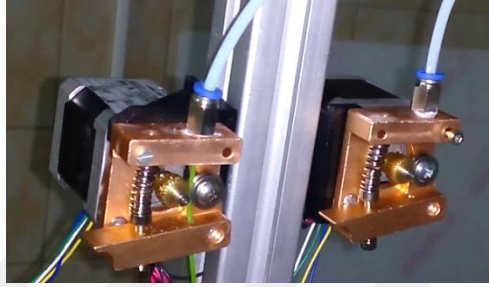
3.2.3. Üç Boyutlu Yazıcı Isıtıcı Uçlar Ve Filament İtme Mekanizması Montajı

Üç boyutlu yazıcılar için önemli parçalardan olan ısıtıcı uç (nozül) ve Filament transfer mekanizması (ekstruder) bu çalışmada iki adet kullanılmıştır. Nozül uçlar soğutucu blok üzerindeki kademeler sayesinde 2 numaralı parçaya montajlanmıştır. Nozül uçlar üstten alüminyum bir parça ile sıkıştırılarak rijit olmaları sağlanmıştır. Şekil 3.16’da nozül uçlar ve montajlı hali görülmektedir.



Şekil 3.16. Isıtıcı nozül uçları, x eksenli ve nozül tutucu parça görünümü.

Çalışmada 0.4 mm ve 0.8 mm nozul uçlar kullanılmıştır. Büyük parça baskılarında 0.8 mm uç kullanılarak zaman tasarrufu yapılmıştır. Isıtıcı blok içerisine filament transfer eden sistem ekstruder yani filament ekstruder mekanizmasıdır. Çalışmada filament transfer mekanizması olarak direkt NEMA 17 adım motorları kullanılmıştır. Motor miline direkt olarak dişli çark bağlanması ve bu çark ile filament transfer etmesi şeklinde çalışmaktadır. Şekil 3.17’de filament transfer sistemi (ekstruderlar) verilmiştir.



Şekil 3.17. Çift filament ekstruder mekanizması.

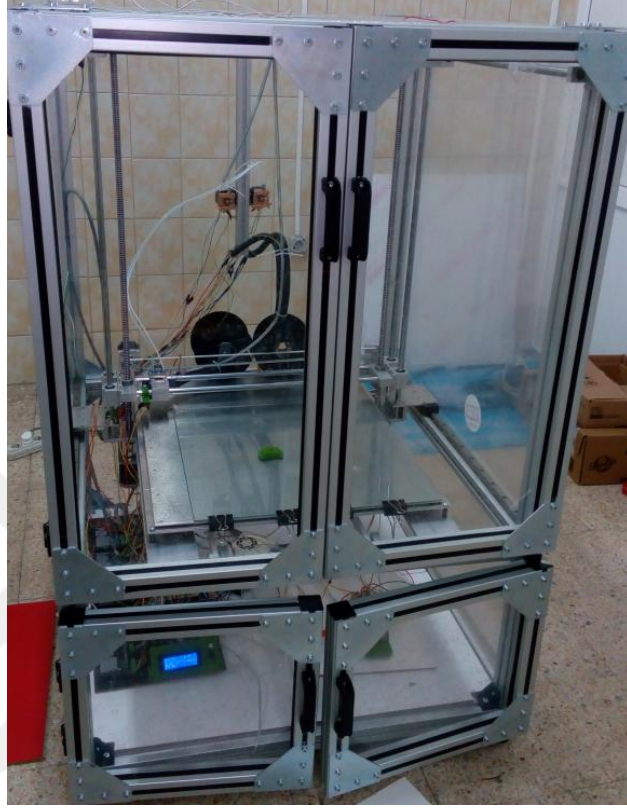
Filament ekstruder mekanizmasında adım motoru ile transfer edilen filament daha sonra alüminyum blok içerisinden geçerek pnomatik hortum ucu aracılığı ile teflon boru içine girmektedir. Teflon borular sıcaklığa dayanıklı ve iç çeperinde sürtünmenin çok az olduğu borulardır, bu nedenle filamentin içerisinde ilerlemesi kolay olmaktadır.

3.2.4. Endüstriyel Boyutlarda Üç Boyutlu Yazıcı Prototipi Genel Montajı

Üç boyutlu yazıcı eksenler filament itme sistemi gövde parçaları birleştirilmesinin ardından sistemin şeffaf çevre parçaları montajına geçilmiştir. Sistem büyük boyutlarda baskı alabilmesi ve bu baskı için kapalı bir kabin oluşabilmesi amacıyla dış gövde 3 mm kalınlığında şeffaf pleksiglas malzeme ile kapatılmıştır. Bu sayede sistem içerisinde ve tabla üzerinde hava akışı kesilmiştir. Kabinin dışından tabla görülebilmesi de sağlanmıştır.

Gövde oluşturan sigma profillerin dış kanalları kanal fitili ile kapatılmıştır ve görünümün daha güzel olması amaçlanmıştır. Pleksiglas malzemeler kanallar

içerisine yerleştirilmesi için yine sigma profil cam fitilleri kullanılmıştır. Şekil 3.18’de bahsedilen parçaların montajlanmış hali verilmiştir.



Şekil 3.18. Çift başlı endüstriyel boyutlu 3B yazıcı prototipi son hali.

BÖLÜM 4

ENDÜSTRİYEL AMAÇLI ÜÇ BOYUTLU YAZICI ISITMALI TABLA TASARIM VE PROTOTİPİ

Çalışmada büyük boyutlu yazıcı yapısı göz önüne alınarak büyük boyutlu baskı tablası tasarımı yapılmıştır. Tabla ısıtmalı bir yapı ile tasarlanmıştır. Bu sayede ABS gibi sıcak tabla gerektiren termoplastiklerin yazdırılabilmesi sağlanmıştır. Baskı katmanları oluşturulurken yazıcının tablası malzeme türüne göre büyük önem kazanmaktadır. Şekil 4.1’de çalışmada üretilen endüstriyel amaçlı üç boyutlu yazıcı tablası görülmektedir.



Şekil 4.1. Isıtmalı tabla prototipi [60].

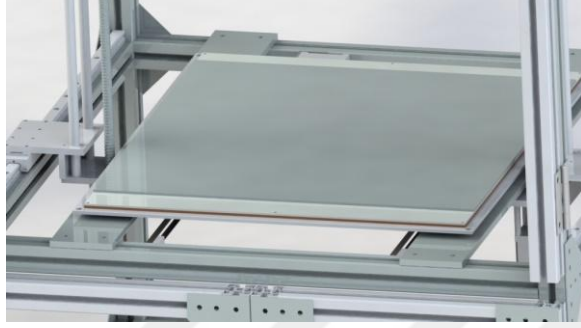
Isıtmalı tabla prototipi teknik özellikleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Üç boyutlu yazıcı teknik özellikleri [60].

Tabla ölçüleri	640 x 740 mm
Yazdırma Alanı	600 x 700 mm
Tabla malzemesi	Alüminyum
Diğer Özellikleri	2 adet 220 Volt 1000 Watt rezistans ile hızlı ısınma, harici kontrol ekranı, delikli yüzey yapısı, kalibrasyon civataları
Maliyeti	1600 TL

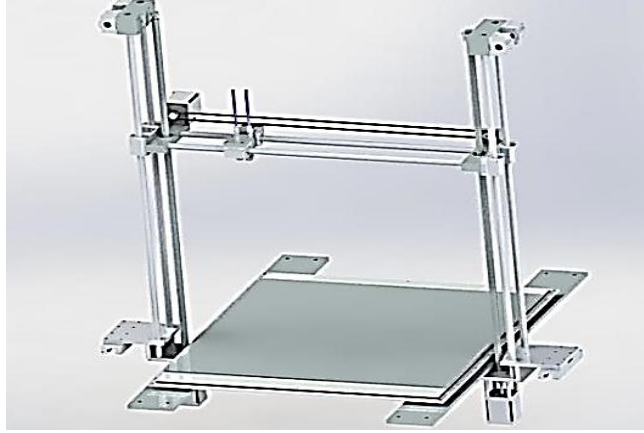
4.1. ISITMALI TABLA TASARIMI

Çalışmada üretilmek istenen prototip ABS gibi sıcak bir tabla isteyen malzemeler de basabilmek üzere tasarlanmıştır. Şekil 4.2’de tabla tasarımı verilmiştir.



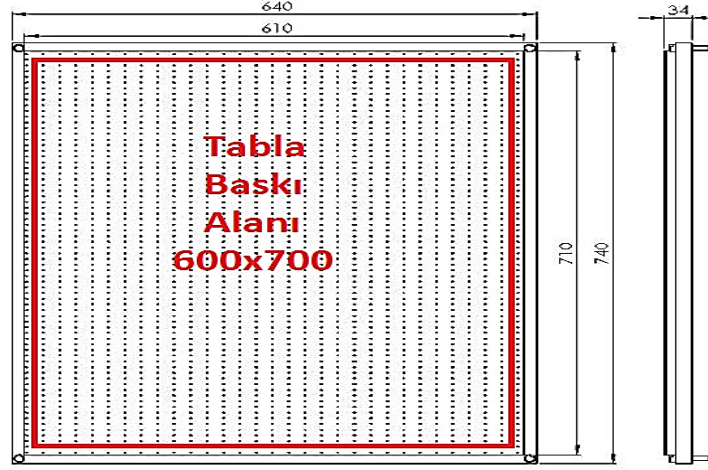
Şekil 4.2. Endüstriyel amaçlı 3B yazıcı ısıtmalı tabla modeli [60].

Isıtmalı tabla sayesinde hem PLA gibi malzemeler hemde ABS gibi malzemelerden baskı alınabilmesi hedeflenmiştir. Isıtmalı tablalar bir yazıcının en önemli parçaları ve en çok güç tüketen bölümüdür. Çalışmada tasarlanan ısıtmalı tabla model görünümü Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.3. Isıtmalı tabla eksenler ve tablanın konumu.

Isıtmalı tabla tasarlanırken sistem içerisinde tablanın sabit olması ve hareket etmemesi amaçlanmıştır. Tabla sabit iken eksenler hareketi sağlayıp baskı işlemini gerçekleştirmektedir. Tablanın eksenler ve sistem içerisinde görünümü Şekil 4.3’de görülmektedir.

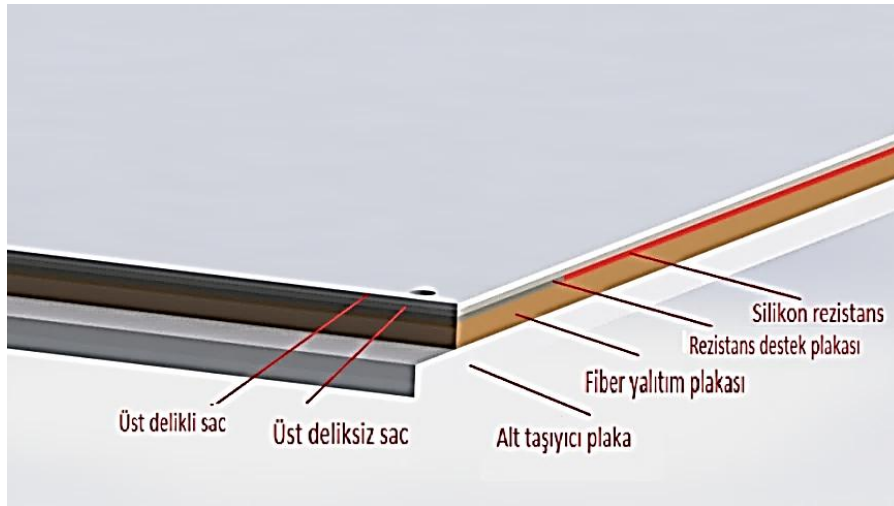


Şekil 4.4. Isıtmalı tabla ölçüleri ve baskı alanı.

Geleneksel üç boyutlu yazıcılarda baskı tablaları genellikle 200 x 200 mm ölçülerinde olmaktadır. Çalışmada tablanın baskı alanı 600 x 700 mm tasarlanmıştır. Şekil 4.4’de baskı tablası yazdırma alanı verilmiştir.

4.2. ISITMALI TABLA PARÇALARI TASARIMI

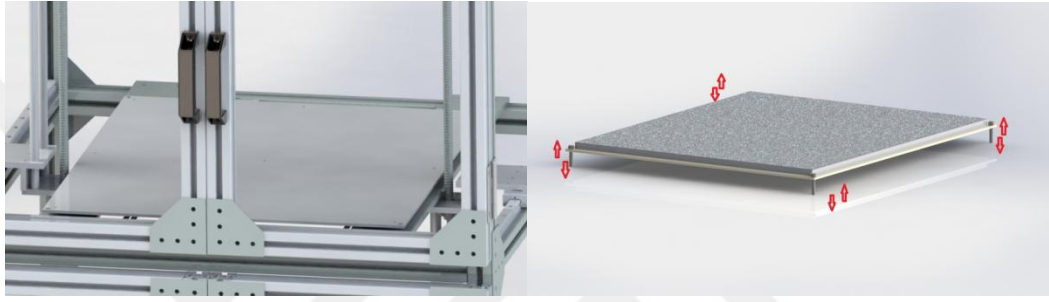
Endüstriyel boyutlarda ısıtmalı tabla parçaları genel olarak alüminyum olarak planlanmıştır. Alüminyum plakalar ve saclardan oluşturulmuştur. Sacların arasında rezistanslar ve yalıtım malzemesi yerleştirilmiştir. Şekil 4.5’de baskı tablası katmanları görülmektedir.



Şekil 4.5. Isıtmalı tabla iç plakaları.

4.2.1. Isıtmalı Tabla Alt Taşıyıcı Plaka

Isıtmalı tablanın en alt kısmına alüminyum plaka yerleştirilmiştir. Alüminyum plaka hem tablanın gövdeye montajını sağlamakta hemde tablayı oluşturan diğer katmanları üzerinde taşımaktadır. Taşıyıcı alt plaka ayrıca kalın bir plaka olduğu için sıcaklık sonrası tablanın şekil değiştirme imkanını da azaltmak amaçlanmıştır. Şekil 4.6'da tabla alt plakanın yazıcı üzerinde model görünümü ve kalibrasyon için dört köşeden hareketi gösterilmiştir.

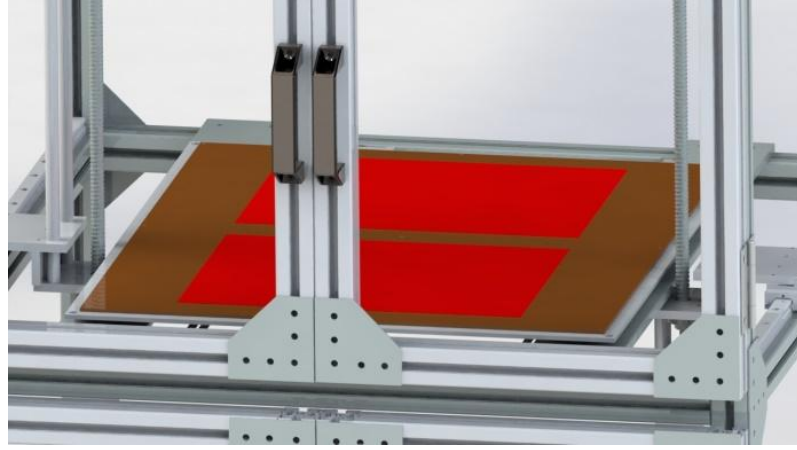


Şekil 4.6. Tabla alt taşıyıcı plaka modeli ve kalibrasyon hareketleri.

Alüminyum plaka genişlik olarak 750 mm x 650 mm x 4 mm ölçülerindedir. Plaka malzeme olarak alüminyum lama malzemedendir yapılmıştır. Bu plaka üzerine dört köşesinden delikler açılarak bu delikler ile tabla taşıyıcı plakaya bağlanmış ve bu dört civata ile kalibrasyon imkanı sağlanmıştır. Tablanın köşelerindeki civatalar sağ ve sola çevrilmesi sonucu tabla köşeleri seviyesi aşağı yukarı yönde hareket sağlanmıştır.

4.2.2. Isıtmalı Tabla Yalıtım Malzemesi Ve Rezistans Tasarımı

Endüstriyel boyutlarda üç boyutlu yazıcı ısıtmalı tabla içerisinde tabla alt taşıyıcı plakası üzerindeki katman olarak yalıtım malzemesi ve üzerinde ısıtıcı rezistanslar tasarlanmıştır. Şekil 4.7'de ısıtmalı tabla modeli üzerinde yalıtım plakası ve ısıtıcı rezistanslar görülmektedir.

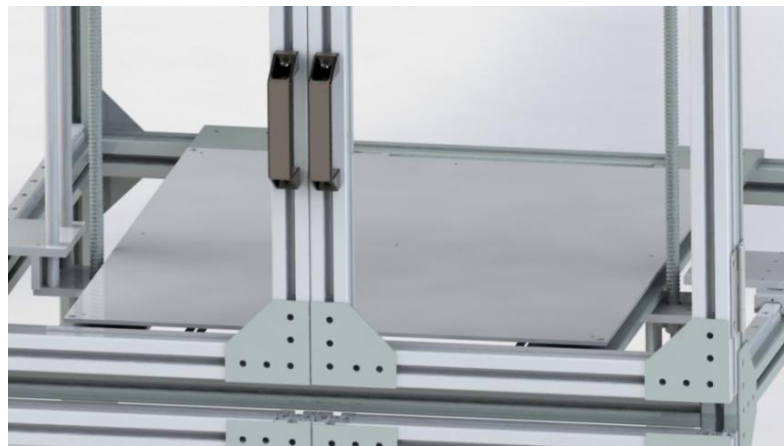


Şekil 4.7. Isıtmalı tabla yalıtım plakası ısıtıcı rezistanslar solidworks modeli.

Yalıtım malzemesi tabla üst yüzeyindeki sıcaklığın tabla alt plakasına ve yazıcı gövdesine geçişini engellemesi öngörülmüştür.

4.2.3. Isıtmalı Tabla Üst Plakaların Tasarımı

Isıtıcı tablanın önemli parçalarından birisi üst plakalardır. Baskı üst plakaya yapılacak ve burada tutulacaktır. Ayrıca üst plakalar rezistansların doğrudan ısıttığı bölgeler olması öngörülmüştür. Bu nedenle üst plaka olabildiğince ince tasarlanmıştır. Üst plakanın diğer özelliği delikli bir yapıda olmasıdır. Bu delikli yapıyı yazdırma aşamasında tabladaki modeli daha iyi tutabileceği öngörülmüştür. Şekil 4.8’de üst plakalar tasarımı verilmiştir.



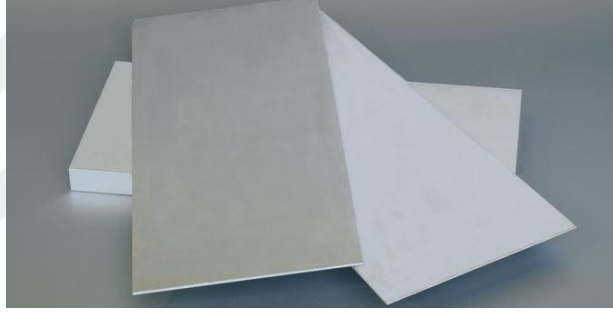
Şekil 4.8. Yazıcı ısıtmalı tabla üst plaka solidworks modeli.

4.3. ISITMALI TABLA HAZIR PARÇALARI

Isıtmalı tablanın hazır temin edilen parçalarına bu bölümde yer verilmiştir. Tablanın elektronik parçaları ve gövde malzemeleri anlatılmıştır.

4.3.1. Alüminyum Plaka

Alüminyum plakalar diğer metal malzemelere oranla daha hafif malzemelerdir. Tablada alüminyum plaka kullanma amacı yine daha hafif olması ve kolay işlenmesi ve ısınmasıdır. Üç boyutlu yazıcı ısıtmalı tablası sac plakalardan fiber plakadan ve silikon rezistanslardan oluşturulmuştur. Taban plakası 4 mm kalınlıkta ve düz bir yapıdadır. Şekil 4.9’da alüminyum plakalar görünmektedir.

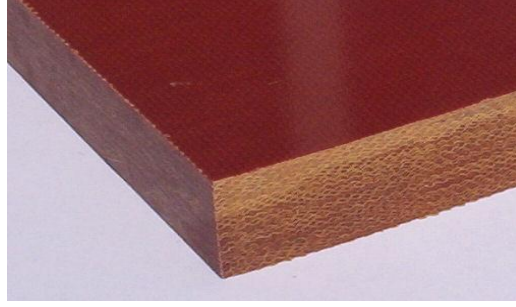


Şekil 4.9. Alüminyum plaka.

Taban plakası dört köşesinden 6 mm çapında delikler açılmıştır. Delikler ile tabla yazıcıya bağlanabilmesi ve kalibrasyon kolaylığı amaçlanmıştır.

4.3.2. Isıtmalı Tabla Yalıtım Malzemesi (Fiber Plaka)

Yalıtım malzemesi olarak fiber plaka kullanılmıştır. Fiber plakalar 130 °C sıcaklığa dayanıklı ve elektrik, sıcaklık yalıtım özellikli malzemelerdir. Fiber plakalar ahşap karışım özelliklidir ve görünüm olarak ahşaba benzemektedir. Çalışmada 3mm kalınlığında 600 mm x 700 mm boyutlarında fiber plaka kullanılmıştır. Şekil 4.10’da fiber plaka verilmiştir.



Şekil 4.10. Fiber plaka.

Fiber, pamuklu bez tabakaların fenol esaslı bir reçineye emdirilmesiyle elde edilen tabakaların üst üste belli bir sıcaklık ve basınç altında preslenmesi ile elde edilen termoset bir üründür. Elde edilmek istenen kalınlık kadar bez tabaka kullanılır. Hammadde olarak seçilen bezin kalınlığı dokuma sıklığı gibi özellikleri ve reçinenin kalitesi ile presleme prosesi elde edilen ürünün toplam kalitesini oluşturur.

Genel kullanım alanı elektriksel izolasyon olmakla beraber, oldukça geniş bir kullanım aralığı vardır. Bazı makine parçalarının yapımında, vakum pompaları, süt sağım makinaları, vidanjör kanatları gibi uygulamalarda ve düşük sıcaklık aralıklarında ($< 120\text{ }^{\circ}\text{C}$) ısı izolasyonu amacı ile plastik enjeksiyon kalıplarının ısı izolasyonları amacı ile kullanılmaktadır.

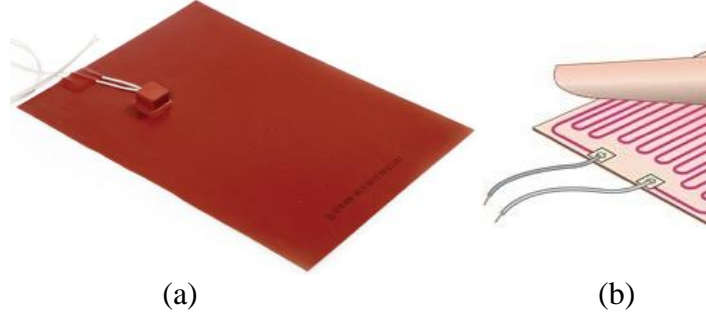
Özellikleri:

- Geniş ısı aralığında boyutsal stabilite
- Sürtünmeye karşı dayanıklılık
- Aleve karşı mükemmel direnç
- Uzun dayanma ömrü
- Yüksek mekanik dayanıklılık / ağırlık oranı
- Mükemmel ısı yalıtımı
- Mükemmel ses yalıtımı
- Paslanmazlık
- Suya karşı direnç

4.3.3. Silikon Rezistans

Silikon rezistanslar içlerinde rezistans telleri ve dış çevresi sıcaklığa dayanıklı silikon kaplı parçalardır. Silikon rezistanslar çok ince yapıdadırlar ve üzerlerindeki yapışkan kısım ile bir yüzeye yapışıp orayı ısıtabilmektedirler. Çalışmada 1 mm kalınlığında silikon rezistans kullanılmıştır. Rezistanslar 290 mm x 400 mm ölçülerindedir.

Silikon rezistans 230 Volt ve 1000 Watt güç özelliklerindedir. Şekil 4.11’de silikon rezistans görünümü ve iç yapısı verilmiştir.



Şekil 4.11. Silikon rezistans. a) Dış yapısı. b) İç yapısı.

Silikon esnek rezistanslar yapısında bulunan 300 °C dayanıklı silikon ve elyaf yapısı sayesinde tüm bükümlü yüzeylere mükemmel olarak yapışır. Silikon rezistanslar kendi içlerinde güvenlik amaçlı 150 °C emniyet termostatu içermektedir.

4.3.4. Alüminyum Düz Sac

Isıtmalı tabla bölümleri katmanlar şeklinde üst üste montajlanmıştır. Alüminyum malzemedan oluşan tablanın üst kısmı daha ince tasarlanmıştır. Silikon rezistanslar bu üst saca yapıştırılmıştır. Düz sac ısıtmaya ve delikli sac plakanın alt yüzeyinde destek oluşturma görevi öngörülmüştür. Düz sac, üstündeki delikli sacın deliklerinden basılan malzemenin içeriye akmasını ve sıcaklığın eşit dağıtılmasını sağlamaktadır. Düz sac katman 1 mm kalınlıkta ve 720 mm x 620 mm ölçülerindedir. Üzerinde kenarlarında sıralı olarak açılmış delikler sayesinde en alt plaka yalıtım fiber plaka ve üst delikli sac birbirine bağlanmıştır.

4.3.5. Alüminyum Delikli Sac

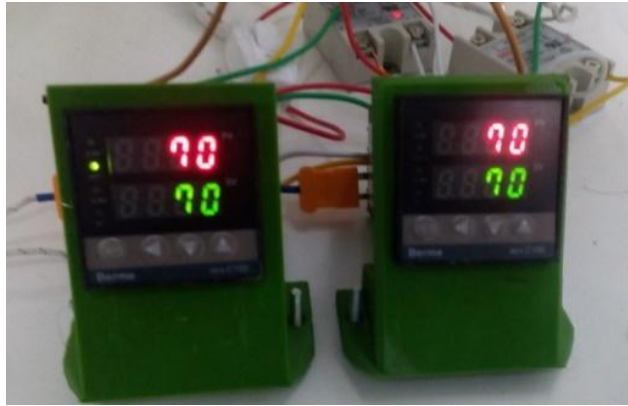
Delikli sac tablanın en üst katmanı ve baskının basılacağı yüzeyi oluşturmuştur. Yüzeydeki delikli yapı sayesinde baskı anında plastik malzeme gözeneklere girerek daha iyi tutunma sağlanacaktır. Baskının kenarlarının kalkması, kıvrılması problemini önlemesi öngörülmüştür. Şekil 4.12’de tabla delikli sac görünümü verilmiştir.



Şekil 4.12. Tabla üzeri alüminyum delikli sac görünümü.

4.3.6. PID Sıcaklık Kontrol Cihazı

Isıtmalı tablanın sıcak bir yüzey oluşturması için silikon rezistanslar kullanılmıştır. Bu silikon rezistansların ısınması ve belirli bir sıcaklıkta sabit kalabilmesi için termostat yada sıcaklık kontrol cihazları kullanmak gerekmektedir. Çalışmada sıcaklık kontrol cihazı kullanılması ve bunun ile tabla sıcaklığı dijital ekrandan okunabilmesi amaçlanmıştır. Sistem ısıtıcı rezistansların kontrolü sayesinde istediğimiz sıcaklığa ısınmakta ve sıcaklıkta sabit kalabilmektedir. Sıcaklığın sabit kalması için sistem güç açma kapama işlemi ile kontrol sağlamaktadır. Şekil 4.13’de sıcaklık kontrolcü görülmektedir.



Şekil 4.13. PID Sıcaklık kontrol cihazı.

4.3.7. Sıcaklık Kontrol Rölesi

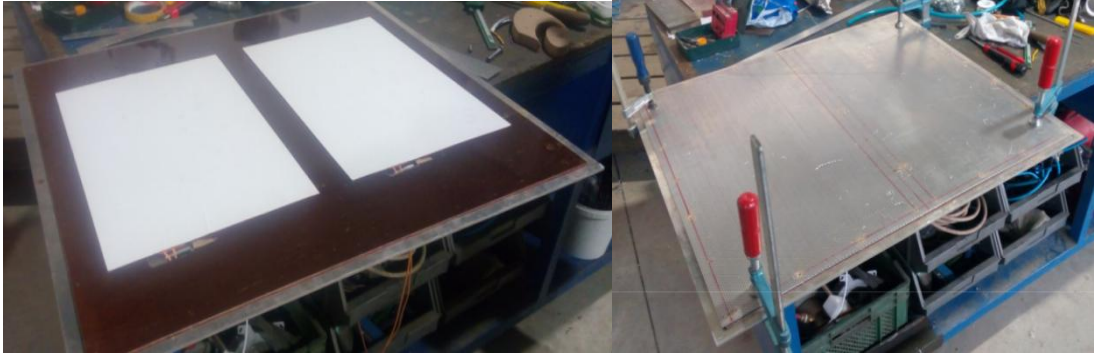
Çalışmada silikon rezistans sıcaklık kontrol cihazları ile kontrol edilmiştir. Sıcaklık kontrol cihazları rezistansa giden akımı açıp kapatarak sıcaklığı kontrol etmektedir. Bu açma kapama işlemini çok hızlı şekilde yapabilmek için ise röleler kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan sıcaklık kontrol rölesi Şekil 4.14’de verilmiştir.



Şekil 4.14. Sıcaklık kontrol rölesi.

4.4. ISITMALI TABLA PROTOTİPİ MONTAJI

Isıtmalı tabla bölümü yazıcının temel elamanlarından birisidir. Önem büyük olmasına karşın daha az parçaya sahiptir. Tabla montaj aşamasında ise alt taşıyıcı parça üzerine ortak delinmiş olan civata delikleri ile ortak olarak montajlanmıştır. Rezistanslar üst yüzeye alttan yapıştirılarak diğer parçalar ise civatalar ile montaj edilmiştir. Şekil 4.15’de alt taşıyıcı plakaya yalıtım malzemesi fiber plakaların montajlanmış durumu verilmiştir.



Şekil 4.15. Isıtıcı tabla rezistanslar tabla ve tablanın montajı.

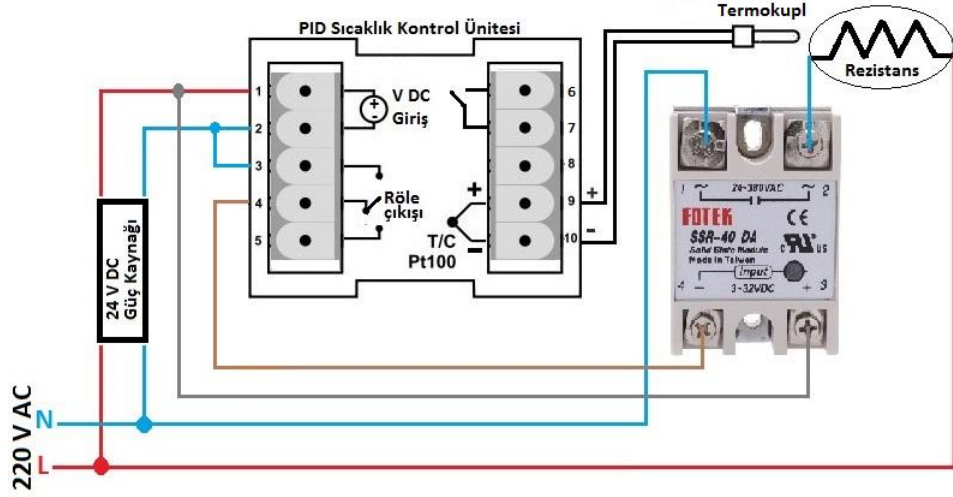
Şekil 4.15’de ısıtıcı tabla alt taşıyıcı plaka üzerine fiber plaka ve onun üzerine silikon rezistanslar yerleştirilmiş durumu verilmiştir. Isıtıcı plaka katmanlı bir yapı göstermektedir bu sayede hem daha ince hem de yalıtım olarak ısı daha az dağılacaktır.

Isıtmalı tabla silikon rezistanslar üzerine daha sonra 1 mm kalınlığında düz deliksiz sac yerleştirilmiştir. Düz deliksiz sac hem rezistansları yapıştırmak için hemde sıcaklığı kolay dağıtmak için kullanılmıştır. Düz sac malzeme ile birlikte delikli sac civatalar ile montaj edilmiştir. Delikli sac gözenekleri sayesinde tablaya baskı parçasının daha iyi tutunması sağlaması öngörülmüştür. Gerektiğinde tabla üzerine bir cam bağlayarak cam üzerine baskı alma imkânı da sağlanmıştır. Bu kullanım ile cam plakayı gerektiğinde sökerek baskı parçasını da tabladan kaldırmadan başka bir yere taşımak mümkün olabilecektir.

Isıtmalı tabla gövdesi delikli sacların montajı sonrası tamamlanmıştır. Sonrasında rezistanslar ile sıcaklık kontrol cihazları bağlantısı ve yazıcı üzerindeki tabla taşıyıcı plakalara montaj aşaması yapılmıştır. Isıtıcı tabla kontrol ünitesi olarak sıcaklık kontrol cihazlarına yer verilmiştir. Sıcaklık kontrol cihazları tablayı istenilen sıcaklıkta tutmaya ve ölçülen sıcaklığı göstermesi amacıyla kullanılmıştır. Sıcaklık kontrol cihazları doğrudan tabla rezistanslarına bağlanmış ve sıcaklık ölçüm için termokupullar tablanın içerisine gömülmüştür. Sıcaklık bu sayede ölçülmektedir.

4.5. ISITMALI TABLA ELEKTRONİK KONTROLÜ

Isıtmalı tabla sıcaklık kontrolü daha önce bahsedildiği gibi pid sıcaklık kontrol cihazları ile sağlanmıştır. Bu kontrol cihazları üzerindeki ekran sayesinde kendi üzerine bağlanan sıcaklık ölçüm termokupulu üzerinden aldığı bilgiye göre sıcaklığı anlık göstermektedir. Yine üzerine doğrudan bağlı röleler ve bu röleler üzerinden rezistanslara giden akım sayesinde istenilen sıcaklığı da ayarlanabilmesi amaçlanmıştır.



Şekil 4.16. Sıcaklık kontrolcü, röle, rezistans bağlantı şeması.

Isıtmalı tabla doğrudan 220 V güc ile beslenmektedir. Bu onun daha hızlı ısınmasını sağlamıştır. Ekrandaki sıcaklık değerleri istenilen sıcaklık ve anlık ölçülen sıcaklık olarak iki birimde verilmiştir. Rezistanslar röle aracılığı ile kontrol cihazına bağlanmıştır. Sıcaklık kontrol cihazı doğrudan 220 V ile beslenmiştir. Aynı güç kaynağı kontrol rölesine de bağlanmıştır. Güç kaynağının artı (+) kutubu kontrolcü ve röleye direkt bağlanmıştır. Eksi (-) kutubu ise kontrolcüye direkt bağlanmış ancak röleye bağlanmadan sadece rezistansın kutubuna bağlanmıştır. Rölenin içerisine giren artı kutubu yan girişten tekrar çıkarak rezistans artı kutubuna bağlanmıştır. Röleyi kontrol etmesi için kontrolcü ile röle arasında bilgi girişleri vardır bunlarda Şekil 4.16'da sıcaklık kontrolcü röle ve rezistans bağlantı şemasında verilmiştir.

4.6. ÜÇ BOYUTLU YAZICI TABLA KARŞILAŞTIRMASI

Üç boyutlu yazıcılar baskılarını tabla üzerine yapmaktadır ve modeli bu tabla üzerinde inşa etmektedir. Piyasada yapılan tüm üç boyutlu yazıcılarda tabla bulunmaktadır. Tablaları ısıtmalı olanlar daha geniş bir malzeme çeşidi basabilmektedir. Isıtma olmayan tablalar pla gibi malzemeler basabilmekte ancak yinede ısıtma olmaması parçaların bükülmesi kalkmasına sebep vermektedir. Üç boyutlu yazıcıların nozul uçlarından çıkan plastik malzeme 200+ °C sıcaklıktan oda sıcaklığının altında olan tablaya temas ettiğinde ani bir soğuma geçirerek büzülmemektedir. Sıcak tablalar bu büzülme miktarını daha azaltmaktadır sıcak

yüzeye basılan parça daha çok yapışmaktadır. Sıcak tablalar malzeme çeşidine göre maks 100 °C civarı bir sıcaklık vermektedir. ABS filament 100 °C sıcaklıkta biraz daha yumuşak özellik göstermektedir. PLA malzeme baskılarında ise 50 °C bir tabla sıcaklığı yeterli olmaktadır.

	ZORTRAX ISITMALI BASKI TABLASI <ul style="list-style-type: none">> 20x20 baskı alanı> Delikli baskı yüzeyi> Alüminyum yapı> 12 V güç	
	REPRAP BASKI DEVRE ISITMALI TABLA <ul style="list-style-type: none">> 20x20 baskı alanı> Alüminyum baskı devre yapı> 12 V güç	
	MAKERBOT ISITMASIZ BASKI TABLA <ul style="list-style-type: none">> 28,5 x 15,5 baskı alanı> Isıtmasız pleksi yapı> Sökülüp takılabilir	

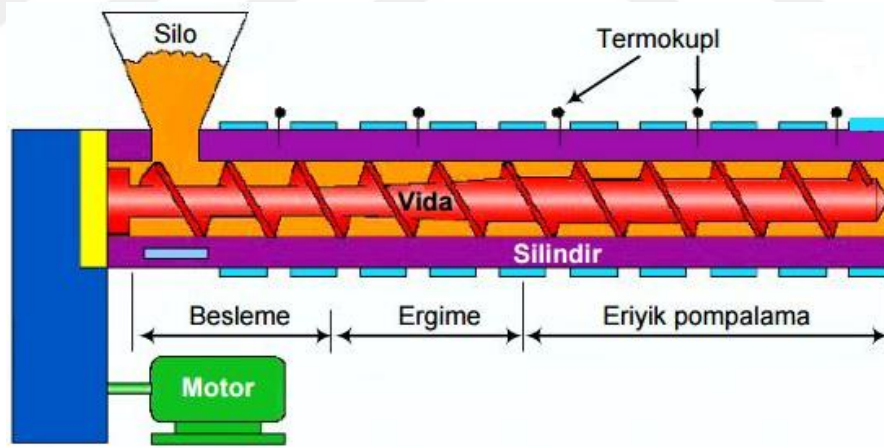
Şekil 4.17. Piyasada bulunabilecek üç farklı 3B yazıcı baskı tablası.

Şekil 4.17’de piyasada bulunabilecek farklı özelliklerde 3 farklı baskı tablası ile projede üretilmiş prototip karşılaştırılması verilmiştir.

BÖLÜM 5

FİLAMENT ÜRETİM SİSTEMİ TASARIM VE PROTOTİP ÜRETİMİ

Filament üç boyutlu yazıcıların genel hammaddesi olmaktadır. Filamentler üç boyutlu yazıcıların bir nevi kartuşu olmaktadır. İki boyutlu yazıcılar kartuşlar ile baskı yapmaktadır üç boyutlu yazıcılar ise üç boyutlu baskı için filament kullanmaktadır. Filament ince bir kablo benzeri belirli çaplarda ekstude edilmiş plastik malzemenin adıdır. Günümüzde büyük ekstrüzyon makineleri ile plastik üretim yapılmaktadır. Sanayinin birçok kolunda ekstrüzyon kullanılmakta ve çeşitli maddelerin üretiminde kullanılmaktadır. Plastik maddeler ve belirli sıcaklıklarda eriyebilen pek çok malzeme ekstrüzyon ile üretilmekte şekil verilebilmektedir. Şekil 5.1’de ekstrüzyon işlemi şematik olarak görülmektedir.



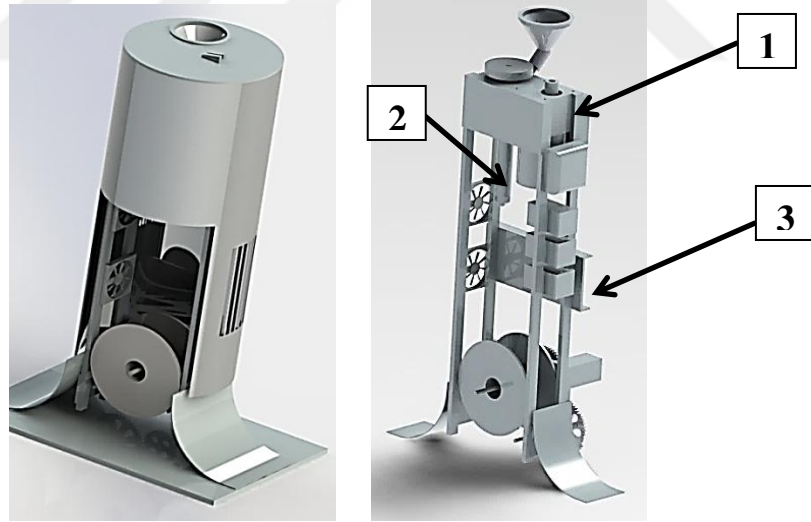
Şekil 5.1. Ekstrüzyon işlemi şematik görünümü [62].

Ekstrüzyon işlemi malzemenin parçacık halinde bir silo yada bir bölümden vidalı mil üzerine dökülmesi ile başlamaktadır. Ekstrüzyon işlemi belirli bir sıcaklıkta yapılmakta ve vidalı mil ile eriyik malzemeyi ilerletmek ve sistemin sonunda dar bir kesitten çıkartmak ile şekil verme işlemine denir. Ekstrüzyon işlemi bizim çalışmamızın temelini oluşturmaktadır.

5.1. FİLAMENT ÜRETİM SİSTEMİ (FİLAMENT EKSTRUDER) TASARIMI

Filament üretim sistemi (filament ekstruder) bir motor ve redüktör sayesinde tahrik verilen bir vidalı mil ve bu vidalı mil üzerine plastik parçacıkları (plastik granül) dökmek suretiyle başlayan bir işlemdir. Vidalı milin içerisinde bulunduğu boru şeklinde metal parça dışarısını kaplayan rezistanslar ile ısıtılarak plastik erime sıcaklığına çıkarılmaktadır. Vidalı mil ile ilerletilen plastik granüller ısıtılan parça içerisinde ilerlemekte ve parçanın uç kısmında filament çapı genişliğinde delikten çıkartılarak filament üretilmektedir.

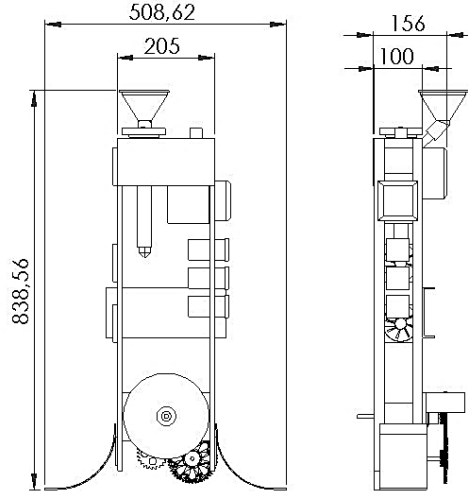
Çalışmada tasarlanan ve prototip üretilen sistem ise ekstrüzyon sisteminin daha küçük boyutlarda olan bir kopyası gibidir. Diğer filament ekstruder sistemlerinden farklı olarak dikey yapıda ve ilerletici vidalı mil dikey olarak çalışmaktadır. Şekil 5.2'de çalışmada tasarlanan filament ekstruder sistemi model görünümü görülmektedir.



Şekil 5.2. Tasarlanan filament üretme sistemi (ekstruder) modeli.

Çalışmada üç boyutlu yazıcı ile birlikte filament malzeme üretmek de amaçlandı. Yazıcının gerektiğinde kendi baskı alacağı malzemeyi kendisinin üretebilmesi ve bu filamentleri gerek kendisi gerek başka üç boyutlu yazıcılarda kullanabilmesi düşünüldü. Filament ekstruder sistemler günümüzde daha çok amatör sistemler olarak yer almaktadır. Profesyonel sistemler daha büyük ekstrüzyon makineleri gibi

çalışabileceği için ekstrüzyon işlemleri için kullanılan makineler olmaktadır. Filament üretme sistemi çalışması tasarımı ve prototipi olarak genel olan amatör makinelerin aksine yatay olarak değil dikey olarak çalışan bir sistem olmuştur. Şekil 5.2’de filament üretme sistemi iç yapısı model olarak görülmektedir.



Şekil 5.3. Filament üretme sistemi ölçüleri [59].

Filament üretim sistemi ölçüleri Şekil 5.3’de verilmiştir. Sistem iç gövdesi bu ölçülerde tasarlanmıştır. Sistem bölümleri sırası ile, redüktörlü elektrik motoru sayesinde milin dönmesi sonrası bu plastik maddenin ısıtıcılar arasından geçerek filament şeklinde sistemden çıkması ile tasarım başlamıştır. Filament malzeme sıcak nozul deliğinden çıktıktan sonra soğuyabilmesi ve sertleşmesine imkân verebilmek için sistemin aşağıya doğru bir miktar boşta yükseklik ile tasarlanmıştır. Ekstruder tasarımı alt kısmında ise filament makarası ve bu makarayı belirli hızlarda ve belirli düzenler ile çevirebilecek bir sarma sistemi yer almaktadır.

5.2. FİLAMENT ÜRETİM SİSTEMİ PARÇALARI TASARIMI

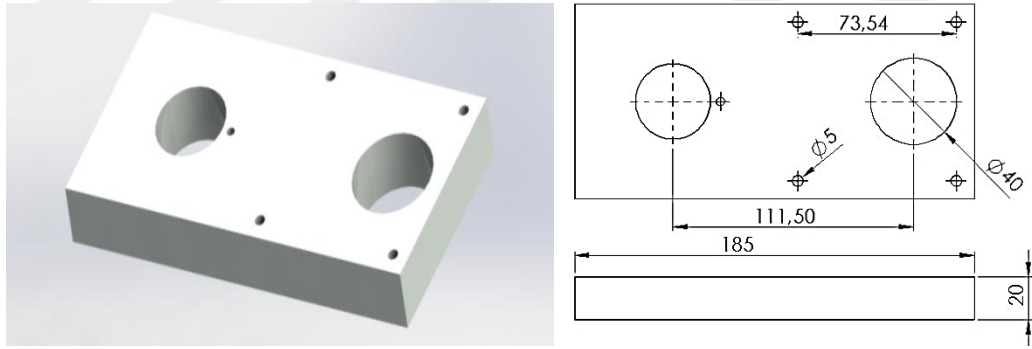
Filament üretme sistemi parçaları tasarlanırken minimum boyutlarda bir sistem tasarlanmıştır. Sistemin ana elemanları öncelikle yer almıştır. Ardından ekstra gerekli sistem elemanları tasarıma eklenmiştir. Sistemi tahrik eden elektrik motoru bunun aracılığı ile hareketi ileten ve yavaşlatan kayış kasnak sistemi ve sonrasında bir metal

tüp içerisinde dönen vidalı mil sistemi ve uç kısımda plastik malzemenin çıkış yapacağı nozul kısmı yer almaktadır.

5.2.1. Ekstruder 1 Numaralı Parça

Filament üretiminde ekstrüzyon genel mantığı kullanılmaktadır. Ekstrüzyon makinelerinde olduğu gibi hammadde bir delikten dönen vidalı mile dökülmektedir. Vidalı mil ise dönme hareketi ile hammaddeyi yavaş bir hareketle ileri doğru sürmektedir. Sistemin ilerleyen kısımlarında vidalı mili çevreleyen metal boru şeklinde parça ısıtılmakta ve hammaddenin erimesi sağlanmaktadır. Son olarak eriyik haldeki madde uç kısımdan çıkarak istenilen şekilde üretilmektedir.

Çalışmada kullanılan motor ve ekstrüzyon işleminin gerçekleştiği ekstrüzyon boru parçasını tutan parça tasarlanmıştır. Bu parça alüminyum malzemeden işlenmiştir ve sistemin üst grubunu üzerinde taşımaktadır. Şekil 5.4’de motor ve sistem taşıyıcı parça görülmektedir.



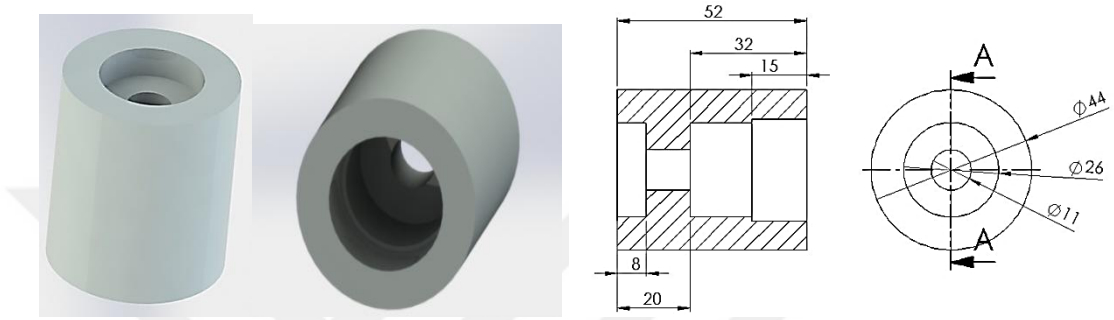
Şekil 5.4. Ekstruder 1 numaralı parça model görünümü ve ölçüleri.

Taşıyıcı parça ölçülendirme olarak elektrik motoru genişliği ve ekstrüzyon sisteminin yerleşimine göre ölçülendirilmiştir.

5.2.2. Ekstruder Mili Yatak Parçası

Çalışmada yine ekstrüzyon ile aynı mantık yer almaktadır. Sistem bir vidalı mil ve içerisinde yatakladığı boru şeklinde metal parça ile başlamaktadır. Çalışmada vidalı

mil olarak 12 mm çapında ağaç matkabı kullanılmıştır. Bu ağaç matkabını içerisinde yataklayan ve dönme hareketi sağlayan dairesel Yataklayıcı parça vardır. Bu parça motor ve sistem taşıyıcı parçanın içerisine dairesel açılan delik ile montajlanmaktadır. Parça sıkı geçme ile montajlandıktan sonra kenarlarından setüskurlar ile sabitlenmekte ve hareket etmesi engellenmektedir. Şekil 5.5’de vidalı mil yataklayıcı parça modeli görülmektedir.



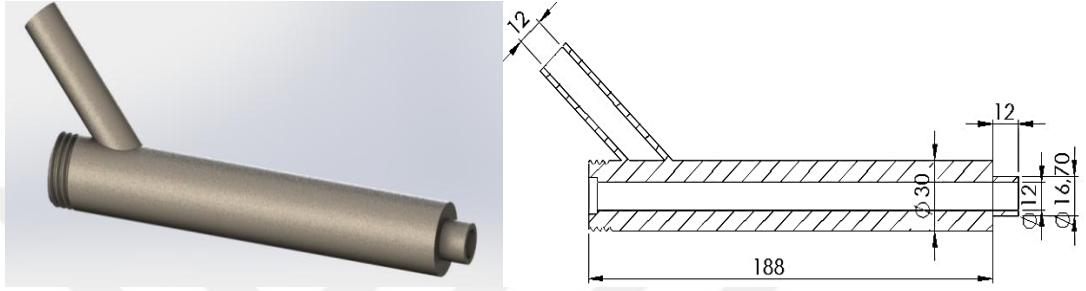
Şekil 5.5. Ekstruder vidası yataklayıcı parça modeli ve ölçüleri.

Yataklayıcı parça içerisinde bilyalı rulmanlar ve basku rulmanı yer almaktadır. Bunlar sayesinde vidalı mil 2 ayrı bilyalı yatak ile yataklanmakta dikey kuvvetlere karşı da basku rulmanı ile desteklenmektedir. Yataklayıcı parça ölçüleri yine içerisine geçtiği taşıyıcı parça ve yine yataklayıcı parça içerisinde bulunan bilyalı yatakların ölçülerine görelerdir.

5.2.3. Ekstruder 2 Numaralı Parça

Bu parça mekanizmanın en önemli parçası olmaktadır. Dairesel boru şeklinde parçanın iç çapı vidalı mil ile aynı çapta tasarlanmıştır. Böylelikle iç çap vidalı mil ile aynı ve içerisinde ilerleyecek olan malzemenin kenarlara sıkışması ya da geri kaçması önlenmiştir. İç çap ve borunun et kalınlığı diğer önemli kriterlerdir. 2 numaralı parçanın dış çapı ise ısıtma işlemini sağlayacak olan kelepçe rezistanların iç çapları ile aynı olmaktadır. Bu boru içerisinde vidalı mil ile malzeme ilerleyecektir ve malzeme rezistanlar ile ısıtılacaktır. Bu parçanın malzemesi diğer parçalara göre daha sağlam olup imalat çeliğidir.

Boru parça vidalı mil yataklayıcı parça ile üzerinde açılan dişler ile birbirlerine montaj edilmektedir. Boru şeklinde olan parçanın üzerine yine granül malzeme beslemesi yapılacak ve malzemenin vidalı mile döküleceği bir delik tasarlanmıştır. Sistem dikey çalışacağı için besleme yapılacak bölüm 35 ° açı ile delik açılmış ve bu şekilde bir besleme ağzı tasarlanmıştır. Şekil 5.6’da Ekstruder 2 numaralı parça model görünümü ve ölçüleri verilmiştir.

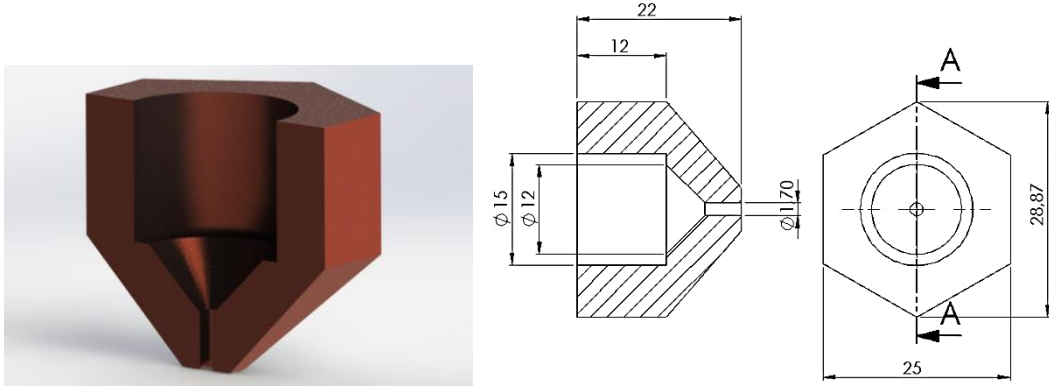


Şekil 5.6. Ekstruder 2 numaralı parça model görünümü ve ölçüleri.

Bu parçanın ölçüleri daha önce bahsedildiği gibi yataklayıcı parça içerisinde bulunan vidalı mil ve dışarıdan boru parçayı saran ısıtıcı rezistanslara göre belirlenmiştir.

5.2.4. Filament Üretim Sistemi Nozul Ucu

Granül plastik hammadde sistemde vida aracılığı ile itilerek sonrasında ısıtılıp en son olarak da küçük çapa sahip delikten çıkmak suretiyle filament şeklinde üretilmek amaçlanmıştır. Tasarım aşamasında boru şeklinde parçanın uç kısmına diş açılması düşünüldüğü buraya da ayrı bir parça ile nozul parçası tasarlanmıştır. Bu parça 12 mm vida ve boru iç çapı ölçüsünden filament çapımız olan 1,75 mm çapa doğru daralan bir kesit içermektedir. Bu sayede plastik malzeme ergiyik halde bu parçaya kadar gelerek burada birikir. Vidalı milin arkadan itirme basıncı ile delikten ip şeklinde çıkması amaçlanmıştır. Nozul uç parçasının model görünümü Şekil 5.7’de görülmektedir.



Şekil 5.7. Ekstruder nozul parçası modeli ve ölçüleri.

Daralan çap yapısı ve eğimli geçişi ile nozul parçası plastik maddenin kolay bir şekilde uç kısma gelmesini ve buradan ince bir ip şeklinde filament olarak çıkmasını sağlamaktadır. Ölçülendirme olarak geniş kısım montaj edildiği boru şeklinde parçanın dış çapı ve iç çapına göre tasarlanmıştır. Uç kısmın çapı ise 1,75 mm filament üretimine göre olarak 1,7 mm çap ile tasarlanmıştır. Şekil 5.7'de nozul uç parçasının ölçüleri görülmektedir.

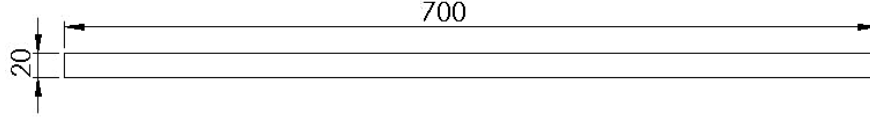
5.3. FİLAMENT ÜRETİM SİSTEMİ GÖVDE PARÇALARI

Filament üretme sistemi ekstrüzyon kısmı sonrası gelen parçalar ise gövde ve sistem taşıyıcı parçalardır. Filament üretme sistemi dikey olan yapısı nedeniyle yatay olan sistemlere göre daha uzun ayaklara ihtiyaç duymaktadır. Sistem daha yüksek ve gövdeye sahiptir.

5.3.1. Alüminyum Gövde Ayakları

Filament üretim sistemi dikey bir gövde ile tasarlandı. Sistem içerisinde en önemli kısım olan ekstrüzyon işleminin yapıldığı boru şeklinde parça, vidalı mil, vidalı mil yatağı ve elektrik motoru dikey olarak çalışmaktadır. Daha önce bahsedilen parçalar dikey konumunu sistem gövdesi ve ayakları sayesinde korumaktadır. Sistemin ayakları 20 mm x 10 mm genişliğinde 700 mm boyunda alüminyum parçalardır. Alüminyum ayaklar içleri dolu malzemelerdir. Bu malzemeler dört adet olmakta ve yukarıda motor ve sistem taşıyıcı parça ile montajlanmıştır. Bu dört adet ayak

parçaları yukarıda ve sistemin aşağı kısmında gövde birleştirme parçaları ile birbirlerine monte edilmiştir.



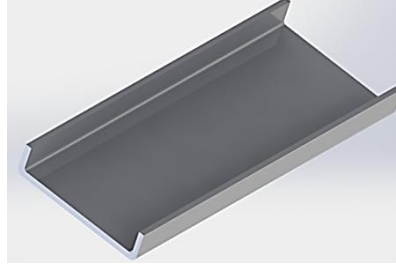
Şekil 5.8. Sistem ayak parçaları ölçüleri.

Alüminyum ayaklar hava akımını engellememesi için ince parçalardan yapıldı bu parçalar hem rijitliği hemde hafif olmayı sağlamaktadır. Sistem boyu boru şeklinde ekstrüzyon parçası boyuna göre tasarlandı. Filament nozul uçtan çıktıktan sonra soğuması ve sertleşmesi için belirli bir yol katetmesi ve aşağıya makaranın olduğu bölüme ulaşması amaçlandı. Parçanın ölçüleri Şekil 5.8'de görülmektedir.

5.3.2. Ekstruder 3 Numaralı Plaka

Filament üretme sistemi sıcaklık kontrolü ısı kontrolcüler ve sıcaklık kontrol röleleri ile sağlanmaktadır. Sıcaklık kontrol röleleri sistem üzerinde gövdeye bağlanacak şekilde tasarlanmıştır. Parça ayrıca makarayı döndürmek için kullanılacak adım motoru ve bu motoru sürmek için gereken kontrol kartı bu parça üzerine yerleştirilecektir. İnce bir parça tasarlandı ve bu parça üzerine kartlar yerleştirilmesi planlandı. Çalışmada filament üretme sistemi üç adet rezistans ısıtıcıya sahip ve üç adet kontrol ünitesi tasarlanmıştır.

Bu kontrol üniteleri için üç adet sıcaklık kontrol rölesi sığabilecek bir parça tasarlandı. Filament üretme sistemi makara ve makara sarma mekanizmasına sahip tasarlandı. Filament makara sarma mekanizması adım motorlu ve sistemin en alt bölümünde yer almaktadır. Şekil 5.9'da kontrol kartları taşıma plakası modeli görülmektedir.



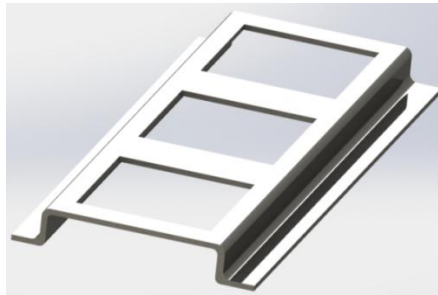
Şekil 5.9. Ekstruder 3 numaralı plaka model görünümü.

Parça tasarımında hafiflik ve rijitlik amaçlanmıştır. Plaka kenarları bükülerek tasarlandı ve bu sayede elektronik kartları muhafaza etmesi amaçlanmıştır.

5.3.3. Sıcaklık Kontrol Ekranları Takma Parçası

Filament üretme sistemi sıcaklık kontrol sistemi olarak, çalışmadaki ısıtmalı tablada olduğu gibi yine PID sıcaklık kontrolcü kullanılmıştır. Sıcaklık kontrolcüler sistemde yer alan ısıtıcı rezistansları kontrol etmek için ve filament üretme sisteminin belirli sıcaklıkta sabit kalabilmesini sağlamak için düşünüldü. Sistemde üç adet ısıtıcı rezistans çalışması öngörüldü ve bunun gereği olarak üç adet kontrolcü sistem modele yerleştirildi. Tasarımda üç adet kontrolcü cihazı taşımak için yine alüminyum sac parçadan taşıyıcı plaka oluşturuldu.

Sıcaklık kontrolcü parçalar yine sistem gövde ayaklarına montajlanacaktır. Sıcaklık kontrol ekranları sabitlenebilmesi için içlerine ekranların ölçülerinde bölüm kesilerek tasarlandı. Ekranlar dış ölçüleri 44 mm x 44 mm ölçüsünde kare şeklinde kesite sahiptir. Taşıyıcı parça üzerine bu ölçüde boşluk yer almaktadır. Şekil 5.10'da sıcaklık kontrolcü ekranların takılacağı parça model görünümü görülmektedir.



Şekil 5.10. Sıcaklık kontrol cihazları takma parçası model görünümü.

5.3.4. Filament Makarası Taşıma Parçası

Üç boyutlu yazıcı çalışmasında kullanılan plastik malzeme filament şeklinde ve makaralara sarılı olarak kullanılmaktadır. Bunun genel nedeni filament malzemelerin ipliksi yapıda olması ve çok uzun mesafeler boyunca sürekli devam eden yapısıdır. Bu yapıyı en iyi şekilde depolamak ve sonrasında kolay şekilde tümünü kullanabilmek için en güzel çözümler filament makaralarıdır.

Çalışmada filament üretme sistemi ürettiği filament malzemeyi yine genelde olduğu gibi filament makarasına saracak ve o şekilde depolayacaktır. Filament makarası sistemin dikey yapısı nedeniyle gövdenin en alt kısmına yerleştirilmiştir ve burada hareket etmesi amaçlanmıştır. Şekil 5.11’de filament üretme sistemi makara taşıma parçası modeli görülmektedir.



Şekil 5.11. Sistem filament makarası taşıyıcı plaka model görünümü.

Filament üretme sistemi yapı olarak yüksek ve genişlik olarak ince bir yapıdadır. Bu yapıya uygun olarak filament makara sistem gövdesinin uzun kenarına paralel olarak konumlandırılması daha uygundur. Sistem gövdesinin uzun kenarına yerleştirilecek bir parça ile bu makarayı ve makarayı taşıyacak mili sabitleyecek bir tasarım yapılmıştır.

5.4. FİLAMENT ÜRETİM SİSTEMİ HAZIR PARÇALARI

Filament üretim sistemi imal edilen parçalar dışında hazır olarak alınan parçalardan da oluşmaktadır. Bunların çoğunluğu elektronik ve kontrol parçaları olmakla birlikte harici üretilen parçalarda olabilmektedir.

Sistem ilk olarak ısıtma ve sıcaklık temelli çalıştığı için içerisinde sistemi ısıtmak için rezistanslar yer almaktadır. Bu rezistanslar daha önce endüstriyel boyutlarda ısıtmalı tablada bahsedildiği gibi elektrik akımı ile çalışmaktadır. Isıtmalı tabladan fark olarak burada farklı rezistanslar kullanılmıştır. Ancak rezistanslara güç iletmek ve sıcaklıklarını kontrol edebilmek için ısıtmalı tablada kullanılan sıcaklık kontrol cihazları ısıtmalı tablada kullanılan daha önce bahsedilen sıcaklık kontrol röleleri de filament üretme sisteminde tekrar kullanılmıştır. Çalışma prensipleri aynı şekilde olmuştur ve harici güç ile sistemde bulunan rezistanslar istenilen sıcaklığa çıkarılmıştır ve bu sıcaklıkta sabit tutmak amaçlanmıştır.

5.4.1. Ekstruder Kelepçe Rezistansları

Çalışmada filament üretme sistemi içerisinde granül plastik malzeme ısıtılması ve bir noktadan çıkarılması amaçlanmaktadır.

Bu sisteme en uygun yapı enjeksiyon kalıplarında kullanılan enjeksiyon memelerini ısıtmakta kullanılan rezistanslarda yer almaktadır. Enjeksiyon memeleri dairesel çaplı parçalardır ve bu parçaların ısıtılması bu rezistanslar ile olmaktadır. Kelepçe rezistansları enjeksiyon memesinin çevresini sarmak suretiyle parçayı ısıtır ve enjeksiyon işlemi gerçekleşir. Şekil 5.12’de kelepçe rezistans görülmektedir.



Parça ismi	Pirinç rezistans
Ölçüleri	Ø30x30 mm
Güç	230 V 125 W
Malzeme	Pirinç

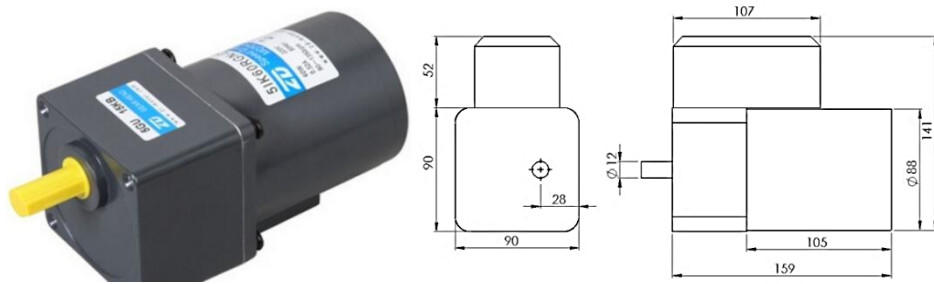
Şekil 5.12. Kelepçe rezistans ve teknik özellikleri.

Filament üretme sistemi dairesel bir çap içerisinde granül maddeyi iletilecek ve ısınma bu yüzeyde gerçekleşecektir. Bu nedenle dairesel olan bu rezistanslar kullanılmıştır. Şekil 5.6’da görülen ekstrüzyon işleminin gerçekleştiği dairesel parçayı ısıtmak için çevresine montaj edilmiştir. Elde edilen sıcaklık aynı zamanda bu parçaya montajlı halde olan nozul parçasını da ısıtarak plastik maddenin burada istenilen şekli almasını ve üretilmesini sağlamıştır. Doğrudan 220 Volt elektrik ile

çalışan bu rezistans hızlı bir ısıtma sunmaktadır. Sistem doğrudan şebeke elektriği kullanmakta ve bu elektrik kontrolü daha önce bahsedilen sıcaklık kontrolcü ve kontrol röleleri üzerinden geçmektedir. Kelepçe rezistans dairesel parçaların ısıtmasında kolay bir çözüm sunmaktadır. Güç girişi bir adet artı (+), eksi (-) ve nötr (0) kutuplu kablo bağlantısı mevcuttur. Sistemin kendi emniyet termostatı bulunmaktadır.

5.4.2. Redüktörlü Elektrik Motoru (AC Motor)

Redüktörlü motorlar yüksek tork ve yavaş hız isteyen sistemlerde çok fazla kullanım yeri bulmaktadırlar. Redüktör sayesinde içerisinde bulunan dişli çarkların boyutları oranında hız değiştirilebilmekte ve tork artırılabilir. Redüktörlü AC motorlar doğrudan şebeke den 220 Volt elektrik ile çalışan motorlardır. Elektrik enerjisinin motor içerisinde oluşturduğu manyetik alan sayesinde içerisinde bulunan mile dönme hareketi kazandırarak çalışmaktadırlar. Çalışmada filament üretme sistemi ekstrüzyon miline hareketi bu motor sayesinde vermek amaçlanmıştır. şekil 5.13'de Redüktörlü AC motor ve ölçüleri görülmektedir.



şekil 5.13. Sistemde kullanılan redüktörlü ac motor ve ölçüleri.

Yapılan çalışmada filament üretmek için granül hammadde eritilecek ve boru şeklinde parça içerisinde ilerletilecektir. Bazı malzemelerin granül yapısı sert olabilmekte ve yüksek güç gerekebilmektedir. Bu nedenle büyük bir motor kullanılmıştır. Motor çıkış devrini büyük bir oranda düşürerek torkunu ve gücünü o oranda artırmıştır. Çizelge 5.1'de sistemde kullanılan ac motorun teknik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 5.1. Sistemde kullanılan redüktörlü AC motor özellikleri.

Parça Adı	Redüktörlü AC Motor
Güç	220 V 40 W
Motor çıkış devri	1350 devir/dakika
Redüktör Oranı	1/50
Redüktör çıkış devri	27 devir/dakika

Motor redüktörü sayesinde çıkışındaki 1350 devir/dakika hızındaki çıkışını 27 devir/dakika hıza düşürmektedir. Torku da bu oranda artmaktadır. Bu istenilen gücü ve devir hızını tam olarak karşılamamaktadır. Bu nedenle redüktör çıkış miline sonrasında bir kayış kasnak mekanizması daha bağlanmıştır. Kullanılan motor boyut olarak oldukça büyük bir motordur. Redüktör sistemi dişli sistemi oluşturmaktadır. Redüktör içerisinde bulunan dişli çarklar çeşitli oranlarla birbirlerini döndürmekte ve motordan aldıkları dönme hareketlerini bu dişliler değiştirmekte ve redüktör mili sayesinde dışarıya aktarmaktadır.

5.4.3. Filament Sarma Sistemi Dişli Çarkları

Filament üretim sistemi makara sarma mekanizmasına da sahiptir. Adım motoru sistemi yer aldığı sistemde miline bağlı dişli çark ile hareketi iletmektedir. Mekanizmada adım motoru uç kısmında yer alan plastik dişli çark üç boyutlu yazıcıdan üretilmiştir. Bu dişli çark küçük boyutludur ve görevi filament makarasını taşıyan mili çevirmektir. Bu işlemi de filament makarasını taşıyan mil ucuna takılan büyük dişli çarkı döndürerek yapar. Makara ağır olabileceği için dişli çarklar arasında tork artırıcı oran vardır. Şekil 5.14’de makara sarma mekanizmasında kullanılan üç boyutlu yazıcıdan üretilmiş dişli çarklar görülmektedir.

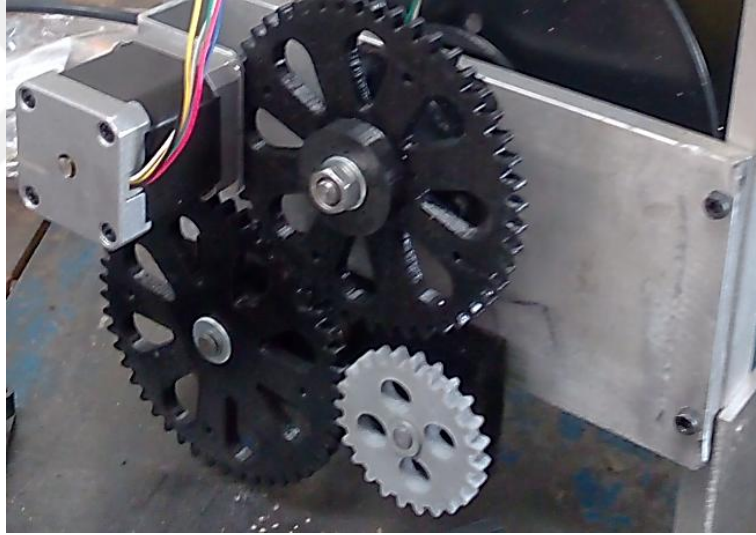


Şekil 5.14. Filament sarma mekanizmasında kullanılan dişli çarklar

Makara mili üzerindeki dişli çark da üç boyutlu yazıcı ile üretilmiştir. Bu dişli çark makarayı çevirmekte ve aynı anda makara filament düzenleyici mekanizmayı çeviren dişli çarkları da çevirmektedir.

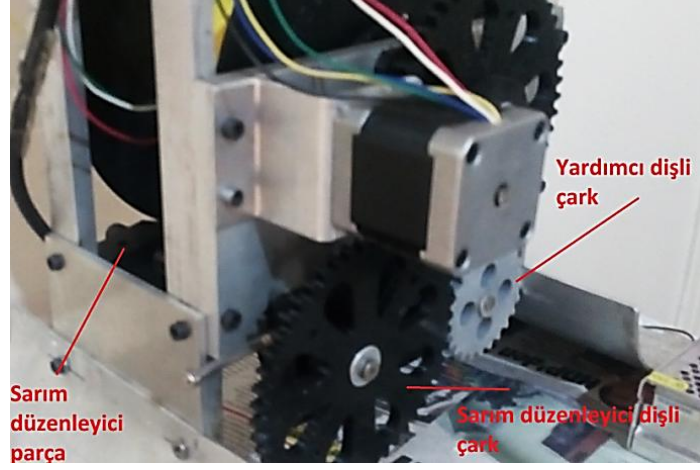
5.4.4. Filament Sarma Ve Filament Düzenleme Mekanizmaları

Filament düzenleyici mekanizma filament sarma işlemi sırasında filamentin makara üzerinde sürekli aynı sıraya sarılmasını engellemek amaçlı geliştirilmiştir. Filament malzeme bu mekanizma ucunda bulunan parça içerisindeki delikten geçmektedir. Bu parça içerisinden geçen filament malzemeyi montajlı olduğu vidalı mil üzerinde sağa ve sola hareket ettirmektedir. Şekil 5.15’de filament sarma sistemi dişli çarklar montajlı halde görünmektedir.



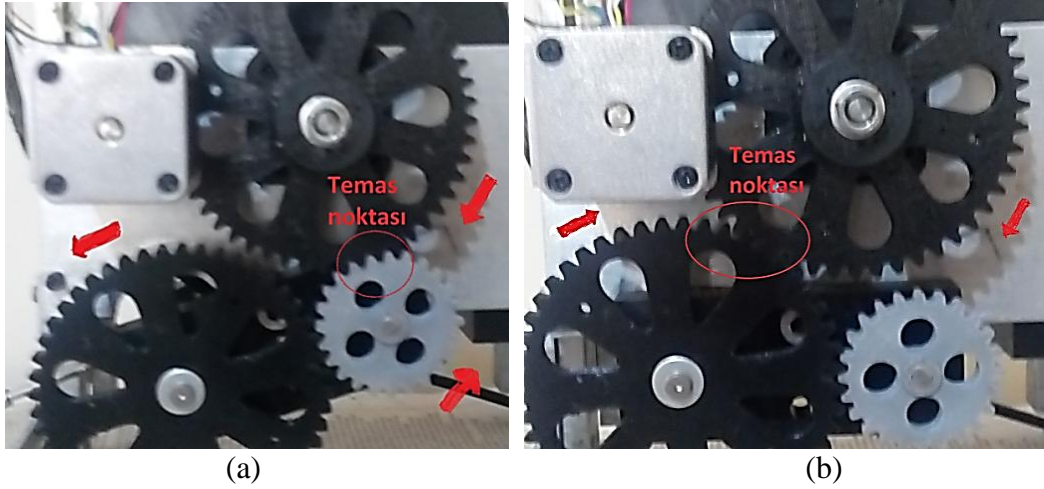
Şekil 5.15. Filament sarma sistemi motor ve dişli çarkları.

Makara filament düzenleme mekanizması içerisinde bulunan dişli çarkı bir yöne çevirmektedir. Sistemde bulunan yardımcı dişli çark ise makara mili üzerindeki dişli çarka temas ederek dönmeye başladığında düzenleyici sistem üzerindeki dişli çark ters yönde dönmeye başlamaktadır. Bu işlem sistemin bir yere kadar gittikten sonra aynı şekilde geri dönmesi için tasarlanmıştır. Şekil 5.16’da filament sarım düzenleme mekanizması elemanları görülmektedir.



Şekil 5.16. Filament sarım düzenleyici mekanizma.

Filament sarma mekanizması genelinde sistem bir kontrol kartından kontrol edilebilecek şekilde tasarlanmıştır. Filament malzeme gerektiğinde makarada belirli hızlarda değişen hızlarda sarılabilecektir. Filament sarma işlemi bir siviç yardımı ile makaranın nozul uçtan çıkan filamentini gerdirdiği ya da çektiği zamanlarda durabilecek şekilde tasarlanmıştır. Siviç yardımı ile filament malzeme gerildiğinde siviçe temas ederek motorun dönüşünü durdurabilir ve filament malzemenin çok fazla gerilmesi ya da kopması engel olmuştur. Şekil 5.17’de filament sarma ve filament düzenleme mekanizması çalışma mantığı görülmektedir.



Şekil 5.17. Filament makara sarma ve düzenleme mekanizması. a) Yardımcı dişli çark ile temas durumu. b) Yardımcı dişli çark temas etmeden durumu.

Filament sarma sisteminde Şekil 5.17’de görünen mekanizmada (a) görünümünde adım motordan aldığı hareket ile dönen makara sarıcı dişli çark hareketini gri renkli yardımcı dişli çarka aktarmaktadır. Yardımcı dişli çark ise hareketi filament düzenleyici sistemi döndüren dişli çarka aktarmaktadır.

Görünüm (b) konumunda ise adım motordan dönme hareketi alan makara sarıcı dişli çark bu konumda yardımcı dişli çark ile temas etmeden doğrudan filament sarım düzenleyici dişli çarka temas etmektedir. Doğrudan temas etmesi nedeniyle dişli çark bu konumda (a) konumunun tam tersi yönde dönmektedir. Bu sayede filament sarım düzenleyici vidalı mil tam tersi yöne dönmekte ve mil üzerindeki parça içerisinden geçen filament ile birlikte aynı hızda makara üzerinde geri konum değiştirmektedir. Bu mekanizma sayesinde makaraya sarım yapılırken filament malzeme üst üste gelmesi engellenmekte ve bir düzen içerisinde dönme hareketi yapılmaktadır.

5.5. FİLAMENT ÜRETİM SİSTEMİ PROTOTİPİ MONTAJI

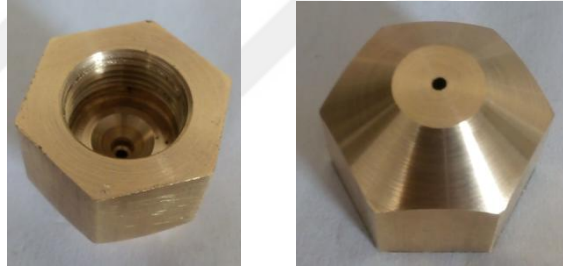
Çalışmada tasarlanan filament üretme sistemi ekstrüzyon bölümü gövde bölümü makara sarma bölümü ve elektronik bölümü olarak ele alınmıştır. Sistem bu bölümlerin montaj işlemi ve bir arada çalışması ile prototip ortaya çıkarılmıştır. İlk aşamada 2 numaralı parçaya nozulun montajlanması amacıyla diş açılmıştır. Nozul parçaya da diş açılması ile iki parça birbirine vidalanarak montajlanmaktadır. Ekstruder 2 numaralı parça imalat çeliğinden yapılmıştır. Isınması ve sıcaklığı kaybetmemesi için et kalınlığı kalın tutulmuştur. Parça içerisinden vidalı mil ve plastik parçalar geçirileceği için ve dışına kelepçe rezistanslar sarılacağı için en önemli parçalardan birisidir. Bu nedenle parça işlemleri ve ölçüleri hassas işlem yapılmıştır.

Filament üretim sistemi nozul ısıtıcı pirinç malzemedan işlenmiştir. Pirinç malzeme 6 köşe olarak alınıp hammadde üzerine çap daraltma ve içerisine delik açma ve genişletme işlemi yapılmıştır. Şekil 5.18’de nozul uç ve ekstrüzyon boru parça birlikte görülmektedir.



Şekil 5.18. Ekstruder 2 numaralı parça ve nozul uç.

Filament üretim sistemi ekstrüzyon mantığı ile çalışmaktadır. Vidalı mil içerisindeki kanallar dönme hareketi sırasında plastik granülleri taşımaktadır. Granül malzeme belirli bir hızda ilerleyerek boru parçadan nozul parçaya geçiş yapar, ardından kelepçe rezistanslar ile ısınan nozul parça burada biriken erişmiş granül malzemeyi 1,7 mm çapındaki delikten dışarı doğru çıkartır. Bu malzeme sürekli arkadan granül geldiği için bir ip şeklinde çıkmaya devam ederek filament oluşturur.



Şekil 5.19. Filament üretim sistemi nozul ucu.

Şekil 5.19'da filament üretim sistemi nozul ucu iç ve dış görünümü verilmiştir. Parça içerisinde diş açılmış bölüm görülmektedir. Buradan boru şeklindeki parça ile bağlanmaktadır. Uç kısmında 1,7 mm delik görülmektedir. Buradan filament malzeme ekstrüde edilerek çıkmaktadır.

2 numaralı parça üst dişli yapısı sayesinde yataklayıcı parça ile montajlanmıştır. Vidalı mil burada yataklanmakta ve bu parça içerisinde bilyalı yataklar bulunmaktadır. Bu parçanın montajı öncesinde içerisine bilyalı yataklar yerleştirilmiştir. Şekil 5.20'de yataklayıcı parça iç görünümü ve 12 mm çapında ekstrüzyon mili görülmektedir.



Şekil 5.20. Ekstrüzyon bölümü iç ve dış görünümü.

Yataklayıcı parça da montajlandıktan sonra ekstrüzyon bölümü monte edilmiştir. Mil uç kısmına triger kasnak takılacaktır. Buraya tahrik veren AC elektrik motoru kasnak aracılığı ile mile dönme hareketi aktarmaktadır. Motorun miline de kasnak montajı yapılarak hareket aktarımı ve hız yavaşlatılmıştır. Motor milindeki kasnak 20, ekstrüzyon mili ucunda takılı kasnak 60 diş sayısına sahiptir. Burada 1/3 hız düşürülmesi elde edilmektedir. Ac Redüktörlü motor ekstruder gövdesi üzerine 4 adet civata ile bağlanmıştır. Redüktörlü motor bağlandığı 1 numaralı plaka ve yataklayıcı parça bağlanmıştır.

1 numaralı parça ardından alüminyum taşıyıcı ayaklar ile montaj edilmiştir. Sistemin gövdesi bu parçalar üzerine kuruludur. Alüminyum taşıyıcı ayaklar gövdenin yukarısında ve aşağı kısmında birbirleri ile yine alüminyum plakalar ile bağlanmıştır. Sistemin rijitliğini ve sağlamlığını oluşturmaktadır. Filament üretim sistemi gövde üst kısmı görünümü Şekil 5.21’de verilmiştir.



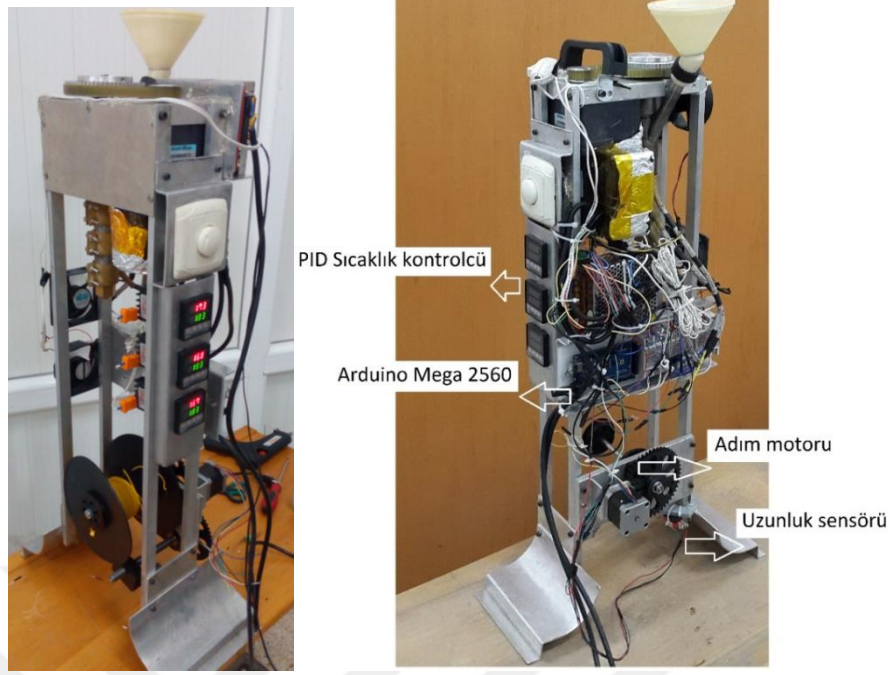
Şekil 5.21. Filament üretim sistemi gövde üst bölümü.

Ayak parçaları üzerine montaj yapılan diğer parça ise elektronik devre ve kartları taşıyıcı parçadır. Bu parça ayaklar üzerine gövdenin orta kısmına gelecek şekilde montajlanmıştır. Şekil 5.22’de filament üretim sistemi gövde montaj aşaması görünümü verilmiştir.



Şekil 5.22. Filament üretim sistemi gövdesi.

Filament üretim sistemi elektronik kart ve devreler ilgili parça üzerine montajlanmıştır. Gövdenin alt kısmına makara taşıyıcı parça montajlanmıştır. Makara taşıyıcı parça içerisinde bir delik ve bu delikten makara taşıyıcı mil geçmektedir. Milin taşıyıcı parça tarafındaki kısmına üç boyutlu yazıcı ile üretilmiş dişli çarklar montajlanmıştır. Filament üretim sistemi ayak parçaları alt bölümüne son olarak sac parçalar bükülerek ayak plakaları yapılmıştır. Sistemin daha dengeli ve sağlam olması için montaj edilmiştir. Şekil 5.23’de filament üretim sistemi prototip görünüşü verilmiştir.



Şekil 5.23. Filament üretim sistemi gövde elemanları [59].



Şekil 5.24. Filament üretim sistemi kapalı gövde görünümü.

BÖLÜM 6

ÇİFT BAŞLI ENDÜSTRİYEL BOYUTLARDA ÜÇ BOYUTLU YAZICI PROTOTİPİ KONTROLÜ

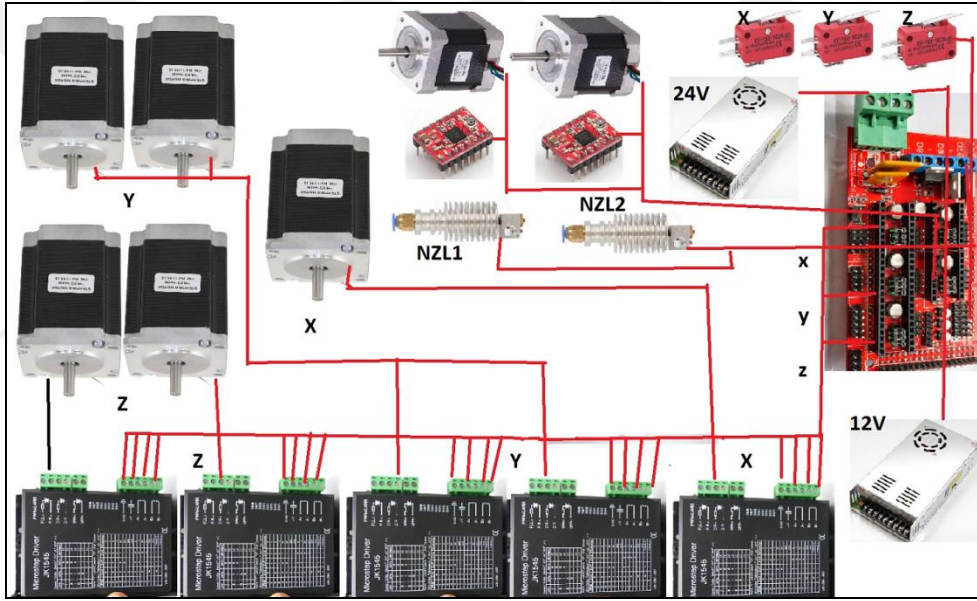
Üç boyutlu yazıcılar mekanik aksamaları kadar elektronik aksamaları ile de çok gelişmiş makinelerdir. Bir üç boyutlu yazıcıyı kontrol etmek için eksenleri hareket ettiren adım motorlarını kontrol etmek, üç boyutlu yazıcıda baskının alındığı tablanın sıcaklığını kontrol etmek ve yazıcının baskı ucunun sıcaklığını kontrol etmek gerekmektedir. Bu bölümler tek tek kontrolü dışında makine çalışırken senkronize bir şekilde çalışmaları da gerekmektedir. Elektronik kontrol üniteleri bu imkanı vermektedir. Üç boyutlu yazıcılar genellikle arduino mega ve ramps kartlarından oluşan kontrol üniteleri ile kontrol edilmektedir. Bu sistem üzerinde pololu 4988 adım motor sürücülerini çalışmaktadır. Bir diğer yaygın elektronik kontrol ünitesi ise sanguinololu kontrol kartıdır. Bu kart da arduino tabanlı bir kart olup tek kart olarak işlem yapabilmektedir.

Çalışmada genel reppar üç boyutlu yazıcıların aksine NEMA 17 adım motorları yerine NEMA 23 adım motorları kullanılmıştır. Bu motorlar NEMA 17 lere göre daha hızlı ve daha güçlü motorlardır. Bu motorlar ayrıca 24 Volt güç gerektirmektedirler. Bu nedenlerden dolayı arduino mega ve ramps kontrol kartları çalışmada birlikte kullanılmıştır ancak üzerlerindeki motor sürücü devreleri farklı bağlantı şekilleriyle karta bağlanıp motorlar sürülmüştür.

6.1. ENDÜSTRİYEL BOYUTLU ÜÇ BOYUTLU YAZICI ELEKTRONİK KONTROL ÜNİTESİ KURULUMU

Üç boyutlu yazıcıların kontrolünün temelinde arduino kontrol kartları vardır. Reppar açık kaynaklı üç boyutlu yazıcılar genel olarak arduino temelini ele alır ve arduino mega kontrol kartı üzerinde çalışmaktadır. Çalışmada arduino mega kontrol kartı

kullanılmıştır. Arduino mega 12 Volt güç ile beslenen bir karttır. Kart doğrudan usb bağlantısı ile programlanabilir ve adım motorları için motor sürücü devrelerine çıkış verebilmektedir. Arduino mega kontrol kartı üç boyutlu yazıcılarda kullanılırken genellikle ramps ek kartı ile kullanılmıştır. Çalışmada arduino ile ramps kartları birlikte kullanılmıştır. Adım motorları olarak 2 adet filament sürmek amaçlı NEMA 17 adım motoru kullanıldı ve bunları sürmek için pololu 4988 adım motor sürücüler kullanılmıştır. Üç boyutlu yazıcının asıl motorları olan eksen motorlarına gelirsek NEMA 23 adım motorları kullanılmıştır. Bu motorları sürmek için bu motorlara özel sürücüler kullanılmıştır. Motor sürücüler 24 V güç kullanırken hareket sinyali arduino ve ramps kartından almaktadır [61].

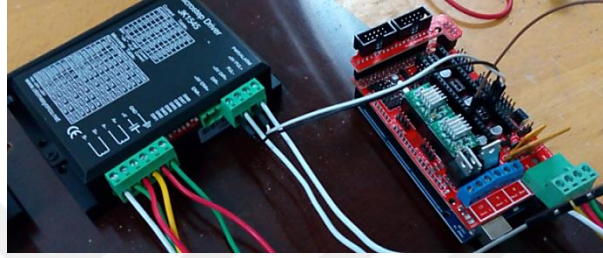


Şekil 6.1. Endüstriyel boyutlarda çift başlı yazıcı elektronik aksam görünümü.

Şekil 6.1’de çalışmada kullanılan motorlar ve sürücülerin bağlantı şekli şematik olarak verilmiştir. Burada görüldüğü gibi arduino ramps üzerine adım motor sürücüler doğrudan çıkış almaktadır. Sürücüler kart üzerinden aldıkları sinyalleri adım motorlarına iletmektedirler. Üç boyutlu yazıcılarda diğer bölümlerde kullanılan parçalar normal reprop yazıcılar gibi bağlanmaktadır.

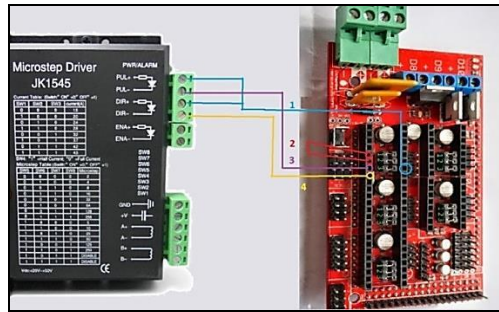
6.1.1. NEMA 23 Adım Motorlar Ve Sürücülerin Bağlantısı

Adım motorlar çalışmada NEMA 23 olarak kullanılmıştır. Bu motorlar güçlü ve hızlı motorlardır. Sistemde motor sürücüsü olarak jk 1545 motor sürücüler kullanılmıştır. Motor sürücüler arduino ve ramps kartları ile doğrudan bağlantı yapılmıştır. Şekil 6.2’de motor sürücü ramps kart bağlantısı görülmektedir.



Şekil 6.2. Jk1545 NEMA 23 adım motor sürücüsü ve ramps kartı bağlantısı.

Çalışmada motor sürücüsü ile ramps kartı direkt bağlantı yapılmıştır. Ramps kartı üzerindeki jumper çıkışları sırasıyla 1 ile 8 arasındaki sayılar ile sıralanarak her bir motor için yer almaktadır. Bu çıkışlar sürücü devresi ile bağlantı yapılmıştır. Şekil 6.3’de ramps üzerindeki jumper çıkışları ile motor sürücüsü bağlantı şekli gösterilmiştir.

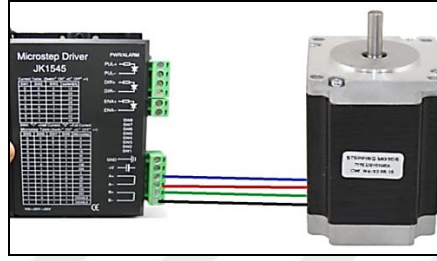


Şekil 6.3. Ramps kartı ve adım motor sürücüsü bağlantısı.

Şekil 6.3’de görüldüğü üzere ramps üzerinde sağ 7. sıradaki jumper çıkışı (1 numaralı) motor sürücüsü üzerindeki pul+ ve dir+ girişlerine bağlanmıştır. Sol 5. ve 6. sıradaki çıkışlar (2 numaralı) birbirlerine bağlanmıştır. Sol 7. sıradaki çıkış ise (3 numaralı) pul- girişine bağlanmıştır. Sol 8. sıradaki çıkış (4 numaralı) sürücüsü

üzerimde dir- girişine bağlanmıştır. Böylelikle sürücü devresi ve arduino ramps arasında eksen bağlantısı yapılmıştır.

Çalışmada kullanılan NEMA 23 motorlar 4 kablolu motorlardır. Bu 4 çıkış kablosu doğrudan jk1545 adım motor sürücü üzerindeki çıkışlara bağlanmıştır. Şekil 6.4'de motor sürücü ile NEMA 23 motorlar arası bağlantı şeması görülmektedir

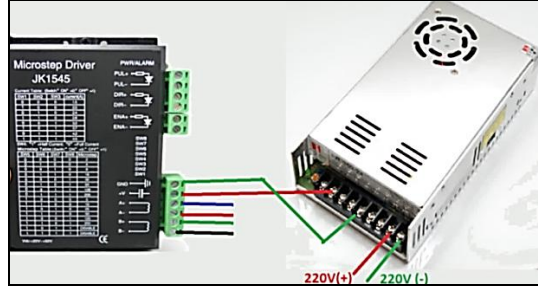


Şekil 6.4. NEMA 23 adım motoru sürücü bağlantısı.

Şekil 6.4'de görülen bağlantıda adım motor sürücünden çıkan 4 adet kablo sırasıyla renklerine göre bağlanmıştır. A+ mavi kabloya, A- kırmızı kabloya bağlanmıştır. Sonrasında B+ çıkışı yeşil kabloya bağlanmıştır. Son olarak siyah kablo B- çıkışına bağlanmıştır. Sırasıyla renkler ve sürücü üzerinde A+,A-,B+ ve B- çıkışları adım motor çıkışlarıdır.

6.1.2. NEMA 23 Adım Motor Sürücü Ve Güç Kaynağı Bağlantısı

Çalışmada 24 Volt güç kaynağı kullanılmıştır. Güç girişleri Adım motor sürücü üzerinde GND ve V+ olarak görülmektedir. Güç kaynağından sırasıyla + ve - çıkışlar sürücünün bu girişlerine bağlanacaktır. Güç kaynakları 220 Volt elektriği 12 Volt ve 24 Volta çevirerek çalışmada kullanılmıştır. Şekil 6.5'de 24 Volt güç kaynağı ve adım motor sürücü bağlantısı gösterilmiştir.



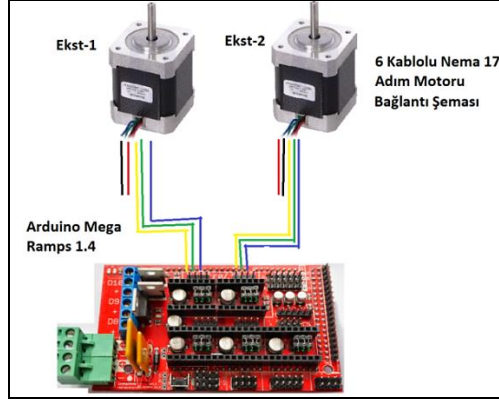
Şekil 6.5. NEMA 23 adım motor sürücü ve güç kaynağı bağlantı şeması.

Güç kaynağı üzerinden 24 Voltluk çıkışlar + ve – olarak sürücü üzerine bağlanmıştır. Adım motorları gücünü bu şekilde almaktadır. Adım motorlar çalışmada yüksek güçlü ve torklu olan motorlardır ve güç gereksinimleri normal yazıcı motorlarına göre daha yüksektir.

6.1.3. NEMA 17 Adım Motor Ve Arduino Ramps Bağlantısı

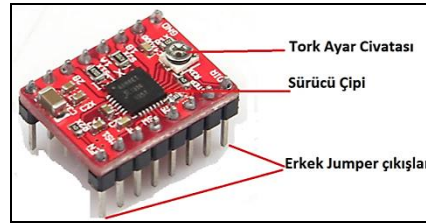
Çalışmada NEMA 17 adım motorlar çift başlı olan yazıcıda iki adet ekstruder üzerinde filament itmek için kullanılmıştır. Filament itmek amacıyla gereken kuvvet eksenlere göre daha düşük olduğu için NEMA 17 motorlar yeterli olmaktadır. NEMA 17 adım motorları pololu 4988 adım motor sürücüleri ile sürülebilmektedir. Çalışmada 2 adet motor 2 adet pololu sürücü ile bağlanmıştır.

Üç boyutlu yazıcılar genelinde NEMA 17 motorlar kullanılmaktadır. Bunun bize getirdiği kolaylık sistemin ekstruder motorları için kullanım kolaylığıdır. Arduino ve ramps kartlarında standart NEMA 17 desteği ve çıkışları yer almaktadır. Aynı şekilde diğer girişlerde özel olarak desteklenmektedir.



Şekil 6.6. NEMA 17 adım motoru ve Ramps kartı bağlantı şeması.

Şekil 6.6’da görüldüğü gibi ramps kartı üzerinde NEMA 17 adım motoru için çıkışlar standart mevcut olduğu için çalışmada kullanılan ekstruder motorları bu çıkışlara bağlanmıştır. Kart yine standart olarak çift motor desteği verdiği için ayrı olarak iki motorda farklı sürücüler ile bağlanmıştır. Çalışmada kullanılan adım motorları, pololu adım motor sürücüler ile sürülmüştür. Bu sürücüler 3 boyutlu yazıcılar için özel üretilmiş sürücülerdir ve ramps kartı üzerinde bağlantı yerleri hazır bulunmaktadır. Üzerindeki 8 er adet çift sıralı 16 adet erkek jumper çıkışı ile karta bağlanmaktadır. Üzerlerindeki civata ile tork ayarı imkanı vermektedirler. Ayrıca üzerinde çip kısmı ısınabilmekte ve soğutucu monte edilmiş olarak görülebilmektedir. Şekil 6.7’de Pololu 4988 adım motor sürücü bağlantı şeması ve özellikleri verilmektedir.

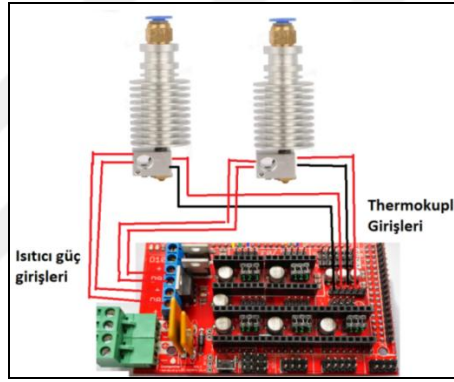


Şekil 6.7. Pololu 4988 adım motor sürücü özellikleri.

6.1.4. Isıtıcı Nozul Uç Ve Arduino Ramps Bağlantısı

Üç boyutlu yazıcılar farklı yöntemlerle yazdırma işlemi yapmaktadır. FDM özellikli yazıcılar çalışmada daha önce bahsedildiği gibi plastik eriterek ve erimiş maddeyi

akıtarak ve yığarak çalışmaktadır. Bu özelliklerini sağlayan en önemli kısım ise nozul kısmıdır. Çalışmada nozul olarak J-head nozuller kullanılmıştır. Bu nozuller ısıtma işlemini ve sıcaklık ölçüm işlemini arduino kartı üzerinden sağlamaktadır. Üç boyutlu yazıcılarda standart kullanılan bu parça için kart üzerinde hazır bulunan sıcaklık ölçme ve ısıtıcı güç girişleri vardır. Bu girişler ile bağlantı yapılmıştır. İki adet nozul uç içerisinde bulunan ısıtıcı fişek rezistanslar güç gereksinimlerini arduino kart üzerinde bulunan 12 V çıkışlardan almaktadır. Şekil 6.8’de bu çıkışlar görülmektedir. Ayrıca nozul sıcaklığını ölçmek amacıyla ısıtıcı blok içerisinde yer alan thermokupl çıkışları da kart üzerinde ilgili bölümde artı (+) ve eksi (-) uçlara dikkat edilerek bağlantı yapılmıştır.



Şekil 6.8. Arduino ramps ve nozul uçlar bağlantı şeması.

Şekil 6.8’de görüldüğü üzerinde bulunan çıkışlar standart olarak ihtiyaçları karşılamaktadır. Bu girişlerden ısıtıcı fişek rezistans girişleri kablo bağlantısında kutupları önemli değildir ancak thermokupl bağlantılarında kutuplar önemli olmaktadır.

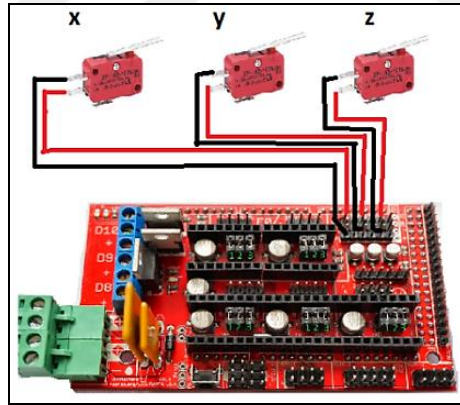
6.1.5. Limit Siviçler Ve Arduino Ramps Bağlantısı

Üç boyutlu yazıcı çalışma mantığı olarak CNC sistemler ile benzerdir. Bu sistemler her zaman koordinat eksenlerini kullanarak hareket sağlamakta ve hareketi kontrol etmektedir. CNC sistemlerde çalışma mantığı olarak eksenler üzerinde istediğimiz noktayı sıfır noktası kabul ederek işlem yaparız yani sıfır noktasını biz belirleriz. Üç boyutlu yazıcılarda bu görev daha farklı çalışmaktadır. CNC sistemler tabla üzerine

bağladığımız bir parça üzerinde işlem yapar ve hareket sahası bağlanan parça üzerindedir ve sıfırlamayı bu parçaya göre yapmalıyız.

Üç boyutlu yazıcılar en büyük farklarından biri olan ve yazıcıları özel kılan parçayı sıfırdan oluşturmasıdır. Üreteceğimiz parçayı tablaya bağlamayız sadece hazırlık aşamasında parçayı tabla üzerine sanal olarak yerleştiririz ve yazıcı tabla üzerinde o bölgeye parçayı oluşturur. Bu nedenle parçayı oluşturacağımız noktayı yazıcının belirleyebilmesi amacıyla tabla üzerinde limitler belirlemeliyiz. Bu limitleri limit siviçleri ile belirleyebilmekteyiz. Limit siviçler üzerlerinde artı (+) ve eksi (-) çıkışları ile gövdelerinde bulunan metal parçacığa bir nesne dokunduğunda bu dokunma hareketini sinyale döndürerek karta iletmektedirler.

Çalışmada limit siviç olarak üç adet kullanılmakta ve x, y, z, eksenleri için birer adet yerleştirilmiştir. Bu limit siviçler daha önce bahsedildiği üzere metal dokunma kısmı ve plastik gövdesi bulunan mekanik siviçlerdir. Çalışmada arduino ve ramps kartları üzerinde standart olarak bulunan siviç bağlantı çıkışları kullanılmıştır. Şekil 6.9'da siviç bağlantı şeması görülmektedir.

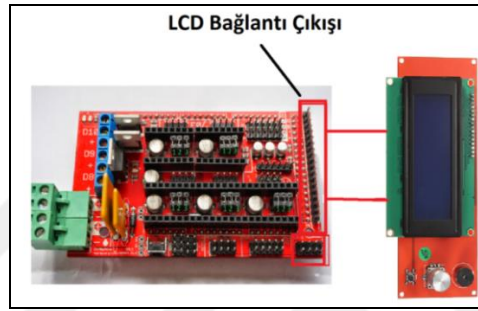


Şekil 6.9. Arduino ramps ve limit siviç bağlantıları.

Şekilde görüldüğü üzere arduino ramps kartı üzerinde limit siviçleri bağlanabileceği çıkışlar yer almaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken nokta ise kart üzerinde ikili sıralı yer alan erkek jumper çıkış uçlarına artı (+) ve eksi (-) uçlara dikkat edecek şekilde bağlantı yapılmalıdır. Aynı şekilde bir diğer önemli nokta ise bağlantılar arasında bir boşluk bırakarak bağlantı yapılmalıdır.

6.1.6. LCD Kontrol Ekranı Ve Arduino Ramps Bağlantısı

Çalışmada Bilgisayar bağlantısı olmadan yazıcıyı kontrol etmek amacıyla ve yazıcının bilgilerini kontrol edebilmek amacıyla lcd kontrol ekranı kullanılmıştır. LCD ekran doğrudan arduino ramps kartı üzerinde standart olarak bulunan çıkışlara bağlanmıştır. LCD ekran aynı zamanda üzerinde bulunan kart okuyucu sayesinde hafıza kartı içerisine kaydedilen yazdırma işlemini de okuyabilmekte ve baskı alabilmektedir. Şekil 6.10'da arduino ramps kartı ve LCD ekran verilmiştir.



Şekil 6.10. Arduino ramps kartı ve 2004 LCD ekran bağlantı şekli.

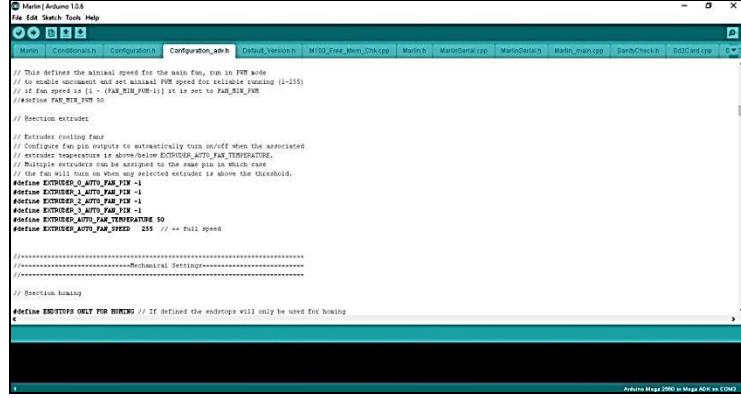
Ekran ve kart bağlantısı sırasında kutuplar uygun bağlanmalıdır yanlış bağlandığında görüntü gelmemektedir. Ramps kartı üzerindeki soketler doğrudan yassı kablo ile ekran ile bağlanmalı ve ekran kenarında bulunan kontrol çubuğu tıklanarak ve çevrilerek menüden çeşitli komutlar verilebilmektedir.

6.2. ÜÇ BOYUTLU YAZICI KONTROL YAZILIMLARI KURULUMU

Çalışmada üç boyutlu yazıcı kontrolü amacıyla arduino kart ve bileşenleri kullanılmıştır. Programlama amacıyla da arduino tabanı üzerinde gelişme gösterilmiş ve yazılım olarak da arduino yazılımı ile kart programlanmıştır.

6.2.1. Üç Boyutlu Yazıcı Arduino Kontrol Programlama Ve Yükleme Ayarları

Arduino tabanlı kartlar arduino yazılımı ile programlanır çalışmada programlama için yine arduino programı kullanılmıştır.



```
// This defines the minimal speed for the main fan, run in RPM mode
// to enable automatic and set minimal PWM speed for reliable running (1-255)
// if fan speed is 0 -> (FAN_MIN_PWM-1) as set to FAN_MIN_PWM
// #define FAN_MIN_PWM 50

// Section extruder
// Extruder cooling fans
// Configure fan pin outputs to automatically turn on/off when the associated
// extruder temperature is above/below EXTRUDER_AUTO_FAN_TEMPERATURE.
// Multiple extruders can be assigned to the same pin in which case
// the fan will turn on when any selected extruder is above the threshold.
#define EXTRUDER_0_AUTO_FAN_PIN -1
#define EXTRUDER_1_AUTO_FAN_PIN -1
#define EXTRUDER_2_AUTO_FAN_PIN -1
#define EXTRUDER_3_AUTO_FAN_PIN -1
#define EXTRUDER_AUTO_FAN_TEMPERATURE 50
#define EXTRUDER_AUTO_FAN_SPEED 255 // == full speed

// =====
// =====
// =====
// Section homing
// #define ENDSTOPS_ONLY_FOR_HOMING // If defined the endstops will only be used for homing
```

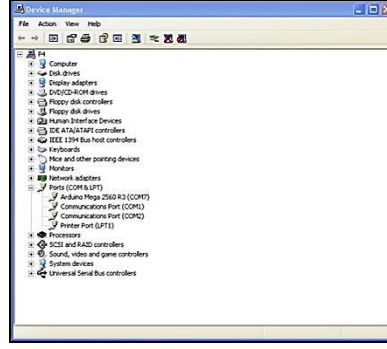
Şekil 6.11. Arduino programlama ekranı görünümü.

Kart programlanırken kullanılan arduino program ekranı şekil 6.11’de görülmektedir. Arduino yazılımları açık kaynaklı üç boyutlu yazıcılarda çok sık kullanılan programlama ve kontrol yazılımlarıdır. Kontrol kartı ramps ile çoğaltılarak bütün birimleri üzerine almaktadır ve yazılım ise bu kartı tamamıyla desteklemektedir.

Açık kaynaklı üç boyutlu yazıcıların kullandığı standart yazılım firmanın internet sitesi üzerinde yer almaktadır. Marlin sitesi içerisinde firmware standart dosyası indirilerek üzerinde üç boyutlu yazıcı ile ilgili düzenlemeler yapılarak devam edilmiştir.

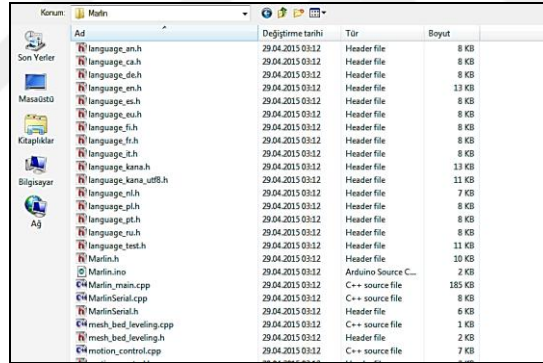
Çalışmada arduino programını internet üzerinden yüklenerek bilgisayara indirilmiştir. Yükleme sonrası bilgisayar üzerinden indirilen dosya yüklenmelidir.

Windows installer yoluyla yükleme seçilerek otomatik olarak USB sürücü de yüklenecektir. Yükleme işlemi bittikten sonra sadece Arduino kartı (hiçbir eklentisi üzerinde olmadan, eğer üzerinde RAMPS kart takılı halde geldiyse mutlaka çıkarmalıdır. Çıkarırken pinlere zarar gelmemesine dikkat edilmeli) USB kablosuyla bilgisayara bağlanır ve bilgisayarın kartı tanınması için beklenir. USB sürücüsünün yüklenip yüklenmediğini kontrol etmek için denetim masasından, Şekil 6.12’de görülen aygıt yöneticisine bakılmalıdır.



Şekil 6.12. Bilgisayar aygıt yöneticisi arduino driverı görünümü.

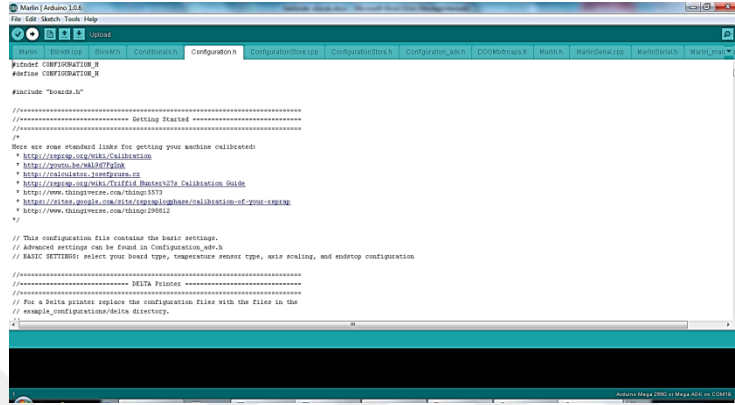
Orijinal kart değil de klon kart kullanılıyor ise, indirilen sürücü ile bilgisayar kartı tanımayabilir. Bu yüzden internetten CH340, CH341 USB sürücü dosyalarını indirip kurulması gerekmektedir. 3 boyutlu yazıcılar için bir grup yazılımcı tarafından yazılmış, yaygın olarak kullanılan ve tamamen ücretsiz olarak dağıtılan “Marlin” Programcığı kullanılmıştır.



Şekil 6.13. Bilgisayara indirilmiş olan hazır arduino ayar dosyaları.

Şekil 6.13’de görülen indirilen bu kodlar, varsayılan olarak belirli makinelere göre dizayn edilmiş bir takım kodlardan oluşmaktadır. Biz bu kodları çalışmada üretilen 3B yazıcıya göre düzenlemek gerekmektedir. Bunun için, inen ZIP dosyasını bir klasöre çıkartarak Arduino programı üzerinden File/Open/ menüsünden indirilen klasör adresine giderek “Marlin.ino” veya eski sürümlerde “marlin.pde” uzantılı dosyayı seçerek program kodları açılmalıdır.

Burada “Configuration.h” sekmesinde ihtiyaç olan değişikliklerin yapılabileceği tanımlamalar sayfası mevcuttur. Aşağıda belirtilen kodları bularak çalışmaya göre tekrar ayarlanmıştır.



Şekil 6.14. Arduino yazılımı ayarlar sekmesi görünümü.

Şekil 6.14’de görülen Marlin Configuration.h sekmesinde bulunan ayarlamaları aşağıda verilmiştir;

```
#define SERIAL_PORT 0
```

“Serial port sürekli değişken olacağından sıfır olarak kalması gereklidir, bu sayede varsayılan port ne ise o portu kontrol edecektir.”

```
#define BAUDRATE 115200
```

“Portun saniyedeki ileteceği veri sayısıdır. Aygıt yöneticisinden de kontrol edilebilir. Genellikle 115200 ve 9600 değerleri kullanılır. ”

```
#define MOTHERBOARD BOARD_RAMPS_13_EFB
```

“Arduino üzerindeki kullanacağınız eklenti kartının türünü belirtir.

EFB (Extruder, Fan, Bed), yani Ramps kartınıza, sırasıyla D10,D9,D8 terminallerindeki ısıtıcı çıkışlarına hangi elemanları bağladığınızı belirtmek içindir. Genellikle bağlantı şemalarındaki gösterim bu sıradadır.” Yazıcıya bağlanan ısı ölçer termistör ayarları aşağıda verilmiştir; “Isı ölçmek için kullanılan termistörlerin hangi pinlere bağlandığını belirtmek içindir. Ramps kart üzerinde T0, T1, T2 pinleri

mevcuttur. Bu pinlere termistör takılı ise bu ayarların karşısına 1 yazılmalıdır. Kullanılmayan pinler için sıfır yazılmalıdır”

```
#define TEMP_SENSOR_0 1 → “1. Ekstruder için”  
#define TEMP_SENSOR_1 0 → “2. Ekstruder için (varsa)”  
#define TEMP_SENSOR_2 0  
#define TEMP_SENSOR_BED 1 → “Isıtıcı tabla için”
```

Yazıcıya bağlı olan endstop ayarları aşağıda verilmiştir; “Mekanik endstop kullanılıyor ise kapalıyken mi yoksa açıkken mi işlem yapılacağına göre endstoplar bu ayarlardan ters çevrilebilir. True veya False olarak değiştirilebilmektedir.”

```
const bool X_MIN_ENDSTOP_INVERTING = true;  
const bool Y_MIN_ENDSTOP_INVERTING = true;  
const bool Z_MIN_ENDSTOP_INVERTING = true;  
const bool X_MAX_ENDSTOP_INVERTING = true;  
const bool Y_MAX_ENDSTOP_INVERTING = true;  
const bool Z_MAX_ENDSTOP_INVERTING = true;
```

“Yazıcıyı Home pozisyona çek komutu gittiğinde, eksenlerin maksimum noktaya mı yoksa minimum noktaya mı gideceğini belirtir. MIN: -1, MAX: 1. Bu ayar, durdurucuları (endstop), motorların yönüne göre neresine takıldığı ile alakalıdır.”

```
#define X_HOME_DIR -1  
#define Y_HOME_DIR -1  
#define Z_HOME_DIR -1
```

Yazıcının en önemli elemanları olan hareket eksenleri arduino ayarları aşağıda verilmiştir; #define HOMING_FEEDRATE {50*60, 50*60, 4*60, 0} “Eksenlerin Home pozisyonuna giderken kullanacağı ilerleme hız değerleri. Sırasıyla X,Y,Z,E. Milimetre/saniye cinsinden. E, yani ekstruder için sıfır değeri girilmelidir.”

```
#define DEFAULT_AXIS_STEPS_PER_UNIT {100,100,2560,96.5}
```

“Burada X,Y,Z ve E motorlarının saniye başına ilerleyeceği mm miktarı girilmelidir.
#define DEFAULT_MAX_FEEDRATE { 500, 500, 5, 25}

“Motorların maksimum ilerleme hız değerleri. Sırasıyla X,Y,Z,E motorları için.
milimetre/saniye cinsinden girilmelidir.”

#define DEFAULT_MAX_ACCELERATION { 9000,9000,100,10000}

“Motorların ivmeli hareketinin, maksimum başlangıç hız değerleri, sırasıyla X,Y,Z,E motorları içindir”

#define DEFAULT_AXIS_STEPS_PER_UNIT adım başına olan ilerleme değeridir, her makineye göre değişebilir, kullanılan motor, kayış, kasnak, vidalı mil özelliklerine göre değişkendir. Motor adım ve diğer değerlerini hesaplamak için step motor hesaplayıcı programcıklar kullanılabilir. Şekil 6.14. de bu ayarlama ekranlarından birisi görülmektedir.

Result	Resolution	Teeth	Step angle	Stepping	Belt
80.00 Click to Share!	12.5micron	20	1.8°	1/16th	2mm

Şekil 6.15. Adım motorlar kayış kasnak hesapları yapılması.

Eksenlerde kayış kasnak mekanizması ile ilerleme metodu kullanılmış ise buradan değerler bulunabilir. Motor step angle: Adım motorun 1 adımındaki yaptığı açı değeri/1 tam turundaki adım sayısıdır. Driver Microstepping: Sürücü mikrostep değeri, genellikle kullanılan A4988 sürücüleri 1/16 dır. Belt pitch in mm: Kayışın dişleri arasındaki mesafesi, genellikle kullanılan GT2 kayışıdır. Belt Presets: Kayış standart ise listeden de seçilebilmektedir. Pulley tooth count: Kasnağın diş sayısıdır

Bu veriler girildikten sonra ortaya çıkan “Result” kısmındaki değeri, hangi eksende kullanacak ise o kısma yazılabilir. Şekil 6.16’da vidalı mil ayarları görülmektedir.

Steps per millimeter - leadscrew driven systems

Gives you number of steps electronics need to generate to move the axis by 1mm.

If you struggle how to use this calculator, try aksing in [1](#) steps per mm forum.

Motor step angle
1.8° (200 per revolution)

Driver microstepping
1/16 - uStep (mostly Pololu)

Leadscrew pitch
1.25 mm/revolution

Pitch presets
M8 - metric (1.25mm per rotation)

Gear ratio
1 : 1

Result	Leadscrew pitch	Step angle	Stepping	Gear ratio
2560.00 Click to Share!	1.25	1.8°	1/16th	1 : 1

Şekil 6.15. Üç boyutlu yazıcı vidalı mil ayarları hesaplama görünümü.

Motor step angle ve driver microstepping ayarları aynı şekilde, Leadscrew pitch= vidalı milin bir tam turunda somunun ilerleme miktarı mm cinsinden girilmelidir. Eğer standart bir mil kullanılmış ise Pitch Presets listesinden o mil seçilebilir. Gear Ratio= hareketi oluşturan motorun mile aktarım oranıdır. Bu değerlerden sonra yine “Result” kısmındaki elde edilen değeri artık kod Arduino kod sayfasına yazılabilmektedir. LCD smart Controller kullanılması için programa U8glib Kütüphanesinin eklenmesi gerekir. Programın kurulu olduğu klasörlerin içerisinde Lib klasörü altına, “u8glib” kütüphane dosyaları kopyalandıktan sonra Arduino programından, Marlin dosyası açıkken, Sketch/import library ‘den “u8glib” seçilerek ana marlin.ino dosyasına tanımlanabilir.

LCD ekranı aktif etmek için ise u8glib kütüphanesi eklendikten sonra (RepRapDiscount FULL GRAPHIC Smart Controller için geçerli),

```
#define REPRAP_DISCOUNT_FULL_GRAPHIC_SMART_CONTROLLER
```

“Kod satırının başındaki // işaretini kaldırılması gerekmektedir.”

Farklı bir LCD ekran kullanılacak ise yine listeden kullanılan LCD ekran modelinin olduğu satırın başındaki // işaretini kaldırarak aktif hale getirilmelidir.

LCD ekranla birlikte SD kart desteği de kullanılacak ise,

#define SDSUPPORT

“Satırının başındaki // işareti kaldırarak aktif hale getirilmelidir.”

Düzenlemeler bittikten sonra “Verify” düğmesine basarak programı derledikten sonra hata alınmıyorsa “Upload” düğmesi ile program karta yüklenebilir.

Programın alt kısmında işleme durumunu gösteren barda, “Done uploading” yazısını gördükten sonra programın karta başarı ile yüklendiği anlaşılabilir [61].

Üç boyutlu yazıcılar kontrolcü olarak lcd ekranlar ve bilgisayar üzerinden kontrol edilebilmektedir. Bilgisayar üzerinden kontrol edilebilmesi için kullanılan en yaygın programlar EK AÇIKLAMALAR C’de verilmiştir.

BÖLÜM 7

DENEY TEST VE UYGULAMALAR

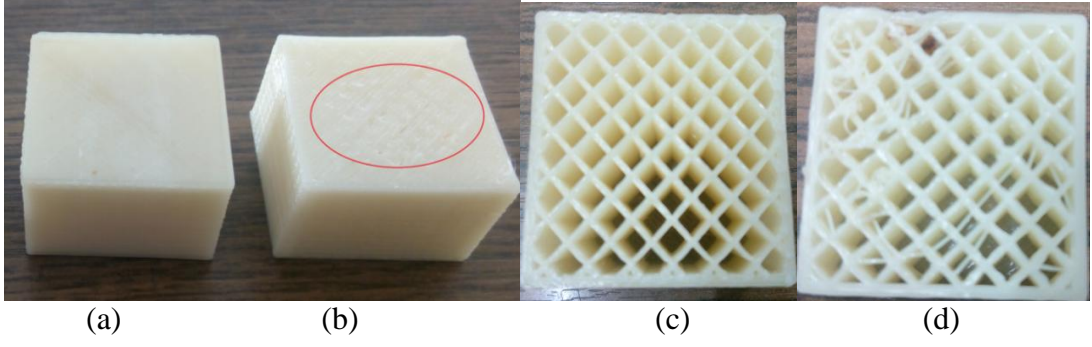
Çalışmada prototip üretimi gerçekleştirilen üç boyutlu yazıcı ve filament üretim sistemi üretim ve kurulum aşamaları sonrasında çalışmaya hazır hale gelmiştir. Bir dizi test ve uygulama ile prototiplerin özellikleri incelenmiştir.

7.1. ENDÜSTRİYEL BOYUTLU ÜÇ BOYUTLU YAZICI PROTOTİPİ TESTLERİ

Çalışmada endüstriyel üç boyutlu yazıcı içerisinde yer alan hareket eksenleri, motorları ve tabla testleri yapılmıştır. Filament üretim sistemi ile birlikte uygulamalar yapılmıştır.

7.1.1. Üç Boyutlu Yazıcı Hız Testleri

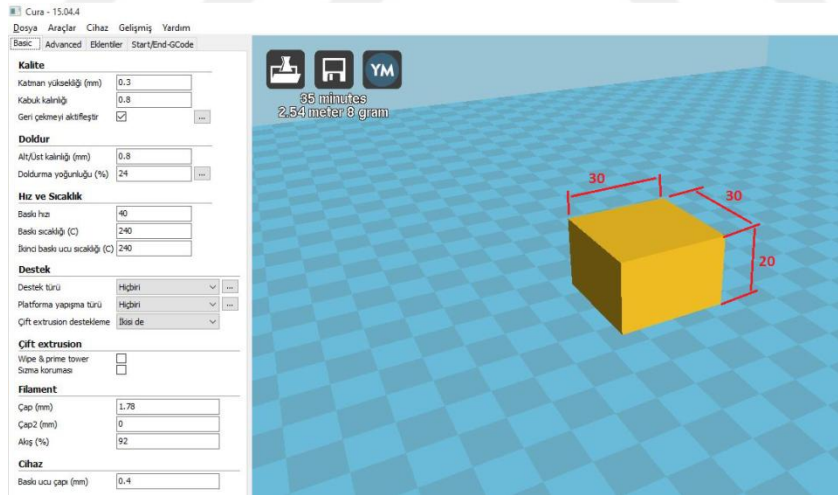
Çalışma kapsamında endüstriyel üç boyutlu yazıcı prototipi ile farklı hızlarda numuneler yazdırılmıştır. Yazdırılan numuneler 30 x 30 x 20 mm ölçülerinde kare prizma şeklinde parçalardır. Birinci numune 40 mm/s hız ile yazdırılmıştır. Baskı işlemi 38 dakika sürmüştür. İkinci numune 60 mm/s hızla basılmıştır. Baskı işlemi 32 dakika sürmüştür. Üçüncü numune 80 mm/s hızla yazdırılmıştır Baskı işlemi 10. dakika yüzde 40 seviyesinde bitirilmiştir. Parça tablada sabit kalmış ancak yazdırma işlemi sırasında katmanların yapışmadığı görülmüştür. Şekil 7.1'de 3. modelin %40 aşamasında içyapısı verilmiştir. Dördüncü numune 100 mm/s hızla yazdırılmıştır. Yazdırma işlemi 6. dakika süre sonunda %20 seviyesine durmuştur. Bu numunede de katmanların yapışmadığı ayrıca daha önceki katmanlarda da iplik şeklinde problemler gözlenmiştir. Şekil 7.1'de 4. numune verilmiştir.



Şekil 7.1. a) 40 mm/s hız ile yazdırılan numune. b) 60 mm/s hız ile yazdırılan numune. c) 80 mm/s hız ile yazdırılan numune. d) 100 mm/s hız ile yazdırılan numune.

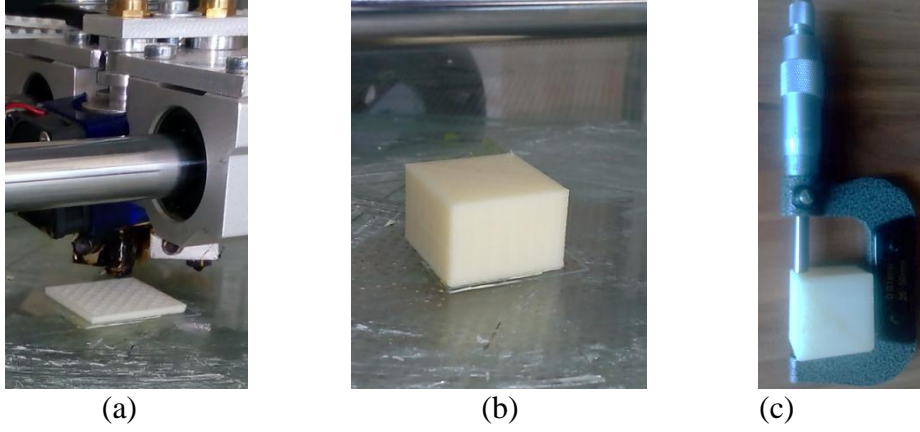
7.1.2. Üç Boyutlu Yazıcı Baskı Ölçü Doğruluk Testi

Çalışma kapsamında 30x30x20 mm ölçüleri olan 3 adet kare prizma numune aynı hızlarda yazdırılmıştır. Numune model görünümü Şekil 7.2’de verilmiştir. Modelin baskı öncesinde Cura programı ile yapılan ayarları ve dilimlenme işlemi sonucunda baskıya geçilmiştir. Baskı işlemi 40 mm/s hız ile 38 dakika sürmüştür.



Şekil 7.2. Test numunesi model ve baskı ayarları görünümü.

Yazdırılan parçaların 0,01 hassasiyetli mekanik mikrometre ile ölçümleri yapılmıştır. Şekil 7.3’de numune yazdırma aşamaları ve ölçümü görülmektedir.



Şekil 7.3. Test numunesi görünümü. a) 3B yazdırma işlemi. b) Yazdırılan model. c) Numune mikrometre ile ölçüm işlemi.

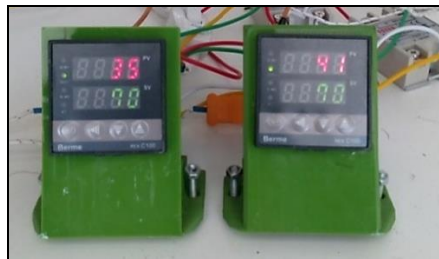
Baskı alınan parça ölçümleri sonuçları Çizelge 7.1’de görülmektedir.

Çizelge 7.1. Üç boyutlu yazıcı baskı ölçüleri doğruluk hata payı tablosu.

Numune No	Model Ölçüleri (mm)	3D Baskı Ölçüler (mm)	Hata Payı Yüzdesi
1	30 x 30 x 20	30,14 x 30,27 x 19,98	%0,4 - %0,9 - %0,1
2	30 x 30 x 20	30,17 x 30,30 x 19,87	%0,56 - %1 - %0,65
3	30 x 30 x 20	30,11 x 30,26 x 19,92	%0,36 - %0,86 - %0,4

7.1.3. Üç Boyutlu Yazıcı Isıtmalı Tabla Sıcaklık Testi

Yazıcı tablasının sıcaklık değerleri, PID kontrol cihazı üzerinden 70 °C’ye sabitlenerek tabla ısıtılmasının performansı incelenmiştir. Tabla sıcaklığının test edilmesi, PID sıcaklık kontrol cihazının 70 °C’ye ayarlanarak, rezistanslara şebeke gerilimi olan 220 V verilmesi ardından ısınması ile belirlenmiştir.



Şekil 7.4. Sıcak tabla ısınma durumunda iken kontrolcülerin görünümü.

Şekil 7.4’de tabla tabla ısınma durumunda iken kontrolcülerin görünümü verilmiştir. 3B yazıcı, sıcaklık ölçümü sırasında yazdırmaya hazır halde bekletilmiş ve yazıcı iç haznesinin sıcaklığı 26.1 °C, tabla sıcaklığı ise 21 °C ölçülmüştür. 1. Kontrol cihazı ölçümlerde ortalama maksimum 71 °C’ye çıkmaktadır ve geçen süre ortalama 190 saniye olmaktadır. Referans sıcaklığını ayarlamak için, 1.PID cihazı gücü keserek tabla sıcaklığını 70 °C’de sabitlemektedir. Gücün kesilip referans sıcaklıkta kararlı hale gelmesi toplamda ortalama 50 saniye sürmektedir. İkinci PID cihazı, ikinci rezistansı ısıtmaya başlamış ve sıcaklığı ortalama 210 saniyede maksimum 75 °C’ye kadar çıkarmaktadır. Birinci PID cihazı ile benzer şekilde referans sıcaklığında sabitlemek için gücü kesmiş ve 70 °C’ye kadar düşmesi 110 saniye sürmüştür. PID cihazlarından ölçülen değerler ve geçen süre Çizelge 7.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.2. Tabla sıcaklık kontrolcülerini sıcaklık değişimleri.

	Referans Sıcaklık Değeri (°C)	Maks Ölçülen Sıcaklık Değeri (°C)	Referans Sıcaklığa Ulaşması İçin Geçen Ortalama Süre (s)	Sapma Değeri (°C)
Tabla Isıtıcı 1	70	71	240	+1
Tabla Isıtıcı 2	70	75	320	+5

Ölçümler sırasında kontrolcüler ölçtükleri sıcaklıklara tablayı hızlı bir şekilde getirebilmek için tabla yüzeyine ekstra güç uygulamaktadırlar.



Şekil 7.5. Sanayi tipi lazer temassız sıcaklık ölçüm cihazı..

Şekil 7.5’de görülmekte olan temassız lazer sıcaklık ölçüm cihazı ile yapılan ölçümlerde kontrol cihazları 100 °C iken tabla sıcaklıkları görülmektedir.



Şekil 7.6. Tabla sıcaklık fiziksel ölçümü.

Sıcaklık ölçüm işlemi Şekil 7.6’da görülmektedir. Çalışmada yazıcı ısıtmalı tablası ile kabin içi sıcaklıklar karşılaştırılmıştır. Sıcaklık göstergelerinde okunan başlangıç tabla değeri 22 °C olmuştur. Tabla ısıtılmaya başladığında 22 °C den 70 °C ye ısınması 232 saniye sürmüştür. Tabla 70 °C sıcaklıkta yazdırma işlemi sırasında yapılan ölçümlerde kabin kapakları kapalı durumda 34,8 °C iç mekan sıcaklığı ölçülmüştür. Tabla sıcaklığı artırılarak tekrarlanan ölçümler sonrası elde edilen değerler Çizelge 7.3’de verilmiştir.

Çizelge 7.3. Isıtmalı tabla ve yazıcı iç ortam sıcaklık karşılaştırma tablosu.

	Tabla Kontrolcü Sıcaklığı	Yazıcı İç Ortam Sıcaklığı
1. Ölçüm	70 °C	34,8 °C
2. Ölçüm	80 °C	36,1 °C
3. Ölçüm	100 °C	40,3 °C

7.1.4. Üç Boyutlu Yazıcı Elektrik Tüketimi Testleri

Çalışmada prototip üretimi yapılan üç boyutlu yazıcı için çeşitli elektrik tüketim ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler Makel marka Tip:M500.2251 ve 1 fazlı 2 telli elektronik elektrik sayacı ile yapılmıştır. Şekil 7.7’de ölçüm yapılan elektronik elektrik sayacı görülmektedir.



Şekil 7.7. Elektrik ölçümleri için kullanılan elektronik elektrik sayacı.

Çizelge 7.5’de tabla sıcaklığının referans sıcaklık olan 70 °C sıcaklığa ulaşana kadar harcanan elektrik tüketim değerlerini göstermektedir. Tabla sıcaklığı, birinci saat içerisinde 263 Watt, ikinci saat içerisinde 235 Watt ve üçüncü saat içerisinde 215 Watt olarak ölçülmüştür. Ölçümler sonucu tablanın ortalama saatlik elektrik tüketim değeri 237.6 Watt/h olarak belirlenmiştir.

Çizelge 7.5. Isıtıcı tabla elektrik tüketimi ölçülen değerler.

Geçen Süre (t)	Sayaç okunan ilk değer(kW/h)	Sayaç okunan son değer(kW/h)	Elektrik Tüketimi (Watt/h)
1. Saat	26.257	26.472	263
2. Saat	26.472	26.687	235
3. Saat	26.687	26.950	215

Ardından tüm yazıcı sistemin ölçümlerine geçilmiştir. Ölçümler 70 °C tabla sıcaklığı ile yazıcı çalışırken yapılmıştır. Çizelge 7.6’daki sonuçlar elde edilmiştir. Sonuçlar elde edilirken tek nozzle çalışmıştır ve nozzle sıcaklığı 240 °C dir.

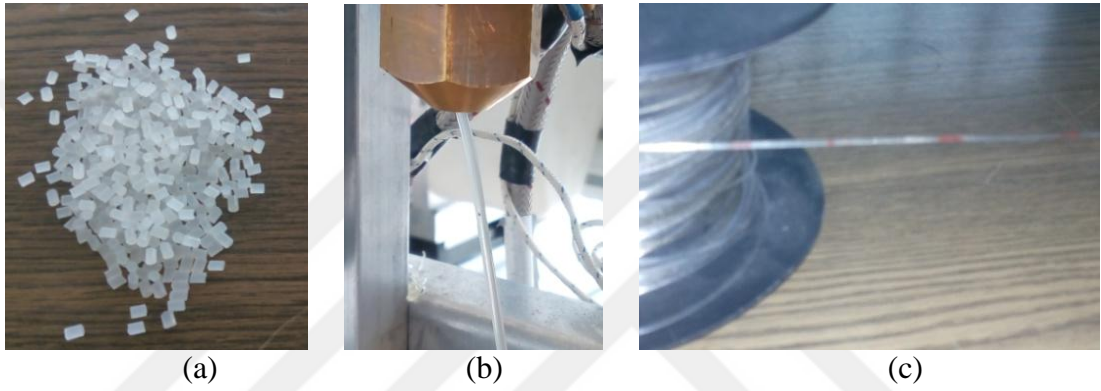
Çizelge 7.6. Endüstriyel boyutlu 3d yazıcı genel elektrik tüketimi.

Geçen Süre (t)	Sayaç okunan değer kW/h	Elektrik Tüketimi (Watt/h)
1. Saat	27,548 - 27,967 kW/h	419 Watt/h
2. Saat	27,967 - 28,384 kW/h	411,5 Watt/h
3. Saat	28,384 - 28,803 kW/h	410,8 Watt/h

Ölçümler sonucunda elde edilen değerler tabloda verilmiştir. Yazıcının ortalama elektrik tüketimi ise 418,4 Watt/h olarak ortaya çıkmıştır.

7.2. FİLAMENT ÜRETİM SİSTEMİ PROTOTİPİ TESTLERİ

Çalışmada filament üretimi sırasında sistemden çıkan filament uzunluğu filament çapı ve filament üretim sıcaklıkları test edilmiştir. Şekil 7.8’de granül ve üretilen filament görülmektedir.



Şekil 7.8. PLA filament üretim adımları. a) Granül hammadde. b) Eritilerek oluşturulan filament. c) Filamentin makaraya sarımı.

7.2.1. PLA Filament Üretimi Hız Testleri

Filament üretim sistemi ergimiş plastik malzeme ve granülleri filament şeklinde üretmesi aşama aşama ölçülmüştür. Bu ölçüm sürekli devam eden filament üretimi sırasında çıkan ürün üzerine 10 saniyelik aralıklar ile kırmızı işaret koyularak yapılmıştır. Üretilen filament üzerine koyulan işaretler belirli bir süre boyunca sürekli işaretlenmiştir. Şekil 7.9’da filament üretimi sırasında üretilen filament işaretleme aşaması görülmektedir.



Şekil 7.9. Filament üretim hızı ölçümü. a) İşaretleme. b) Ölçüm.

Üretilen ve işaretlenen filament daha sonra kumpas yardımıyla ölçülerek işlemler devam etmiştir. Filament üretim sisteminde üretim aşamasında yapılan ölçümler sonunda hesaplanan üretim hızları Çizelge 7.7’de verilmiştir. 10 ar saniye ve 1 er dakikalık aralıklar ile 6 adet ölçüm sonucuna ait üretim hızları hesaplanmıştır.

Çizelge 7.7. Filament üretim sistemi 10 ar sn ve 1 er dk filament uzunlukları.

Sıra	Ölçümler (s)	Filament Uzunluğu(mm)	Ölçümler (dk)	Filament Uzunluğu(mm)
1	10	39,5	1	256,1
2	20	41,7	2	258,4
3	30	42,3	3	260,1
4	40	44,2	4	262,7
5	50	44,6	5	265,2
6	60	43,8	6	265,8

Filament üretim hızının değişik sürelerde ölçülmesi sonucu filament üretim sistemi genel kapasitesi belirlenmiştir. 10 saniyede üretilen ortalama filament uzunluğu 42,6 mm, 1 dakikada üretilen ortalama filament uzunluğu ise 261,3 mm olarak hesaplanmıştır. Bu veriye göre sistemin saatteki üretim kapasitesi 15,67 m olarak hesaplanmıştır

7.2.2. PLA Filament Üretim Çap Testleri

Filament üretim sistemi ile filament üretimi sırasında onar saniyelik ve birer dakikalık zaman periyotlarında belirli bir süre boyunca filament çapı ölçülmüştür. Ölçülen çap değerleri ve çap değişimleri Çizelge 7.8’de görülmektedir.

Çizelge 7.8. Filament üretim sistemi onar saniyelik filament çap ölçüleri.

Sıra	Ölçümler	Filament Çapı(mm)	Ölçümler	Filament Çapı(mm)
1	10 sn	1,9	1 dk	1,71
2	10 sn	1,84	1 dk	1,72
3	10 sn	1,75	1 dk	1,69
4	10 sn	1,73	1 dk	1,62
5	10 sn	1,70	1 dk	1,58
6	10 sn	1,71	1 dk	1,55

Yapılan ölçümler sonucunda test aşamasında birer dakikalık periyotlarda ortalama filament çapı 1,65 mm elde edilmiştir. Onar saniyelik periyotlarda ise ortalama 1,71 mm çap değeri elde edilmiştir.

7.2.3. Filament Üretim Sistemi Filament Üretim Malzeme Sıcaklık Değerleri

Sıcaklık değerleri için standart erime sıcaklığı değerleri baz alınmıştır. Filament üretimi için gerekli olan sıcaklıkları sağlamak için sistemde üç adet rezistans kullanılmıştır. Bu rezistanslardan iki tanesi granül malzemenin erimesi için gerekli olan sıcaklığı sağlamak için ekstrüzyon gövdesini ısıtmaktadırlar. En alt kısımda yer alan rezistans ise eriyen granül malzemenin filament olarak çıkmasını sağlayan nozül elemanı ısıtmakla görevlidir ve çıkış sıcaklığını ayarlamaktadır. Sistem üzerinde görülen sıcaklıklar Şekil 7.10’da görülmektedir.



Şekil 7.10. PLA filament üretimi için sistemde kullanılan sıcaklıklar görünümü.

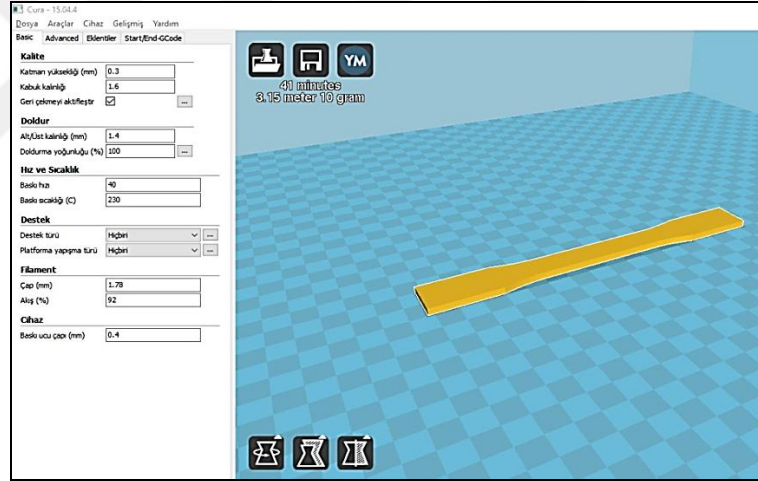
Filament üretim sistemi PLA üretim aşamasında kullanılan sıcaklık değerleri Çizelge 7.9'da görülmektedir.

Çizelge 7.9. PLA erime sıcaklıkları karşılaştırması tablosu.

PLA standart erime sıcaklığı	Sistemde PLA filament üretim sıcaklığı
210 – 220 °C	190 – 200 °C

7.2.4. Üretilen Filament Malzeme İle Çekme Testleri

Üç boyutlu baskısı alınacak çekme numuneleri TS EN ISO 6892-1 çekme test standardı na göre basılmış numuneler dir. Numunelerin çizimi solidworks programında yapılmış ve basım işlemi ise üç boyutlu yazıcıda yapılmıştır. Yazdırma Parametreleri ve model görünümü Şekil 7.11’de görülmektedir.



Şekil 7.11. Çekme test numunesi model ve baskı öncesi görünümü

Şekilde görülmekte olan modelin baskı işlemi öncesi ayarları cura programında yapılmıştır. Cura programı baskı parametreleri Çizelge 7.10’da görülmektedir.

Çizelge 7.10. Çekme numuneleri baskı parametreleri.

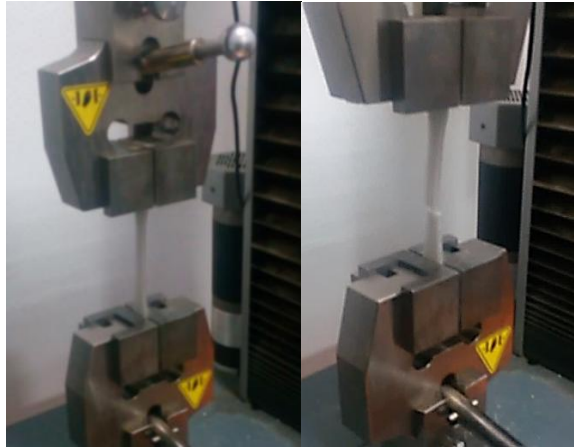
Katman Yüksekliği	0.3 mm	Baskı Hızı	40 mm/s
Kabuk Kalınlığı	0,8 mm	Baskı Sıcaklığı	230 °C
Alt üst kalınlığı	0.8 mm	Baskı ucu çapı	0,4 mm
Doldurma Yoğunluğu	% 100	Baskı Malzemesi	PLA

Çalışmada extruder filament üretim sistemi ile üretilen PLA filament ve piyasadan temin edilen ticari PLA filament malzeme kullanılarak 3B yazıcıdan baskı alınmış çekme testi numuneleri Şekil 7.12’de görülmektedir.



Şekil 7.12. 3B Yazıcıda yazdırılan PLA çekme numuneleri. a) üretilmiş. b) ticari.

Çizelgede verilen değerler ile baskı işlemi sonucunda her bir numune baskı işlemi 40 dakika sürmüştür. Çekme numuneleri sırası ile 1,2,3 nolu numuneler filament üretim sistemi tarafından üretilen PLA filament ile basılmış numunelerdir. 4,5,6 nolu numuneler ise hazır olarak satın alınan ticari PLA filament ile basılmış numunelerdir. Bu numuneler Karabük Üniversitesi Teknoloji Fakültesi laboratuvarında bulunan (Zwick/Roell z050) çekme testi ünitesi ile çekme testlerine tabi tutulmuştur. Numuneler sırası ile cihaza bağlanarak çekme testi deneyi gerçekleştirilmiştir. Çekme işlemleri sonucunda PLA malzeme gevrek kopmaya uğrayarak kopmuş ve test sonuçlanmıştır. Bu işlem her bir numune için tekrarlanmış ve 6 adet çekme deneyi yapılmıştır. Şekil 7.13’de çekme test başlangıç ve bitiş aşaması görülmektedir.



Şekil 7.13. Çekme testi başlangıç ve bitiş numune görünüşleri.

Çekme testi sonucu elde edilen değerler kullanılarak ticari PLA filament ile üretilen PLA filament mekanik özellikleri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Numunelere ait çekme testi deneyi sonucu elde edilen değerler Çizelge 7.11’de verilmiştir.

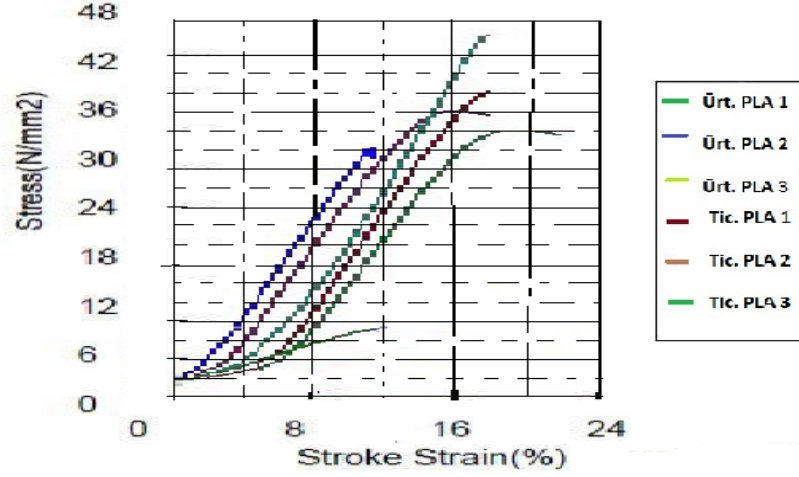
Çizelge 7.11. Üretilen ve hazır alınan PLA malzemelere ait çekme testi sonuçları.

		a0	b0	L0	Fmax	F{lo Break}	{epsilon}Break	{epsilon}- F max
	Nr	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²	%	%
Üretilen PLA	1	3,8	13,2	220,36	8,87	8,78	1,42	1,38
	2	3,8	13,2	220,04	32,64	31,2	1,35	1,34
	3	3,8	13,2	220,09	38,41	38,38	1,65	1,65
Ticari Hazır PLA	4	3,8	13,2	220,08	37,1	36,4	2,11	1,8
	5	3,8	13,2	220,05	46,8	46,77	1,91	1,9
	6	3,8	13,2	220,11	33,7	32,95	2,13	1,8

İlk üç numune üretimi yapılan test numunesidir. Bu değerler sonucunda en yüksek kuvvet değeri ticari PLA ile basılmış olan 5. Numuneden gelmiştir. Fmax 46,8 N/mm² Aynı şekilde en yüksek kopma kuvvet değeri 46,77 N/mm² olmuştur. En yüksek uzama değeri ve en yüksek kopma uzama değeri yine 5 Numaralı numune den gelmiştir.

Test sonuçlarına göre filament üretim sistemi ile üretilen PLA malzemelerin ortalama kopma dayanım kuvvetleri ile ticari PLA malzemenin kopma değerleri ortalamaları karşılaştırılmıştır. Bu sonuçlara göre ticari PLA malzeme daha yüksek ortalama değer göstermiştir. Ortalama Fmax kopma değeri 39,2 N/mm² elde edilmiştir. Üretilen PLA filament ile alınan baskılar sonucunda elde edilen ortalama Fmax ise 26,12 N/mm² olarak ölçülmüştür. İlk test numunesi hatalı olması ile ortalamadan çıkarıldığında üretilen PLA filament kopma Fmax değeri 35,525 N/mm² olarak ölçülmüştür.

Uzama değerlerine bakıldığında yine ticari hazır PLA filament malzeme daha fazla uzama göstermiştir. Fmax % uzama değerleri değerlendirildiğinde, ortalama uzama değeri üretilen PLA malzeme için % 1,45 ortalama uzama değeri elde edilmiştir. Ticari hazır PLA malzeme % uzama değerleri ise % 1,83 olarak elde edilmiştir. Şekil 7.14’de çekme testi sonucu elde edilen grafik görülmektedir.



Şekil 7.14. Çekme testi sonucu elde edilen grafik.

7.2.5. Filament Üretim Sistemi Elektrik Tüketim Testleri

Filament üretim sistemi üzerinde bulunan elektrik motoru ve üç adet ısıtıcı rezistanslar ile birlikte elektrik tüketim değeri yüksek olabilecek elemanlar içermektedir. Çalışmada filament üretimi sırasında sistemin elektrik tüketimi ölçülmüştür. Sistem ile şebeke arasına sayaç bağlanarak yapılmıştır. Ölçümler kapalı kabin halinde sistemin 200 °C sıcaklıkta üç rezistansın da çalıştığı durumda PLA filament üretimi esnasında yapılmıştır. Sistemin 1 saat boyunca çalıştırılması sonucu okunan sayaç değerleri Çizelge 7.12’de görülmektedir.

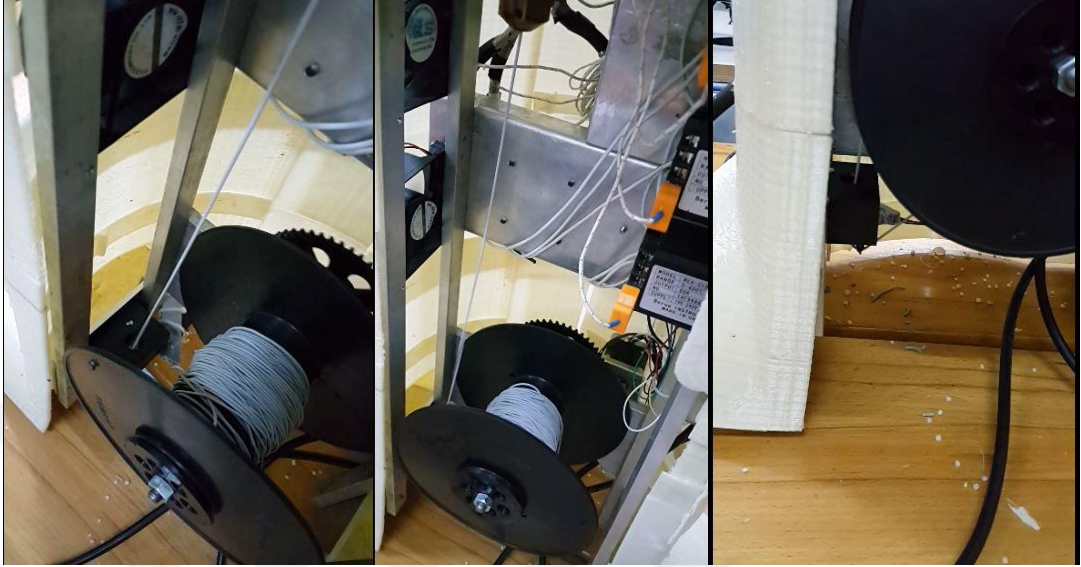
Çizelge 7.12. Filament üretim sistemi elektrik tüketim değerleri.

Sadece Isıtıcılar	Geçen Süre (t)	Sayaç okunan değer kW/h	Elektrik Tüketimi (Watt/h)
	1. Saat	30,912 – 30,972 kw/h	60 watt
Motor ve Isıtıcılar	Geçen Süre (t)	Sayaç okunan değer kW/h	Elektrik Tüketimi (Watt/h)
	1. Saat	31,080 - 31,270 kW/h	190 Watt

7.2.6. Filament Üretim Sistemi Makara Sarma Mekanizması

Çalışma kapsamında prototipi üretilen filament üretim sistemine ait filament sarma mekanizması uygulamaları yapılmıştır. Bu kapsamda ekstruder tarafından üretilen filament malzeme sistemin alt kısmında yer alan makaraya adım motoru, dişli

çarklar, arduino kontrol kartı ve limit swiç yardımı ile sarılmıştır. Şekil 7.15’de filament sarımı görülmektedir.



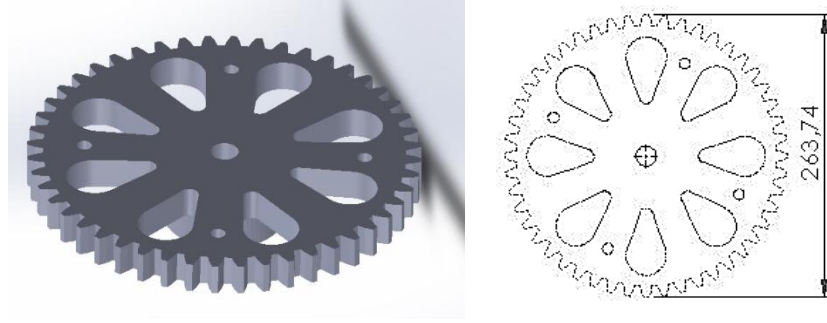
Şekil 7.15. Filament sarım görüntüleri.

7.3. ENDÜSTRİYEL BOYUTLU ÇİFT BAŞLI ÜÇ BOYUTLU YAZICI MODEL BASKI UYGULAMALARI

Çalışmada üretilen üç boyutlu yazıcı ile alınan baskılar bu bölümde ele alınmıştır. Yazıcı büyük olan boyutları sayesinde büyük baskılar alabilmekte ve büyük olan modelleri tek seferde basabilmektedir. Baskı numuneleri olarka ve çalışma testleri olarak bölümde ele alınmıştır.

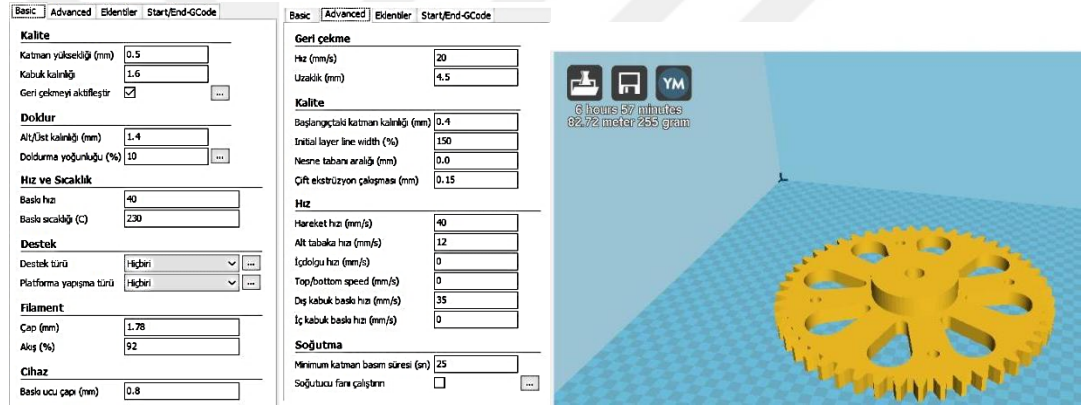
7.3.1. Büyük Boyutlu Dişli Çark Modeli Baskı Uygulaması

Üç boyutlu yazıcı baskı uygulamaları olarak ilk okarak büyük boyutlu olarak çizilen dişli çark modeli basılmıştır. Baskı öncesinde model Solidworks programında modellenmiş ve sonrasında Cura programında dilimleme işlemi yapılmıştır. Şekil 7.16’da dişli çark model görünümü görülmektedir.



Şekil 7.16. Büyük boyutlu dişli çark modeli tasarım görünümü.

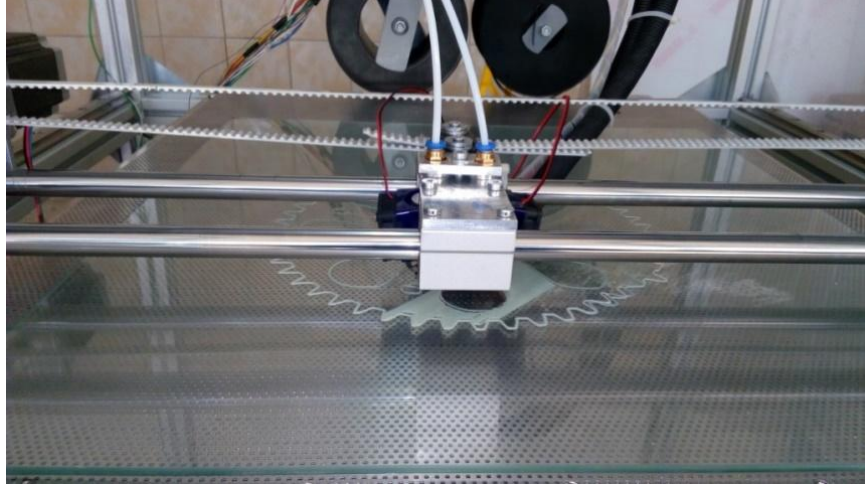
Dişli çark modeli tasarım programından sonra stl olarak kaydedilip cura programına aktarılmıştır.



Şekil 7.17. Dişli çark cura programı Cura baskı ayarları dilimleme görünümü.

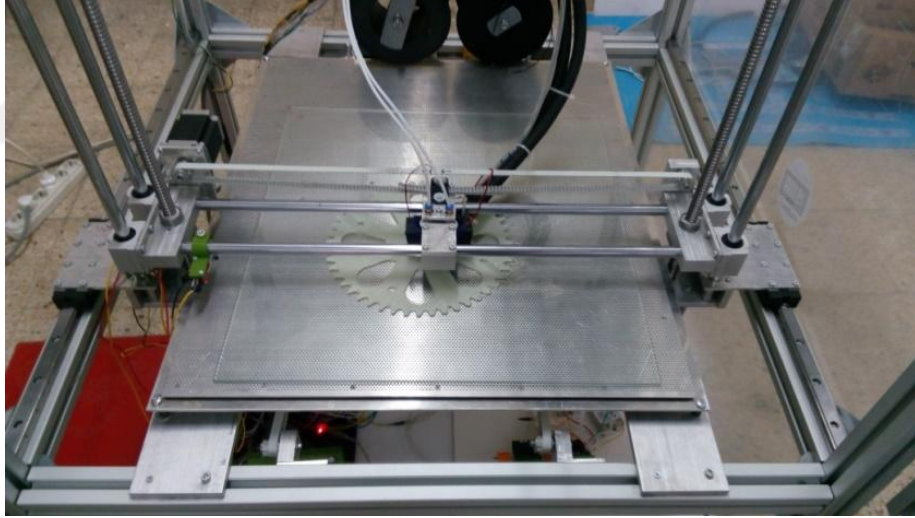
Cura programında baskı ayarları şekil 7.17’de görülmektedir. Programda katman yüksekliği olarak 0,5 mm, kabuk kalınlığı olarak 1,6 mm alt üst kalınlık olarak 1,4 mm kullanılmıştır. İç doluluk %10 ve baskı sıcaklığı 240 °C nozul çapı 0,8 mm kullanılmıştır. Baskı malzemesi ABS dir.

Sonraki aşamada cura programından elde edilen gcode dosyasını yazıcının bağlı olduğu masaüstü bilgisayara yüklemek suretiyle ve buradan da usb aracılığı ile yazıcı kontrol edilerek üç boyutlu baskı işlemi başlatılmıştır. Şekil 7.18’de başlatılan baskı işlemi görülmektedir.



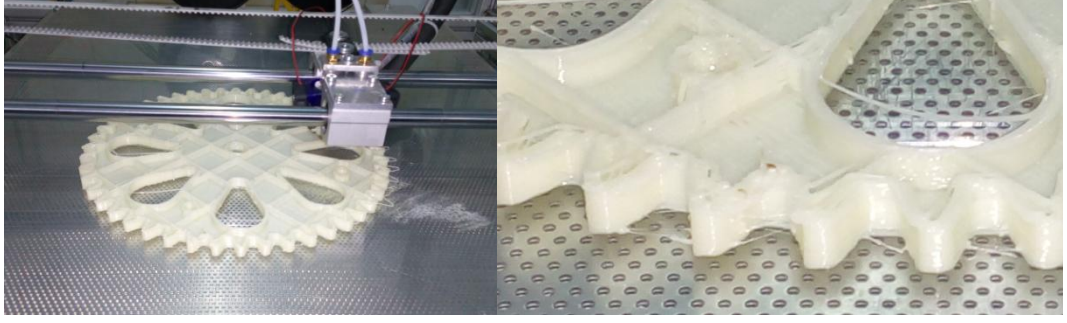
Şekil 7.18. Üç boyutlu yazıcı da dişli çark basımı başlangıç görünümü.

Dişli çark basım işlemi 6 saat 57 dakika sürmektedir. Baskı işlemi sırasında destek kullanılmamıştır. Baskı aşaması şekil 7.19’da görülmektedir.



Şekil 7.19. Büyük boyutlu dişli çark basım işlemi.

Yazdırma işlemi sonucu 27 cm çapında olan dişli çark modeli basılmıştır. Bu model hobi ve eğitim amaçlı 3B yazıcılarda küçük tabla boyutları nedeniyle tek seferde yazdırılmayacak bir modeldir. Çalışmada tek parçada 0,8 nozul ile hızlı bir şekilde yazdırılabilmektedir.

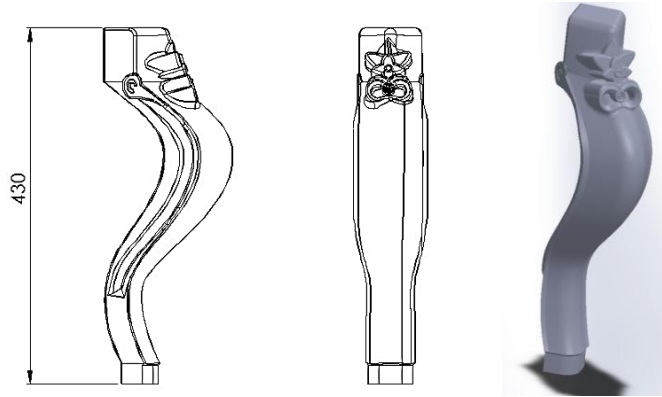


Şekil 7.20. 27 cm çaplı dişli çark basım işlemi ve baskı iç yapı görünümü.

Şekil 7.20’de yazdırılan büyük boyutlu dişli çarkın iç doluluğunun görünümü verilmiştir.

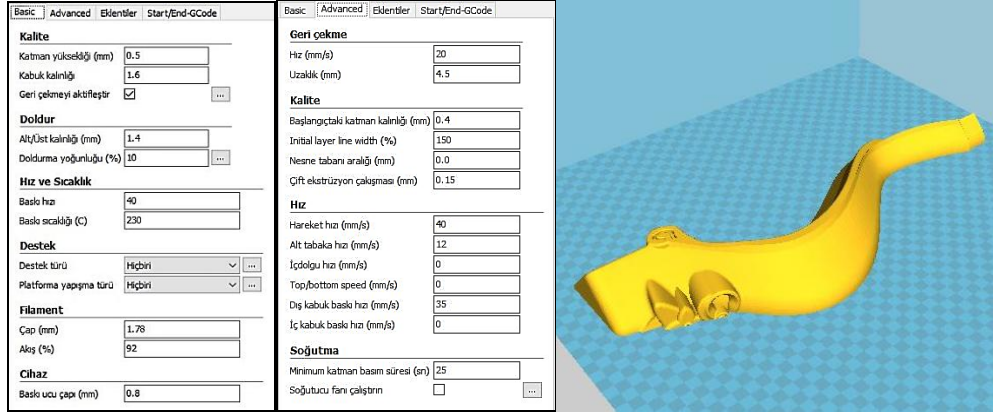
7.3.2. Sehpa Ayakları Baskı Uygulaması

Üç boyutlu yazıcı endüstriyel boyutları sayesinde büyük parçaları tek seferde yazdırabilme kabiliyetine sahiptir. Bu özelliği 430 mm boyunda olan sehpa ayağı baskı işlemi sırasında test edilmiştir. (Şekil 7.21)



Şekil 7.21. Sehpa ayağı model ve ölçüleri.

Sehpa ayakları referans yüzeyi oluşturmak ve desteksiz yazdırmak için Solidworks programı ile iki parçaya bölünmüştür. Bölünen parçalar sonrasında Cura programı ile dilimleme işlemi yapılmıştır. Dilimlenen model Repetier programı ile yazıcıya aktarılmış ve yazdırılmıştır.

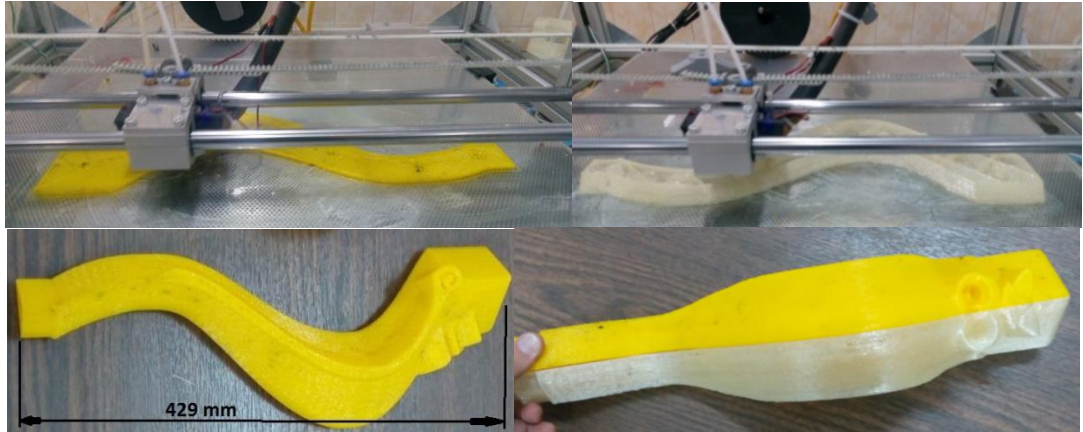


Şekil 7.22. Sehpa ayağı dilimleme ayarları ve modeli.

Cura programında baskı ayarları Şekil 7.22’de görülmektedir. Yazdırma ayarları Çizelge 7.13’de verilmiştir.

Çizelge 7.13. Sehpa ayağı baskı özellikleri.

Nozzle çapı	0,8 mm
Baskı malzemesi	PLA (Sarı ve Şeffaf)
Katman yüksekliği	0,5 mm
Yazdırma hızı	40, 50, 60 mm/sn
İç doluluk oranı	% 10
Yazdırma süresi	6 saat 54 dakika



Şekil 7.23. Sehpa ayakları baskı başlangıç aşamaları.

Çalışmada yazdırılan sehpa ayakları baskı işlemi sırasıyla (a) 4 adet sarı renk olan parça ve sonrasında (b) 4 adet şeffaf renk olan parça yazdırılmıştır. (Şekil 7.24) Yazdırma işlemi ardından sehpa ve ayakları birleştirilmiştir.



Şekil 7.24. Sehpa ve ayakları.

Üç boyutlu yazıcı 27 saat 6 dakika kesintisiz çalışmıştır. Bu çalışma esnasında 4 adet sarı renkli numune yazdırılmıştır. Diğer beyaz numuneler farklı hızlarda basılmıştır. Basım işlemi sırasında karşılaşılan hızdan kaynaklanan sorunlar Şekil 7.25’de gösterilmiştir.

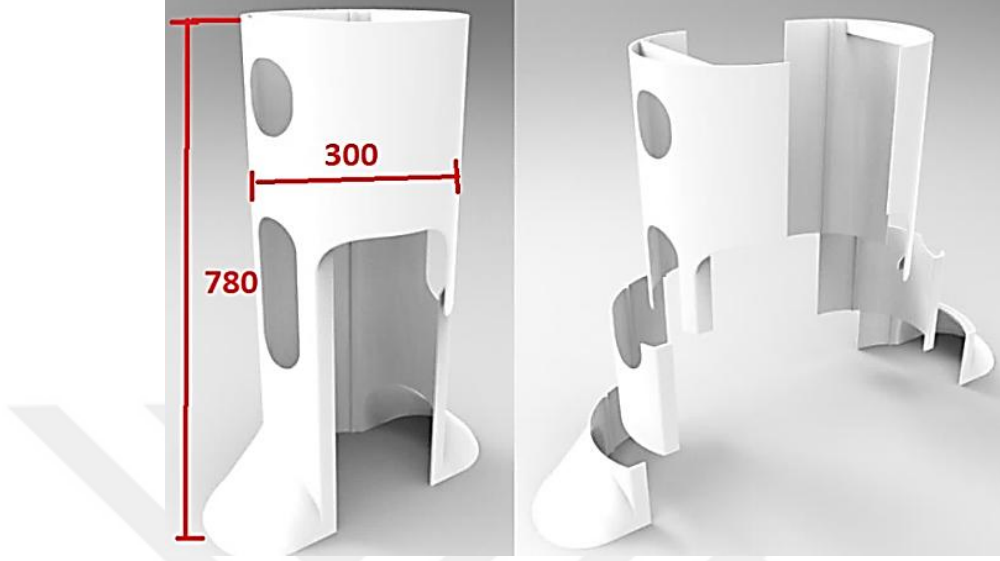


Şekil 7.25. Sehpa ayağı baskı numuneleri hataları. a) 40 mm/s yazdırma hızında numune. b) 50 mm/s yazdırma hızında numune. c) 60 mm/s yazdırma hızında numune.

7.3.3. Filament Üretim Sistemi Dış Gövde Parçası Baskı Uygulaması

Filament üretim sistemi gövde baskısı aşamasında ilk deneme de karşılaşılan sorun karşısında çözüm olarak basılan parçanın kalınlığı 1,6 mm’den 2 mm’ye

çıkarılmıştır. Sonrasında parçanın iç çeperlerine destek ve kolon parçası eklenmiştir. Bu şekilde baskı işlemi amaçlanmıştır. Gövde tasarımı şekil 7.26’da görülmektedir.



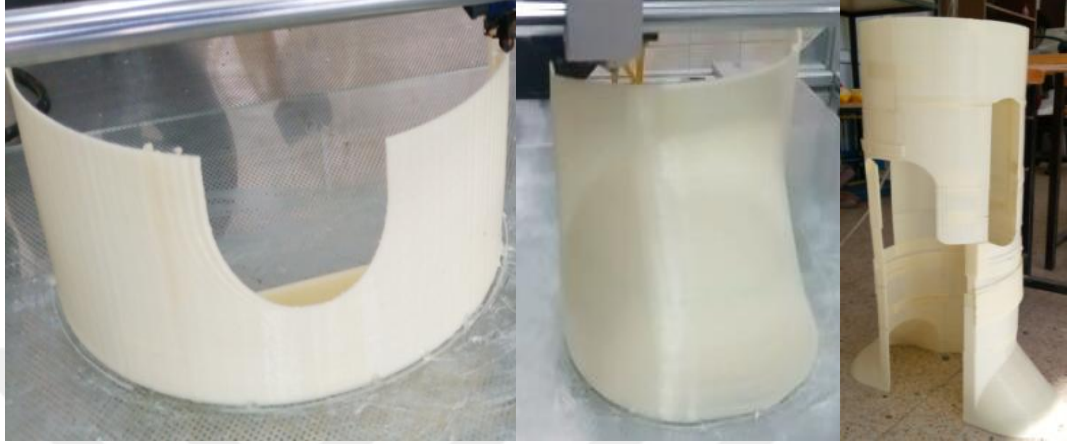
Şekil 7.26. Filament üretim sistemi dış gövde parçası son tasarım görünümü.

Modelde görüldüğü üzere gövde parçalara ayrılmıştır ve parçalar baskı işlemi yapılmıştır. Her parça için baskı parametreleri aynı seçilmiştir. Şekil 7.27’de cura programında gövde basım parametreleri verilmiştir.

Basic	Advanced	Eklentiler	Start/End-GCode
Kalite			
Katman yüksekliği (mm)	0.5		
Kabuk kalınlığı	1.6		
Geri çekmeyi aktifleştir	<input checked="" type="checkbox"/>		...
Doldur			
Alt/Üst kalınlığı (mm)	1.4		
Doldurma yoğunluğu (%)	10		...
Hız ve Sıcaklık			
Baskı hızı	40		
Baskı sıcaklığı (C)	230		
Destek			
Destek türü	Hiçbiri		...
Platforma yapışma türü	Hiçbiri		...
Filament			
Çap (mm)	1.78		
Akış (%)	92		
Cihaz			
Baskı ucu çapı (mm)	0.8		
Geri çekme			
Hız (mm/s)	20		
Uzaklık (mm)	4.5		
Kalite			
Başlangıçtaki katman kalınlığı (mm)	0.4		
Initial layer line width (%)	150		
Nesne tabanı aralığı (mm)	0.0		
Çift ekstrüzyon çıkışması (mm)	0.15		
Hız			
Hareket hızı (mm/s)	40		
Alt tabaka hızı (mm/s)	12		
İçdolgu hızı (mm/s)	0		
Top/bottom speed (mm/s)	0		
Dış kabuk baskı hızı (mm/s)	35		
İç kabuk baskı hızı (mm/s)	0		
Soğutma			
Minimum katman basım süresi (sn)	25		
Soğutucu fanı çalıştırın	<input type="checkbox"/>		...

Şekil 7.27. Filament üretim sistemi gövde basımı baskı ayarları.

Baskı süreleri gövde alt parçaların teki 9 saat 12 dakika ikisi 18 saat 24 dakika sürmüştür. Şekil 7.28’de filament üretim sistemi gövde parçası basım aşamaları görülmektedir.

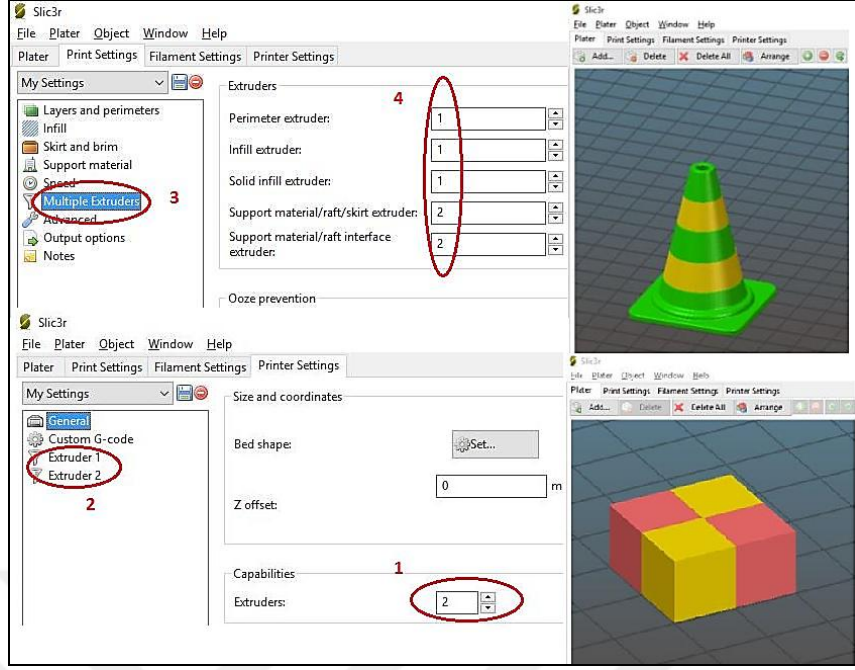


Şekil 7.28. Filament üretim sistemi gövde baskı uygulaması.

Gövde parçaları yazdırma işlemleri sırasıyla en alt parçalar 18 saat 24 dakika, orta gövde parçaları 14 saat 10 dakika ve üst parçalar 16 saat 40 dakika sürmüştür. Malzeme olarak ABS malzeme kullanılmıştır. Gövde parçası baskı işlemi sırasında 1380 gram tahmini filament tüketimi olmuştur. Gövde parçası ölçüleri 780 mm yükseklik ve 30 mm çap ölçüsü ile gövde ortaya çıkmıştır. Yazdırılan parçalar daha sonra yapıştırıcı yardımı ile birleştirilmiştir.

7.3.4. Üç Boyutlu Yazıcı Çift Kafa Baskı Uygulamaları

Çalışmada prototip üretimi yapılan yazıcı çift başlı olarak tasarlanmış ve üretilmiştir. Baskı işlemleri için Slic3r programı kullanılmıştır. Slic3r programında nozul uçlardan hangi malzemenin hangi sıra ile akacağı seçilebilmektedir. Şekil 7.29’da bu aşamalar verilmiştir. Slic3r program menüleri diğer ayarları aynı seçilmiştir.



Şekil 7.29. Çift kafa çift renk numune basım işlemi dilimleme ayarları görünümü.

Çalışma kapsamında çift kafa ile iki farklı renk ve farklı malzemeler ile basılan ana model ve destek kısmı basım işlemleri yapılmıştır. Çift kafa baskı işlemleri için birinci nozul uç beyaz abs malzeme akıtmaktadır. İkinci nozul uç ise yeşil filament akıtmaktadır. Çift renk numune basım işlemi numune model görünümleri Şekil 7.30'da görülmektedir.



Şekil 7.30. Çift kafa çift renk baskı numunesi baskı görünümleri.

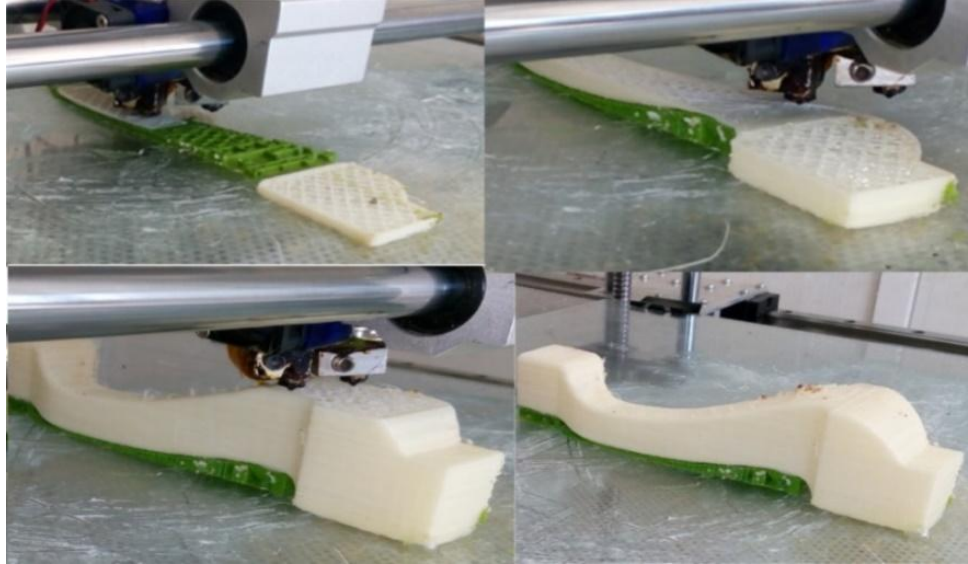
Diğer numunenin çift renkli basım işlemi Şekil 7.31'de görülmektedir. Baskı işlemi sırası ile ilk renk ikinci renk olarak aşamalı görülmektedir.



Şekil 7.31. Çift kafa çift renk baskı numunesi baskı görüntüleri.

Çalışmada çift kafa baskı işlemi herhangi bir parça yazdırma işlemi sırasında destek malzemeleri atmak için kullanılabilir.

Çift renk baskı işlemi iki aynı malzeme ile yapılmıştır. Beyaz ve yeşil renkli filamentler ABS malzemelerdir. Yapılan yazdırma testinde sehpa ayağı parçası yatay olarak tablaya yerleştirilmiştir ve tabladan havada kalan bölgeleri altına destek parçası basılmıştır. Destek parçası ikinci kafa ile ikinci renk ile basılmıştır. Bunun için de Slic3r programında birkaç ayar yapılmıştır. Bu ayarlar 7.32’de görülmektedir.



Şekil 7.32. Çift kafa destek için kullanılması ve baskı işlemi görünümü.

Çift kafa ile çift renk çift malzeme baskı yapılabilir. Çalışmada uygulama içeriğinde ana parça beyaz, destek kısmı yeşil ABS ile basılmıştır. (Şekil 7.33)

7.3.5. Granülden Modele Baskı Uygulaması

Çalışma kapsamında filament üretim sistemi ile üretilmiş olan PLA filament malzeme ile endüstriyel boyutlu 3B yazıcı tarafından model baskısı yapılmıştır. Baskısı yapılan model uygulamalarda kullanılan sehpa ayağı parçasıdır. Parça modeli cura programı ile dilimleme işlemi yapılmıştır. Cura programından üretilen g code dosyası repetier programına aktarılarak 3B yazıcıya gönderilmiştir. Şekil 7.34'de granülden model basım aşamaları görülmektedir.



Şekil 7.33. Çalışmada üretilen filament ile yazdırılan sehpa ayağı.

Çizelge 7.14. Cura programı yazdırma ayarları.

Nozul çapı	0,8 mm
Katman yüksekliği	0,5 mm
Nozul Sıcaklığı	235 °C
Tabla Sıcaklığı	80 °C
İç doluluk oranı	% 5

BÖLÜM 8

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışma sonucunda 990x1035x1540 mm ölçülerinde üç boyutlu yazıcı prototipi üretilmiştir. Baskı boyutları 600x700x800 mm dir. Yazıcı çift yazdırma ucuna ve kartezyen gövde eksen yapısına sahip olarak üretilmiştir. Üç boyutlu yazıcı alüminyum parçalardan oluşturulmuştur. Çalışmada sistem tasarımı parçaların tasarımı ve montaj aşamalarından bahsedilmiştir.

Elektronik kontrol devresi piyasada yazıcılarda nadir olarak kullanılan NEMA23 yüksek torklu motorlara göre kurulmuştur. Kontrol ünitesi üzerinde arduino mega kartı dağıtıcı çoğaltıcı eleman olarak kullanılmıştır. Kart üzerinden çıkan çıkışlar jk1545 sürücüler ile NEMA 23 motorlara komut vermektedir. Motor sürücü ve motorlar 24 V güç kaynağı ile beslenmiştir. Arduino mega kontrol kartı 12 V güç kaynağı ile beslenmiştir.

Kontrol programı olarak Repetier host programı ile yazıcı kontrol edilmiştir. Bilgisayar üzerinden dilimleme programı olarak çalışmada Cura ve Slic3r programları kullanılmıştır.

Üç boyutlu yazıcı üzerinde kullanılan endüstriyel boyutlu baskı tablası ayrı bir sistem olarak tasarlanmış ve üretilmiştir. Baskı tablası yazıcıdan harici olarak çalışabilmektedir. Doğrudan 220 V şebeke gerilimi ile beslenmektedir. Tabla içerisinde ısıtıcı rezistanslar ve alüminyum levhalardan oluşan bir yapıda kurulmuştur.

Çalışmada endüstriyel boyutlu üç boyutlu yazıcı ve baskı tablasının yanında 156 x 205 x 838 mm ölçülerinde filament üretim sistemi prototipi de üretilmiştir. Filament üretim sistemi üzerinde kullanılan redüktörlü motor ve kullanılan 3 adet rezistans

220 V güç ile çalışmaktadır. Filament sarım mekanizması ve soğutma fanları ise 12 V ile çalışmaktadır. Filament üretim sistemi tüm parçaları ve genel montajı anlatılmıştır. Filament üretim sistemi elektronik bağlantıları ve kontrolünden bahsedilmiştir.

Üç boyutlu yazıcı genelinde çeşitli testler yapılmıştır;

1. 3B yazıcı prototipi farklı hızlarda yazdırma işlemleri yaparak sonuçlar gözlenmiştir. 40 mm/s hızla basılan numune sorunsuz yazdırılmıştır. 60 mm/sn hızla yazdırılan numune sorunsuz yazdırılmış ancak en üst katmanda sorunlar gözlenmiştir. 80 mm/s hızla yazdırılan parça %80 aşamasında katmanlarında sorun yaşanmış ve baskı işlemi sonlandırılmıştır. 100 mm/s hızla yazdırılan parçada %30 aşamalarında ek olarak parçanın tablada hareket etmesi sorunları ile karşılaşmıştır.
2. 3B yazıcı kabin iç sıcaklığı tabla 70 °C kabin içi 34,8 °C, tabla 80 °C kabin içi 36,1 °C ve tabla 100 °C kabin iç sıcaklığı 40,3 °C ölçülmüştür. Kapaklar açıldığında kabin 26 °C iç ortam sıcaklığına düştüğü gözlenmiştir.
3. Ölçü kontrolü amacıyla yazıcıda numuneler % 40 dolulukta 38 dakika süre yazdırılmıştır, 30 mm x 30 mm x 20 mm ölçülerinde modellenmiştir. Yazdırma işlemleri sonrası birinci numune %0,4 - %0,9 - %0,1, 2. numune %0,56 - %1 - %0,65, 3. numune %0,36 - %0,86 - %0,4 oranlarda hata payı ile yazdırılmıştır.
4. Çalışmada büyük boyutlu baskı çalışması olarak 276 mm çapında dişli çark modeli yazdırılmıştır. Diğer çalışmada filament üretim sistemi için gövde dışına montajlanacak 780 x 300 mm ölçülerinde plastik gövde kaplaması yazdırılmıştır.
5. Çift kafa yazıcı uygulaması olarak ilk olarak çift renkli olan küp model yazdırılmış ve gözlenmiştir. Diğer uygulamada çift renkli olarak hazırlanan konik şekilli model yazdırılmış ve incelenmiştir. Son olarak çift kafa

sayesinde birinci renk ana model ikinci renk ise destek olarak yazdırılmış ve sonuç incelenmiştir.

Endüstriyel boyutlu baskı tablası genelinde çeşitli testler yapılmıştır;

1. Endüstriyel boyutlu yazıcı tablası ısınma süresi ölçümlerde ekrandan okunan değerler 21 °C – 70 °C ısınma süresi 3 dakika 52 saniye ölçülmüştür.
2. Elektrik ölçümleri sonucu baskı tablasının çalışma anında harcadığı elektrik tüketimi ortalama 237.6 Watt/h ölçülmüştür.

Filament üretim sistemi genelinde çeşitli testler yapılmıştır;

1. Filament üretim sistemi tüketim değerleri olarak sadece ısıtıcı rezistanslar açık olarak 60 Watt/h, sistem üretim yaparken motor ve rezistanslar çalışma esnasında 190 Watt/h tüketim değeri ölçülmüştür.
2. Üretilen filament ölçümleri sonucunda test aşamasında birer dakikalık periyotlarda ortalama filament çapı 1,65 mm elde edilmiştir. Onar saniyelik periyotlarda ise ortalama 1,73 mm çap değeri elde edilmiştir.
3. Filament üretim uzunluğu olarak 10 saniyede üretilen ortalama filament uzunluğu 42,6 mm, 1 dakikada üretilen ortalama filament uzunluğu ise 261,3 mm olarak hesaplanmıştır. Bu veriye göre sistemin saatteki üretim kapasitesi 15,67 m olarak hesaplanmıştır
4. Çalışmada üretilen filament malzemeler çekme testi yapılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Hazır ticari pla ortalama F_{max} 39,2 N/mm² üretilen pla ortalama F_{max} 35,525 N/mm² elde edilmiştir. Ortalama PLA filament kopma uzaması %1,64 ölçülmüştür.

Çalışma endüstriyel üç boyutlu yazıcının makul maliyetler ile üretilebileceğini göstermesi açısından önemlidir. Gelecekte yapılacak olan benzeri çalışmalara örnek

olabilecek ve geliştirilebilecek bir çalışma olmuştur. Filament üretim sistemi olarak yapılan deneysel çalışmalar ve ölçümler dikey olan yapının üretilebilir ve çalışabilir olduğunu göstermiştir. Üretilen prototip küçük boyutları, makara sarma sistemi ve dikey olan yapısı ile benzer sistemlerden ayrılmıştır.

Uygulamalar sırasında karşılaşılan sorunlar göz önüne alındığında yazdırma boyutları büyüdükçe yazdırma süreleri artmaktadır. Uzun yazdırma sürelerinde pek çok defa yazdırma işlemi yarım kalmaktadır. Çok uzun süreli yazdırma işlemlerinde parçalara ayırarak yazdırmak daha garanti bir yol olarak tercih edilebilir. . Yazdırma işleminin yarım kalmasını önlemek için yazıcı ile birlikte kesintisiz güç kaynağı kullanılabilir

Çift kafa baskı uygulamaları sırasında karşılaşılan sorunları yaşamamak için çift kafa yazdırma işlemleri daha düşük hızlarda yapılabilir.

Baskı tablası için yapılan test ve uygulamalar sonucu tabladaki deformasyonları en aza indirmek amacıyla tablanın kalınlığının artırılması yeterli desteğin sağlanması sorunu çözebilir.

Filament üretim sistemi olarak karşılaşılan sorunlardan birisi dikey olarak nozul uçtan üretilen filamentin yer çekimi etkisi ile aşağıya doğru uzayarak incelmeye eğilimi göstermesidir. Buna engel olmak amacıyla vidanın daha büyük seçilmesi ve filament çıkışında daha güçlü bir soğutma yapılması sorunu çözebilir.

KAYNAKLAR

1. Kostakis V., Niaros V. and Giotitsas C., "Open source 3D printing as a means of learning: An educational experiment in two high schools in Greece", *Telematics and Informatics*, 32: 118–128 (2015).
2. Striukova, R., "From rapid prototyping to home fabrication: How 3D printing is changing business model innovation", *Technological Forecasting & Social Change*, 102: 214–224 (2016).
3. Levy, G. N., Schindel, R. and Kruth, J. P., "Rapid manufacturing and rapid tooling with layer manufacturing (lm) technologies", *State of the art and future perspectives*, 1 (1): 1-21 (1996).
4. Bernard, A. and Fischer, A., "New trends in rapid product development", *Industrial Engineering Research*, 1 (1): 1-18 (2012).
5. Conner, B., Manogharan, G. P. and Kerry L. M., "An assessment of implementation of entry-level 3D printers from the perspective of small businesses", *Rapid Prototyping Journal*, 21 (5): 582–597 (2015).
6. Qiu, D., Langrana, N. A., Danforth, S.C., Safari, A. and Fafari, M., "Intelligent toolpath for extrusion-based LM process", *Rapid Prototyping Journal*, 7 (1): 18-24 (2001).
7. Anzalone, G. C., Wijnen B. and Pearce J. M., "Multi-material additive and subtractive prosumer digital fabrication with a free and open-source convertible delta RepRap 3-D printer", *Rapid Prototyping Journal*, 21 (5): 506–519 (2015).
8. Acuña, F., Rivas, D., Chancusi, S. And Navarrete, P., "Design and construction of a 3D printer auto controller wirelessly through of free software", *Ieee Latin America Transactions*, 13: 6 (2015).
9. Kashdan, L., Seepersad, C. C., Haberman, M. and Wilson, P. S. "Design, fabrication, and evaluation of negative stiffness elements using SLS", *Rapid Prototyping Journal*, 18 (3): 194-200 (2012).
10. Kochan, D., Kai, C. C. and Zhaohui, D., "Rapid prototyping issues in the 21st century", *Computers in Industry*, 39 (1): 3-10 (1999).
11. Hull, C., Feygin, M., Baron, Y., Sanders, R. S., Lightman, E. A. and Wohlers, T., "Rapid prototyping:current technology and future potential", *Rapid Prototyping Journal*, 1 (1): 11-19 (1995).

12. Chimento, J., Jason, M. and Crane, H. N. , "3D printed tooling for thermoforming of medical devices", *Rapid Prototyping Journal*, 17 (5): 387 - 392 (2011).
13. Ryder, G., Ion, B., Green, G., Harrison, D. and Wood, B., "Rapid design and manufacture tools in architecture", *Automation in Construction*, 11 (1): 279-290 (2002).
14. Prince, D., "3D printing: an industrial revolution", *Journal of Electronic Resources in Medical Libraries*, 11 (1): 39-45 (2014).
15. Palousek, D., Rosicky, J. and Koutny, D., "Pilot study of the wrist orthosis design process", *Rapid Prototyping Journal* , 20 (1): 27-32 (2014).
16. Short, D. B., Sirinterlikci, A., Badger P. And Artieri, B., "Environmental, health, and safety issues in rapid prototyping", *Rapid Prototyping Journal*, 21 (1): 105–110 (2015).
17. Nayar, S., Bhuminathan, S. and Manzoor W. B., "Rapid prototyping and stereolithography in dentistry", *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 7: 1 (2015).
18. Birtchnell, T. and Urry, J. , "3D, SF and the future", *Futures*, 50 (1): 25-34 (2013).
19. Wohlers, T., "Future potential of rapid prototyping and manufacturing around the World", *Rapid Prototyping Journal*, 1 (1): 4-10 (1995).
20. Polzin, C., Spath, S. and Seitz, H. , "Characterization and evaluation of a PMMA-based 3D printing process", *Department of Mechanical Engineering*, 19 (1): 37-43 (2013).
21. Evans, M. A. and Campbell, R. I., "A comparative evaluation of industrial design models produced using rapid prototyping and workshop-based fabrication techniques", *Rapid Prototyping Journal*, 9 (5): 344 - 351 (2003).
22. Guangchun, W., Huiping, L., Yanjin G. and Guoqun, Z., "A rapid design and manufacturing system for product development applications", *Rapid Prototyping Journal*, 10 (3): 200 - 206 (2004).
23. Billiet, T., Vandenhoute, M., Schelfhout, J., Vlierberghe, S. V. and Dubruel, P., "A review of trends and limitations in hydrogel-rapid prototyping for tissue engineering", *Biomaterials*, 33 (1): 6020-6041 (2012).
24. Singare, S., Lian, Q., Wang, W. P., Wang, J., Liu, Y., Li, D. and Lu, B., "Rapid prototyping assisted surgery planning and custom implant desgin", *Rapid Prototyping Journal*, 15 (1): 1923 (2009).
25. Santos, D. M. C., Pertence, A. E. M., Campos, H. B. and Cetlin, P. R. , "The development of 3D models through rapid prototyping concepts", *Journal of Materials Processing Technology*, 169 (1): 1-4 (2005).

26. Kroll, E. and Artzi, D., "Enhancing aerospace engineering students learning with 3D printing wind-tunnel models", *Rapid Prototyping Journal*, 17 (5): 393 - 402 (2011).
27. Campbell, I., Bourell, D. and Gibson, I., "Additive manufacturing: rapid prototyping comes of age", *Rapid Prototyping Journal*, 18 (4): 255-258 (2012).
28. Stephens, B., Azimi, P., El Orch, Z. and Ramos, T., "Ultrafine particle emissions from desktop 3D printers" *Atmospheric Environment*, 79: 334-339 (2013).
29. Günther D., Heymel B., Günther F. J. and Ederer I., "Continuous 3D-Printing for additive manufacturing", *Rapid Prototyping Journal*, 20 (4): 320–327 (2014).
30. Çelik, D., 3 Boyutlu yazıcı tasarımı, prototipi ve tersine mühendislik uygulamaları, YL Tezi, KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Mayıs, Karabük (2015).
31. Kaya G., Evlen H. ve Çetinkaya K., "3 Boyutlu yiyecek yazıcısı tasarımı ve prototipi", *1.3 Boyutlu Baskı Teknolojileri Sempozyumu (3DBTS)*, 05 - 07 Mayıs, İstanbul (2016).
32. Erel G., Yılmaz E. ve Evlen H., "3 Boyutlu yazıcı tasarımı ve yazdırma doluluk oranının mekanik özellikler üzerine etkisinin incelenmesi", *1.3 Boyutlu Baskı Teknolojileri Sempozyumu (3DBTS)*, 05 - 07 Mayıs, İstanbul (2016).
33. Çalışkan A., Evlen H. ve Çetinkaya K., "3 Boyutlu seramik yazıcısı tasarımı ve prototip imalatı", *1.3 Boyutlu Baskı Teknolojileri Sempozyumu (3DBTS)*, 05 - 07 Mayıs, İstanbul (2016).
34. İnternet: ESP Mühendislik 3D Turk Printers, "3D Printer çeşitlerimiz", http://www.3dturk.org/3d_printer.html (2016).
35. Kruth, J. P., Leu, M. C. and Nakagawa, T., "Progress in additive manufacturing and rapid prototyping", *Annals of the Cirp*, 47 (2): 525-540 (1998).
36. Azari, A. and Nikzad S., "The evolution of rapid prototyping in dentistry: a review", *Rapid Prototyping Journal*, 15 (3): 216 - 225 (2009).
37. Herrmann, K., Gartner, C., Güllmar, D., Kramer, M. and Reichenbach, J. R., "3D printing of MRI compatible components: Why every MRI research group should have a low-budget 3D printer", *Medical Engineering & Physics*, 36 (1): 1373-1380 (2014)
38. Chhabra, M. and Singh, R., "Rapid casting solutions: a review", *Rapid Prototyping Journal*, 17 (5): 328 -350 (2011).

39. Lopes, A. J., MacDonald, E. and Wicker, R. B. , "Integrating stereolithography and direct print technologies for 3D structural electronics fabrication", *Rapid Prototyping Journal*, 18 (2): 129 - 143 (2012).
40. Chimento, J., Highsmith, M. J. and Crane, N., "Improving the process of making rapid prototyping models from medical ultrasound images", *Rapid Prototyping Journal*, 18 (4): 387-392 (2011).
41. Pham, D. T. and Gault, R. S., "A comparison of rapid prototyping technologies", *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 38 (1): 1257-1287 (1997).
42. Karapatis, N. P., Van, J. P. S., Glardon, G. and Glardon, R., "Direct rapid tooling:a review of current research", *Rapid Prototyping Journal*, 4 (2): 77-89 (1998).
43. Qiu, D. and Langrana, N. A. , "Void eliminating toolpath for extrusionbased multi-material layered manufacturing", *Rapid Prototyping Journal*, 8 (1): 38-45 (2002).
44. Turner, B. N., Strong, R. and Gold, S. A., "A review of melt extrusion additive manufacturing processes: I. process design and modeling", *Rapid Prototyping Journal*, 20 (3): 192-204 (2014).
45. Wah Wai, H., "RP in art and conceptual design", *Rapid Prototyping Journal*, 7 (4): 217-219 (2001).
46. Pahole, I., Drstvensek, I., Ficko, M. and Balic, J., "Rapid prototyping processes give new possibilities to numerical copying techniques", *Journal of Materials Processing Technology*, 164 (165): 1416-1422 (2005).
47. Dutson, A. J. and Wood, K. L. "Using rapid prototypes for functional evaluation of evolutionary product designs", *Rapid Prototyping Journal*, 11 (3): 125-131 (2005).
48. Lee, C. S., Kim, S. G., Kim, H. J. and Ahn, S. H., "Measurement of anisotropic compressive strength of rapid prototyping parts", *Journal of Materials Processing Technology*, 187 (188): 627-630 (2007).
49. Fantini, M., Crescenzo, F. D., Persiani, F., Benazzi, S. and Gruppioni, G., "3D restitution, restoration and prototyping of a medieval damaged skull", *Rapid Prototyping Journal*, 14 (5): 318 - 324 (2008).
50. Marchelli, G., Prabhakar, R., Storti D. and Ganter, M., "The guide to glass 3D printing: developments, methods, diagnostics and results", *Rapid Prototyping Journal*, 17 (3): 187- 194 (2011).
51. Piattoni, J., Candini, G. P., Pezzi, G., Santoni, F., Piergentili, F. and Astronautica, A., "Plastic cubesat: An innovative and low-cost way to perform applied space research and hands-on education", *Acta Astronautica*, 81 (1): 419-429 (2012).

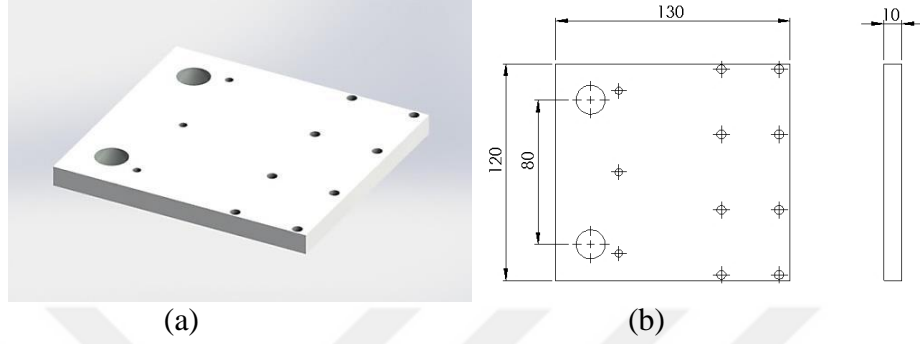
52. Vaezi, M., Chianrabutra, S., Mellor, B. and Yang, S. , "Multiple material additive manufacturing - Part 1: A Review", *Virtual and Physical Prototyping*, 1 (1): 19-50 (2013).
53. E. Macdonald, R. Salas, D. Espalin, M. Perez, E. Aguilera, D. Muse, R. B. Wicker, "3D Printing for the rapid prototyping of structural electronics", *Digital Object Identifier* 10.1109/Access.2014.2311810
54. L. M. Galantucci, I. Bodi, J. Kacani, F. Lavecchia, "Analysis of dimensional performance for a 3D open-source printer based on fused deposition modeling technique", *3rd CIRP Global Web Conference*, (2015) 82 – 87
55. A. Lanzotti, M. Grasso, G. Staiano and M. Martorelli, "The impact of process parameters on mechanical properties of parts fabricated in PLA with an open-source 3-D printer", *Rapid Prototyping Journal*, 21 (5) 604–617 (2015).
56. Duran, C., Subbian, V., Giovanetti, M. T., Simkins J R. And Beyette, F. R. Jr, "Experimental desktop 3D printing using dual extrusion and water-soluble polyvinyl alcohol", *Rapid Prototyping Journal*, 21 (5): 528–534 (2015).
57. B. Weiss, D. Storti and M. Ganter, "Low-cost closed-loop control of a 3D printer gantry", *Rapid Prototyping Journal*, 21 (5): 482–490 (2015).
58. Güler B. ve Çetinkaya K., "Endüstriyel boyutlu çift başlı kartezyen tipi üç boyutlu yazıcı tasarım ve prototipi", *1.3 Boyutlu Baskı Teknolojileri Sempozyumu (3DBTS)*, 05 - 07 Mayıs, İstanbul (2016).
59. Aydın M., Güler B. ve Çetinkaya K., "Dikey ekstrüzyon (filament) sistemi tasarım ve prototip imalatı", *1.3 Boyutlu Baskı Teknolojileri Sempozyumu (3DBTS)*, 05 - 07 Mayıs, İstanbul (2016).
60. Temiz A., Güler B. ve Çetinkaya K., "Endüstriyel boyutlu ve ısıtmalı 3B yazıcı tablası tasarım ve prototipi", *1.3 Boyutlu Baskı Teknolojileri Sempozyumu (3DBTS)*, 05 - 07 Mayıs, İstanbul (2016).
61. Akgül E., Güler B. ve Çetinkaya K., "Yüksek torklu motorların arduino kart ile sürülmesi", *1.3 Boyutlu Baskı Teknolojileri Sempozyumu (3DBTS)*, 05 - 07 Mayıs, İstanbul (2016).
62. İnternet: Celal Bayar Üniversitesi, "Ticari Polimerler İşleme Teknikleri", http://www.bayar.edu.tr/besergil/isleme_teknikleri.pdf (2016)

EK AÇIKLAMALAR A.

ÜÇ BOYUTLU YAZICI BAĞLANTI PARÇALARI TASARIMI

KIZAK ÜST BAĞLANTI PARÇASI (6 NUMARALI PARÇA)

Üç boyutlu yazıcı y ekseninde lineer kızaklar kullanılarak hareket ve rijitlik sağlanmıştır. Kızaklar üzerindeki parça modeli Şekil Ek A.1’de verilmiştir.

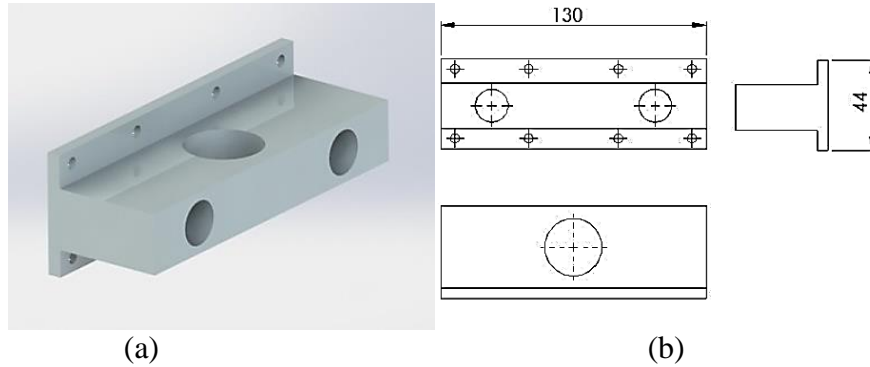


Şekil Ek A.1. 6 Numaralı parça. a) Solidworks modeli. b) Ölçüleri.

Kızakların y hareket eksenini ile bağlantısını sağlayan parça SolidWorks ortamında tasarlanmış ve geleneksel yöntemler ile imal edilmiştir. Parça tasarlanırken sistemin genel boyutu ve hareket kabiliyeti hesaplanarak ölçülendirilmiştir.

X EKSENİ MİL TUTUCU PARÇA (2 NUMARALI PARÇA)

Üç boyutlu yazıcının z eksenini ve bu eksene hareket veren vidalı mil ile vidalı somun çiftini bağlayan parça aynı zamanda, x eksenini kılavuz millerini ve x eksenini taşımaktadır. Şekil Ek A.2’de parçanın görünüşleri verilmiştir.

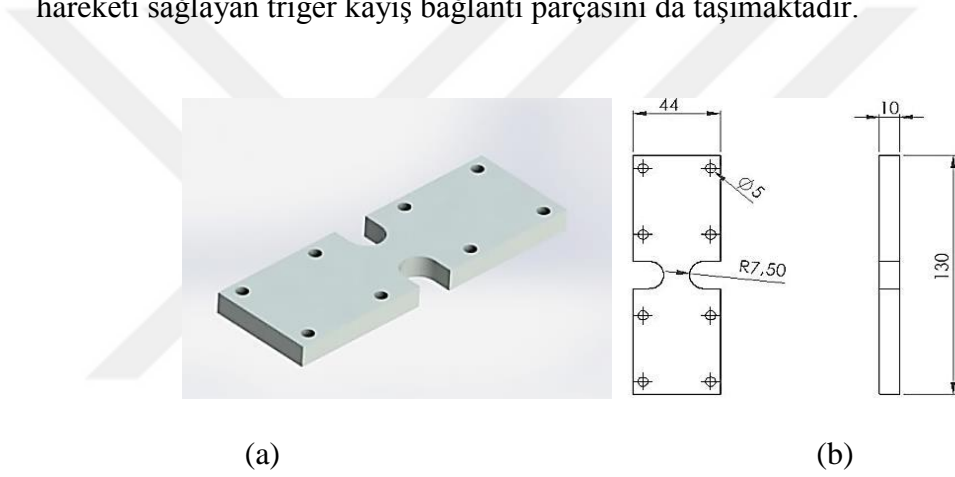


Şekil Ek A.2. 4 Numaralı parça, a) Solidworks modeli, b) Ölçüleri

Şekil Ek A.2’de görünen parça x eksenini taşıyan kılavuz milleri ve z eksenini taşıyan somun parçalarını taşımaktadır. X eksenini taşıyan kılavuz milleri, z eksenini taşıyan somun, x eksenini taşıyan step motor ve z eksenini taşıyan lineer yataklar bu parça ile montajlıdır.

NOZUL TAŞIYICI PARÇA (2 NUMARALI PARÇA)

Üç boyutlu yazıcıların en önemli parçalarından birisi de nozul kısmıdır. Nozul, bir yazıcı da malzemenin akıtıldığı ve katmanların oluşturulduğu kısımdır. Çalışmada yazıcı iki adet nozul uca sahiptir ve bu uçları taşıyan parçadır. Şekil Ek A.3’de nozul taşıyıcı parça verilmiştir. Bu parça ayrıca x eksenini oluşturan iki adet lineer yatak ve hareketi sağlayan triger kayış bağlantı parçasını da taşımaktadır.

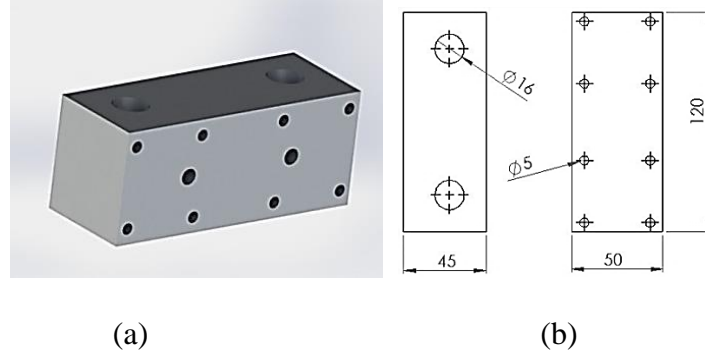


Şekil Ek A.3. 2 Numaralı parça. a) Solidworks modeli. b) Ölçüleri.

Nozul taşıyıcı parça genel olarak x eksenine ait iki adet kılavuz mili ve bunları taşıyan x eksenini taşıyıcı parça ölçülerine göre tasarlanmıştır.

1 NUMARALI PARÇA

Üç boyutlu yazıcının y ve x eksenlerinde yer alan bu parça sistemin üst kısmında bulunan kılavuz mil üzerindeki lineer yatakları taşımaktadır. Üç boyutlu yazıcının rijitliği ve y ekseninin hareketini düzenlemekle birlikte en önemli görevi z ekseninin rijit ve düz bir şekilde hareket etmesidir. Şekil Ek A.4’de köprü üst bağlantı parçası verilmiştir.

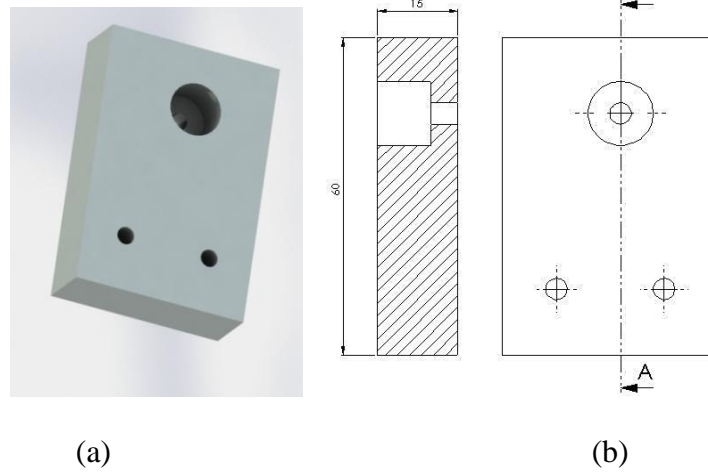


Şekil Ek A.4. 1 numaralı parça. a) Solidworks modeli. b) Ölçüleri.

Köprü üst bağlantı parçası geleneksel imalat yöntemleri kullanılarak üretilmiştir. Ölçüleri belirlemek için Köprü ana bağlantı parçası referans alınmıştır. Üzerindeki kılavuz milleri lineer ve dairesel rulmanlar bu parça ile montajlıdır. Sistem için önemli bir parçadır.

3 NUMARALI PARÇA

Çalışmadaki üç boyutlu yazıcı z ekseni vidalı mil somun çifti, x ve y eksenleri kayış kasnak mekanizması ile hareket sağlamaktadır. X ekseni kayış kasnak mekanizması için önemli olan parçalar step motoru ve karşılık makarasıdır. Karşılık makarası taşıyan parça Şekil Ek A.5’de verilmiştir.

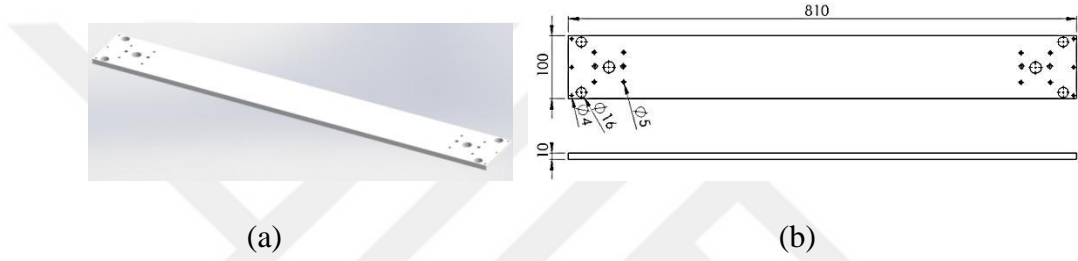


Şekil Ek A.5. 3 Numaralı parça. a) Solidworks modeli. b) Ölçüleri.

Makara taşıma parçası Şekil Ek A.2’de görülen z ekseni ile x ekseni bağlantı parçası üzerine montajlanmaktadır. Ölçülendirme bu parçaya göre yapılmaktadır.

9 NUMARALI PARÇA

Üç boyutlu yazıcı sistemlerinde hareket eksenler aracılığı ile yapılmaktadır. Eksenler hareketi step motorlardan almaktadır. Y ekseni motorlar triger kayış aracılığı ile çalışmakta ve bu kayışlar bir parçaya bağlanmıştır. Şekil Ek A.6’da bu parçanın solidworks ortamında modeli görülmektedir.

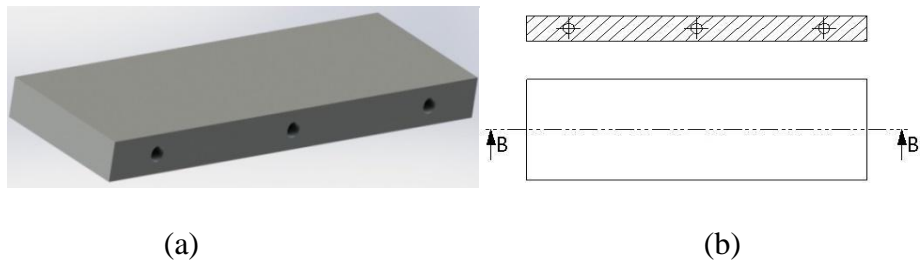


Şekil Ek A.6. 9 Numaralı parça. a) Solidworks modeli. b) Ölçüleri.

Köprü alt bağlantı parçası tablanın genel genişliği ve z ekseni kılavuz milleri ölçüleri ile bağlantılı olarak tasarlanmıştır.

7 NUMARALI PARÇA

Lineer kızaklar ile sistemin y eksen hareketi sağlanmaktadır. Kızaklar ile diğer eksenler bir parça ile birbirlerine sabitlenmekte ve rijit yapı sağlanmaktadır. Bu parça ayrıca sistemin boyunu da ayarlamakta ve sağlamlaştırmaktadır. Şekil Ek A.7’de parçanın solidworks ortamında görüntüsü verilmiştir.

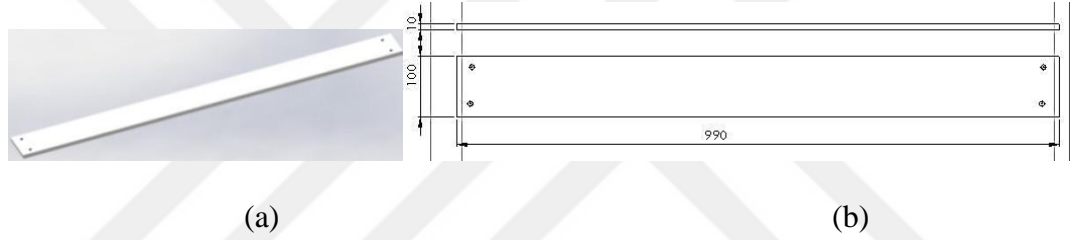


Şekil Ek A.7. 7 Numaralı parça a) Solidworks modeli b) Ölçüleri

Üç boyutlu yazıcıyı oluşturan parçalar Şekil Ek A.1’de görülen kızak üst bağlantı parçası ile Şekil Ek A.7’de görülen köprü alt bağlantı parçası arasındaki bağlantıyı sağlamaktadır.

5 NUMARALI PARÇA

Üç boyutlu yazıcılar genel olarak bir baskı tablası üzerine baskı almaktadır. Bu tabla bazı yazıcılarda soğuk olmakla birlikte yeni birçok yazıcı da ısıtmalı sıcak baskı tablasıdır. Çalışmada üretilen yazıcıda ısıtmalı bir tablaya sahiptir. Baskı tablası hareketsiz ve sabit olmakla birlikte sistem üzerinde iki adet taşıyıcı parça ile sabitlenmektedir. Şekil Ek A.8’de baskı tablası taşıyıcı parça görülmektedir.

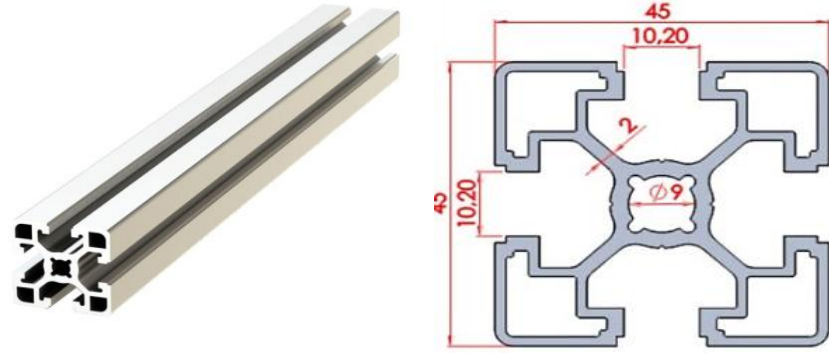


Şekil Ek A.8. 5 Numaralı parça. a) Solidworks modeli. b) Ölçüleri.

Baskı tablası taşıyıcı parça genel sistem genişliği kadardır. Sistemi oluşturan sigma profiller arasında yer almakta ve gövdenin rijitliğine de katkı sağlamaktadır.

ALÜMİNYUM SİGMA PROFİLLER (45mm x 45mm)

Endüstriyel amaçlı üç boyutlu yazıcı prototip üretimi aşamasında gövdeyi oluşturan ana elemanlar sigma profiller olmuştur. Bu profiller alüminyum malzemeden olup bağlantı yapma kolaylığı sunan elemanlardır. Bağlantı ve gövdeyi rijit yapan elemanlar cıvata ve köşe sacları ile birbirine bağlanmaktadır. Şekil Ek A.9’da sigma profiller ve ölçüleri verilmiştir.



(a)

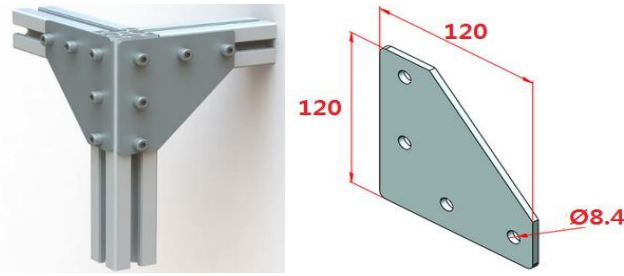
(b)

Şekil Ek A.9. Alüminyum sigma profil. a) modeli. b) Ölçüleri.

Alüminyum sigma profiller çeşitli boylarda ve kalınlıklarda olmaktadır. Çalışmada 45mm x 45mm genişliğinde profil kullanıldı ve bağlantı elemanları seçildi.

KÖŞE BAĞLANTI SAÇLARI

Sigma profiller ile bir gövde inşa edilmek istendiğinde bağlantı yapmak için çeşitli seçenekler vardır, bunlar köşebent, köşe bağlantı sacı yada doğrudan civata ile bağlamak olarak sıralanabilir. Çalışmada köşe bağlantı sacları kullanıldı ve sistem bunun üzerine inşa edildi. Şekil Ek A.10'da köşe bağlantı sacı ve ölçüleri verilmiştir.



(a)

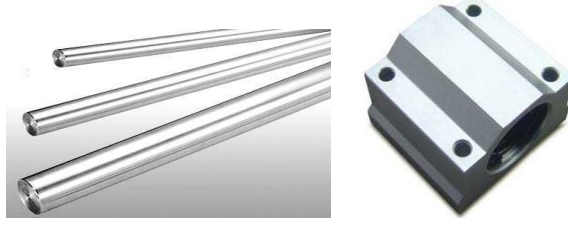
(b)

Şekil Ek A.10. Köşe bağlantı sacı. a) modeli. b) Sac ölçüleri.

LİNEER KROM KAPLI MİL VE ARABA (Çap:16mm)

Köşeler için bağlantı sacları ile birlikte civata ve somun çifti kullanıldı. Bu sayede profiller birbirleri ile bağlandı ve rijit bir gövde oluşturuldu. Gövdede hareketli

elemanlar çoğunlukla kayış kasnak ve vidalı mil ile tahrik edildi. Bu eksenler kılavuz milleri ile sabitlenip hareket düz bir eksen kazanmıştır. Şekil Ek A.11’de bu kılavuz görevi gören krom kaplı miller verilmiştir.

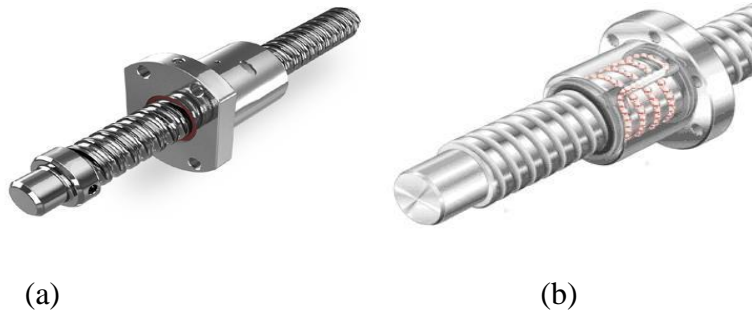


Şekil Ek A.11. Krom kaplı kılavuz milleri ve arabaları.

Krom kaplı miller endüstriyel boyutlu yazıcının eksenlerine yol gösteren ve onları sabit tutan parçalardır. Lineer rulman arabalar bu miller üzerinde çalışmaktadır. Lineer arabalar Şekil EK A.11’de görülmektedir. Lineer rulman arabalar içlerinde sıralı şekilde yerleştirilmiş bilyalar sayesinde hareket kolaylığı sağlar, bu bilyalar mil üzerinde dönerek arabanın rahat ve sürtünmeyi aza indirecek şekilde ilerlemesini sağlar.

VİDALI MİL VE BİLYALI SOMUN (Çap:16mm)

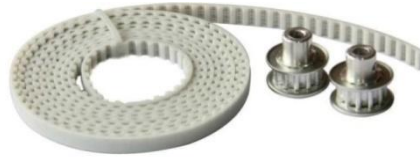
Çalışmada hareket eksenleri içerisinde z ekseni yukarı aşağı hareketini vidalı mil ve somun çifti ile sağlamaktadır. Vidalı mil ve somunlar motordan aldığı dönme hareketi ile yukarı ve aşağı bir hareket gerçekleştirir. Bu parçalar da yine içlerinde bulunan bilyalar ile hareketi minimum sürtünme ile sağlamak için üretilmiştir. Şekil Ek A.12’de vidalı mil somun çifti ve içyapısı görülmektedir.



Şekil Ek A.12. Vidalı mil bilyalı somun. a) Modeli. b) içyapısı ve bilyaları.

KAYIŞ VE KASNAK MEKANİZMALARI

Kayış kasnak çifti hareketli mekanizmaların büyük çoğunluğunda kullanılmaktadır. Günümüzde motorlar, hareketli bantlar ve taşıma sistemlerinde kayış kasnak sistemlerini görebilmekteyiz. Çalışmada yine x ve y eksenlerindeki hareketleri kayış kasnak çiftleri ile sağlanmaktadır. Şekil Ek A.13’de örnek bir T5 kayış kasnak çifti verilmiştir.



Şekil Ek A.13. Kayış ve kasnak çifti elemanları.

Kayış kasnak olarak üç boyutlu yazıcılarda genellikle gt2 kayış kasnak çifti kullanılmaktadır. Çalışmada yapılan prototipte ise sistemin büyüklüğü ve motorların gücü hesaba katılarak daha dayanıklı ve dişleri daha derin olan T5 kayış kasnak kullanılmıştır. Şekil Ek A.14’de T5 kayış ölçüleri görülmektedir. Kasnaklarda bu ölçülere göre seçilmiştir.

PROFİL	T 2.5	T 5	T 10	T 20	AT 5	AT 10	AT 20
Halve (t)	2.5	5.0	10	20	5	10	20
Kayış kalınlığı (hs)	1.3	2.2	4.5	8.0	2.7	5.0	8.0
Diş yüksekliği (ht)	0.7	1.2	2.5	5.0	1.2	2.5	5.0
Diş açısı (β)	40	40	40	40	50	50	50

Şekil Ek A.14. T5 kayış diş ölçüleri tablosu.

ESNEK KAPLİN

Üç boyutlu yazıcı z eksenleri vidalı mil mekanizması ile hareket iletmektedir. Vidalı miller tahrik hareketini adım motorlarından almaktadır ve aradaki bağlantıyı esnek kaplin parçaları sağlamaktadır.

EK AÇIKLAMALAR B.

ÜÇ BOYUTLU YAZICI ELEKTRONİK PARÇALARI

ARDUİNO MEGA 2560 KONTROL KARTI

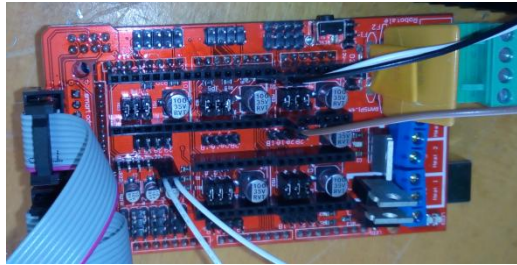
Üç boyutlu yazıcılar için genellikle kullanılan kontrol ünitesi olarak arduino kontrol kartı kullanılmıştır. Şekil Ek B.1’de kontrol kartı görülmektedir. Arduino kontrol kartı bilgisayar aracılığı ile kontrol edilebilmekte ve programlanabilmektedir.



Şekil Ek B.1. Arduino mega 2560 kontrol kartı.

RAMPS 1.4. (ARDUİNO ÇOĞALTICI KARTI)

Arduino mega kontrol kartı genellikle yazıcılarda Ramps 1.4. kontrol kartı ile birlikte kullanılmaktadır. Ramps üzerinde 6 adet adım motoru kontrol etmek için çıkış vardır. Adım motorlar ile birlikte kart üzerinde 2 adet nozul ısıtıcı çıkışı ve 1 adet ısıtıcı tabla çıkışı vardır. Endstoplar ve sıcaklık ölçen thermocouple çıkışları vardır. Arduino tabanlı bir çoğaltıcı karttır. Şekil Ek B.2’de verilmiştir.



Şekil Ek B.2. Ramps 1.4.

NEMA 17 ADIM MOTOR SÜRÜCÜ DEVRESİ (Pololu A4988)

Çalışmada kullanılan NEMA 17 adım motorları için kullanılan pololu a4988 adım motor sürücüleri her bir motor için kullanılmaktadır. Motorun tahrik edilmesi ve kontrol edilmesini sağlar. Şekil Ek B.3’de bu adım motor sürücüsü verilmiştir. Motor

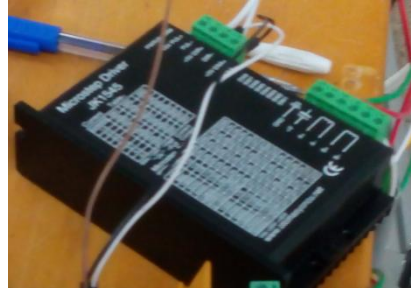
sürücü devreleri ramps kontrol kartı üzerine takılmak suretiyle sisteme entegre edilmektedir. Sürücü devreleri üzerlerindeki çipler ısınmaya karşı korumak için soğutma blokları da eklenmiştir.



Şekil Ek B.3. Pololu A4988 adım motor sürücü devresi.

NEMA 23 ADIM MOTOR SÜRÜCÜ DEVRESİ (JK 1545)

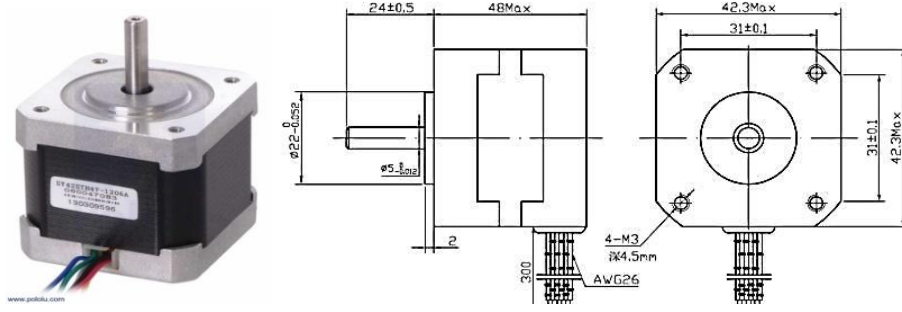
Çalışmada endüstriyel boyutlar olması sebebiyle NEMA 23 adım motorları kullanılmaktadır. NEMA 23 motorları kullanmak için özel sürücü kartları kullanılmaktadır. Sürücü kartları 24v ile çalışmaktadır. Bu motorlar yüksek amper çeken ve yüksek kuvveti olan motorlardır. Jk 1545 sürücü kartları Şekil Ek B.4’de görünmektedir.



Şekil Ek B.4. NEMA 23 Adım Motor Sürücü Kartı.

NEMA 17 ADIM MOTORLARI

Çalışmada NEMA 17 adım motorları nozul kafalarına filament itmek için ekstruder parçalarında kullanıldı. NEMA 17 adım motorları Şekil Ek B.5’de görülmektedir. NEMA 17 adım motorları 12v kullanmakta ve daha düşük güç üretmektedirler. (Çizelge Ek B.1) NEMA 17 adım motorlarını sürmek de daha kolay olduğu için genellikle bu motorlar kullanılmaktadır.



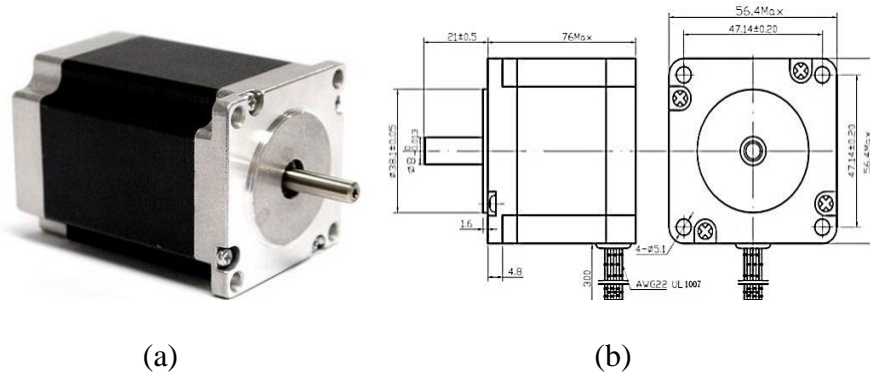
(a) (b)
Şekil Ek B.5. NEMA 17 adım motoru. a) modeli. b) genel ölçüleri.

Çizelge Ek B.1. NEMA 17 adım motor özellikleri tablosu.

STEP AÇISI	0,9 DERECE
NEMA	17
AMPER	1.2
INDUKTANS	2.8mH
REZİSTANS	1.65
TUTMA TORKU	0.5 NM
FAZ NUMARASI	2
AĞIRLIK	0.34 KG
UZUNLUK	48
TEL SAYISI	6

NEMA 23 ADIM MOTORLARI

Çalışmada kullanılan adım motorları güçleri fazla olduğu için NEMA 23 adım motorlarıdır. NEMA 23 adım motorları daha çok büyük sistemler için kullanılmakta cnc freze prototiplerinde kullanılmaktadır. Çalışmada endüstriyel boyutlarda bir yazıcı prototipi olması nedeniyle bu motorlar tercih edildi ve kullanıldı. Şekil Ek B.6'da NEMA 23 adım motoru görülmektedir.



(a) (b)
Şekil Ek C.6. NEMA 23 adım motoru. a) modeli. b) Adım motoru genel ölçüleri.

NEMA 23 adım motorları eksenleri tahrik etmekte ve kayış kasnaklar ve vidalı mil somun ile çalışmaktadır. Hızlı ve güç gerektiren hareketlerde avantaj sağlamaktadır. Çizelge Ek B.2’de NEMA 23 adım motorların teknik özellikleri tablosu görülmektedir.

Çizelge Ek B.2. NEMA 23 adım motor özellikleri tablosu.

STEP AÇISI	1.8 Derece
NEMA	23
AMPER	3.0 A
INDUKTANS	3.0mH
REZİSTANS	0.9 ohms
TUTMA TORKU	2.2 N.m
FAZ NUMARASI	2
AĞIRLIK	1.1 Kg
UZUNLUK	76mm
TEL SAYISI	8

ENDSTOP SİVİÇ PROBLARI

Üç boyutlu yazıcı eksenel hareketlerini belirli bir program ve sıra ile yapmaktadır. Yazıcı hareketlerini yaparken baskı işlemi başlangıcında baskıya başlamadan önce 0,0,0 noktasına gelmekte ve sonra baskı işlemine başlamaktadır. Motorlar 0 noktasına gelmek için stop switch lerine dokunması gerekmekte ve durması ile başlamaktadır. Endstop parçaları ramps kartı üzerindeki girişlere bağlanmaktadır. Şekil Ek B.7’de endstop siviçleri verilmiştir.



Şekil Ek B.7. Endstop durdurucu siviçleri.

Enstoplar çeşitleri vardır mekanik hareket algılayanlar dışında ışık yada ısıya göre sinyal gönderen endstoplar da yazıcılarda kullanılabilir. Bizim çalışmamızda yazıcının eksenleri bu switchlere dokunduğunda bir sinyal göndererek eksen hareketini durdurmaktadır.

GÜÇ KAYNAĞI (12V, 29A, 360W – 24V, 14,5A, 350W)

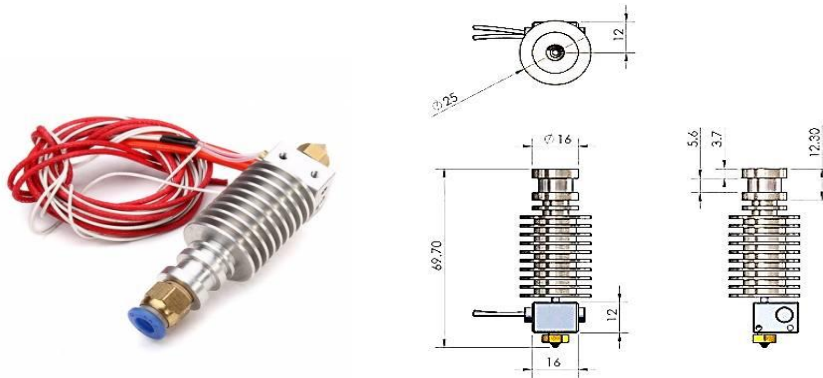
Çalışmada prototipi üretilen üç boyutlu yazıcı da güç kaynağı olarak 12 Volt 29 Amper ve 360 Watt özelliklerinde güç kaynağı ve 24 Volt 14,5 Amper 350 Watt özelliklerinde güç kaynağı kullanıldı. 12v olan güç kaynağı arduino kartı beslemek için ve NEMA 17 adım motorlarına güç sağlamak için kullanıldı. 24 V gücünde olan ise NEMA 23 adım motorları ve bunların sürücü kartları için kullanıldı. Şekil Ek B.8’de güç kaynağı verilmiştir.



Şekil Ek B.8. Üç boyutlu yazıcıyı besleyen güç kaynağı.

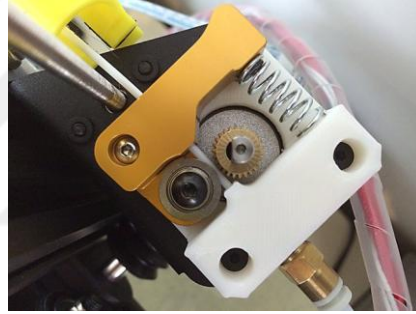
ISITICI NOZZLE UÇ

Üç boyutlu yazıcılarda en önemli parçalardan birisi de nozul baskı uçlarıdır. Nozul parçası sayesinde yazıcı plastiği eritip belirli bir genişlikte tabla üzerine akıtmaktadır. Çalışmada iki adet nozul kafası kullanıldı ve bu iki nozul için yine iki adet ekstruder mekanizması kullanıldı. Endüstriyel boyutlarda bir yazıcı ve iki başlı yazdırma kafası ile sistem farklılaştırıldı. Şekil Ek B.9’da nozul uçlar görülmektedir.



Şekil Ek B.9. Nozul ısıtıcı uç ve genel ölçüleri.

Nozul uç olarak piyasada çeşitler vardır. Çalışmada kullanılan nozul ısıtıcı uç ölçüleri Şekil Ek B.9’da verilmiştir. Bu uçtan çalışmada iki adet kullanılmıştır ve yazıcı çift başlı olarak prototipi üretilmiştir. Nozul uçlar filament plastik malzemeyi eritmek ve ince olan uç kısımlarından belirli katman şeklinde akıtmak için kullanılır. Filament plastik malzemenin nozul içerisine transfer edilmesi, geri çekilmesi gibi hareketler için ise ekstruder mekanizmaları kullanılır. Ekstruder mekanizmaları çoğunlukla bir adet adım motoru ve bu motorun miline direk bağlı bir dişli olarak çalışmaktadır. Diğer bir ekstruder mekanizması ise genellikle amatör üç boyutlu yazıcılarda kullanılan adım motoru miline takılı bir dişli ile hareket bir civataya aktarılarak ve bu civata üzerinde açılmış kesici dişler ile filament itirilerek hareket sağlamaktadır. Çalışmada kullanılan ekstruder mekanizması Şekil Ek B.10’da verilmiştir.



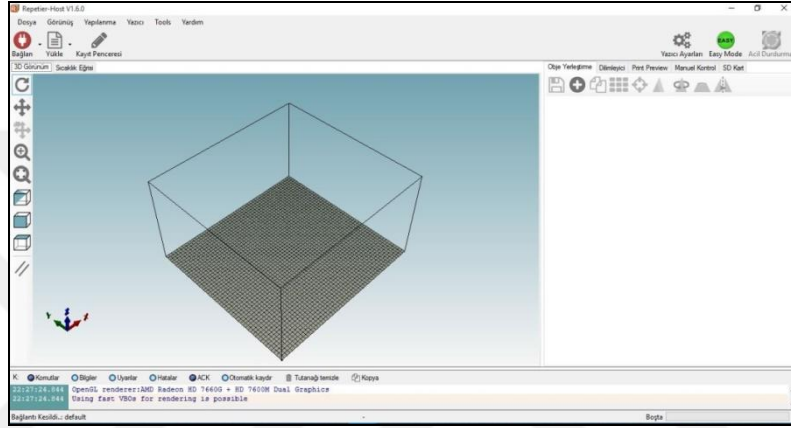
Şekil Ek B.10. Ekstruder itici mekanizması.

EK AÇIKLAMALAR C.

3B YAZICI KONTROL PROGRAMLARI

REPETIER-HOST KONTROL PROGRAMI KURULUM VE KULLANIMI

Repetier host programı repetier tabanlı firmware ile uyumlu çalışmak için üretilmiştir ancak daha sonraları bu yazılım açık kaynaklı bir çok üç boyutlu yazıcı tarafından kullanılmaya başlamıştır. Bu yazılım sayesinde bir lcd kontrol ekranı olmadan da üç boyutlu yazıcıyı kontrol edip yazdırma işlemi yaptırılabilir. Şekil Ek C.1’de repetier host programı ana ekranı görülmektedir.



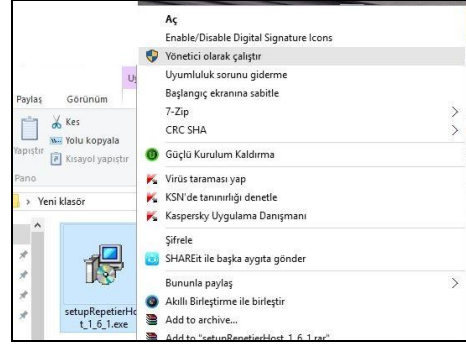
Şekil Ek C.1 Repetier Host Programı Ana Menü Görünümü.

Çalışmada üç boyutlu yazıcı bir bilgisayar yardımı ile ve arduino kart ısb bağlantısı aracılığı ile bu bilgisayara bağlanması ile yazıcı kontrolü imkan vermiştir. Repetier host yazılımı bu bağlantı sayesinde yazıcı ile irtibata geçip komutları gönderebilecektir.

Repetier host programı kurulumu için firmanın aynı isimdeki web sitesine girip download bölümünden repetier host programını indirmemiz gerekmektedir. Sonrasında indirilen repetier host programı Şekil Ek C.2’de görülmekte olan farenin sağ tuş ile tıklayarak yönetici olarak çalıştır sekmesini seçilmesi gerekmektedir. Programın yükleme aşaması ve yüklenmesi bittikten sonra bilgisayarda kurulu programın simgesini çift tıklayarak repetier host programını çalıştırılır ve Şekil Ek C.2’de görülmekte olan program ana menüsü karşıya gelmektedir.



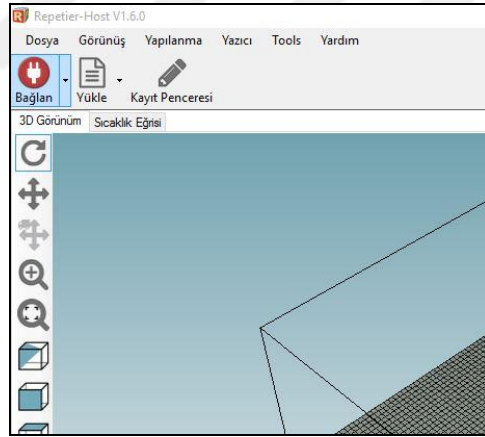
(a)



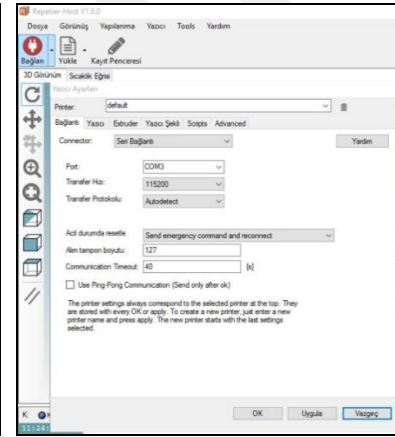
(b)

Şekil Ek C.2. Repetier host programı görünümü. a) Program web sitesi indirme bağlantısı. b) Bilgisayara indirilen program yükleme başlatma görünümü.

Sonraki adımlarda programı bilgisayara bağlantısını sağlamak amacıyla usb kablo aracılığı ile bilgisayar ve arduino kart bağlanmalıdır. Şekil Ek C.3'de görüldüğü şekilde bağlan sekmesine tıklayarak sonrasında ise bağlantı ayarları sekmesinden bağlantı yaptığımız usb noktasını (COM) seçilmektedir.



(a)

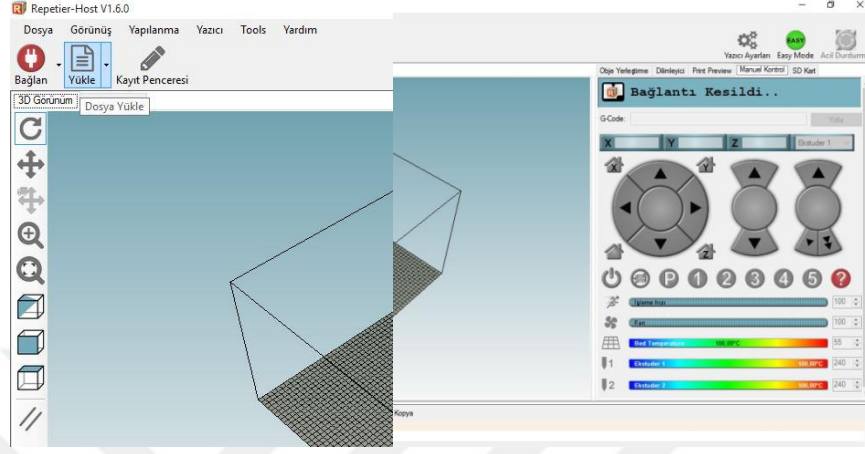


(b)

Şekil Ek C.3. Repetier-Host Programı. a) Bağlan sekmesi. b) Bağlantı ayarları.

Arduino kart ile bağlantı sağlandıktan sonra sıra repetier programına hazırlanılan gcode dosyasını tanımlamak için kullanılan menü olan yükle menüsüdür. Yükle menüsü tıklanarak programa parça atabilir ve baskıyı başlatmaya hazır hale getirebilir. Sonrasında bir yan sekmede olan çalışmaya başlat sekmesi tıklanarak başlatılır.

Repetier-host programı başlamaya hazır olduğun aşamadan sonraki kısımda yazıcı kontrol amacıyla manuel kontrol sekmesi kullanılmalıdır. Şekil Ek C.4’de yükle sekmesi ve yazıcı manuel kontrol menüsü görülmektedir.



(a)

(b)

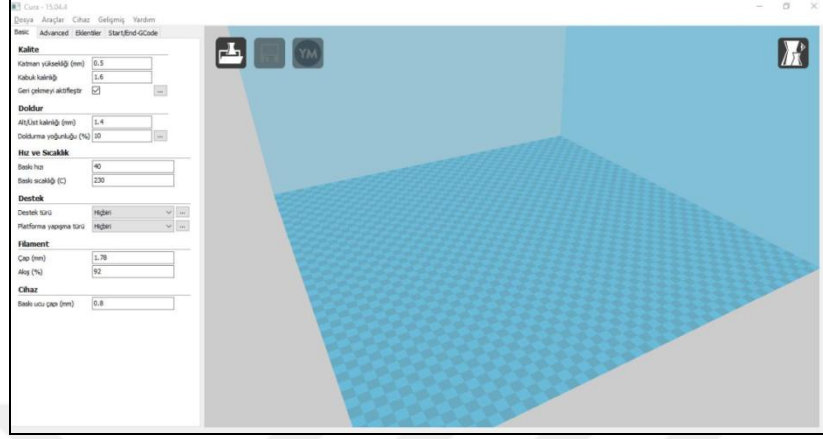
Şekil Ek C.4. Repetier host programı. a) Programa parça yükleme sekmesi. b) Repetier host programı manuel kontrol menüsü görünümü.

Repetier host programı içerisinde dilimleme yazılımı da mevcuttur bunun dışında dilimleyici sekmesi üzerinden sistemde yüklü olan slicer veya cura benzeri programlar ile de dilimleme yapabilmektedir. Bu dilimleme yaptığımız modeli doğrudan yazıcıya gönderip baskı alabilme imkanı bulunmaktadır. Çalışmada repetier host programı yazıcı ile bilgisayar arasında bağlantı kurmak ve kontrol etmek amacıyla kullanılmaktadır.

CURA 3B YAZICI DİLİMLEME PROGRAMI

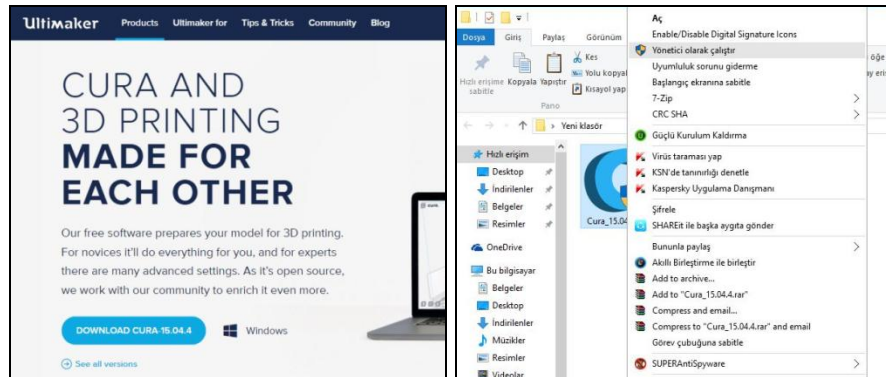
Çalışmada dilimleme işlemleri ve modeli tablada düzenleme işlemleri cura programında yapılmıştır. Cura dilimleme programı bilgisayar ortamında çizilmiş tasarlanmış olan çeşitli model dosyalarının ve çizim dosyalarının bir sonraki aşamada üç boyutlu yazıcıların kullanabileceği komutlar ve kodlar haline dönüşmesini sağlayan programdır. Program çizilen modeli yazıcıların çalışma mantığına göre dilimlere ayırarak işler ve bu her dilimin yazıcı kafası tarafından takip edilmesini sağlayan gcode kodları oluşturur. Cura programı piyasada kullanılan pek çok program gibi açık kaynaklı bir programdır. Programın asıl üreticisi Ultimaker üç

boyutlu yazıcı üretici firmasıdır. Şekil Ek C.5’de cura dilimleme programı ana menü görünümü yer almaktadır.



Şekil Ek C.5. Cura 3 boyutlu yazıcı dilimleme programı genel görünümü.

Cura programı açık kaynaklı olduğu için programın web sitesinde bilgisayara indirme linki mevcuttur. Şekil Ek C.6’da cura programı bilgisayara indirme ve yükleme başlatma aşaması görülmektedir. Program CNC makinelerde kullanılan CAM (Computer Aided Manufacture) mantığı ile gkod kodları ile çalışarak cnc sistemlerin tersi olarak üst üste yığıma mantığına göre kodlar oluşturur ve bunlarla hareket sağlar.



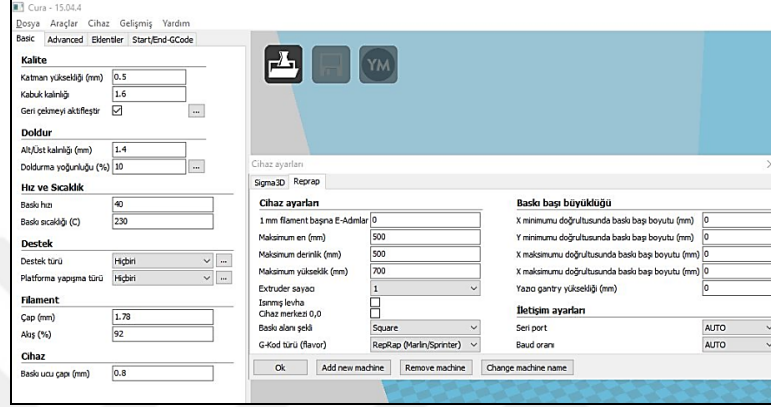
(a)

(b)

Şekil Ek C.6. Cura programı. a) Bilgisayara indirme bağlantısı görünümü. b) Bilgisayara kurulum aşaması görünümü.

Çalışmada cura programı kullanım kolaylığı ve düşük olan hata oranları ile tercih edilmiştir. Cura programı başlangıç aşamasında bilgisayara yüklendikten sonra ilk

olarak kullanılan üç boyutlu yazıcı ayarlarını yapmak gerekmektedir. Kullanılan yazıcının tabla genişliği nozul ucunun çap genişliği tablanın ısıtmalı olup olmadığı ve buna benzer çeşitli ayarları programa tanıtmamız ve bu şekilde bir profil oluşturmayı istemektedir. Şekil Ek C.7’de cura programı yazıcı tanıma ve yazıcı ayarları menüleri görünümü verilmektedir.



Şekil Ek C.7. Cura dilimleme programı yazıcı ve baskı ayarları görünümü.

Cura dilimleme programı yazıcı ve baskı ayarları yapıldıktan sonra program ekranında mavi renkte görülen yazıcı tablası bölümü üzerine baskı almak istenen model çağırılır. Model baskı tablası üzerindeki konumu ile aynı şekilde bu ekranda görülmektedir. Baskı tablası üzerinde yönü ve konumu program ekranının alt kısmında ayarlanabilmektedir. Şekil Ek C.8’de tabla üzerinde modelin yönü sıkalası ve konumu ayarlama menüsü görülmektedir.



Şekil Ek C.8. Cura programı tabla üzerine yerleşim ayarları.

Cura programı sonraki aşamada tabla üzerinde yerleşim ayarları sonrası baskıya hazır olmaktadır. Çalışmada baskı için cura programında tabla üzerinde dilimleme ayarları yapıldıktan sonra hazırlanan gcode dosyası repetier host programına aktarılmıştır. Buradan baskı alınmıştır. Bu aşama için gerekli olan menü cura programı ekranında üst köşede bulunan yine üç komut içerisindedir. Şekil Ek C.9'da cura programı kayıt menüsü görülmektedir.

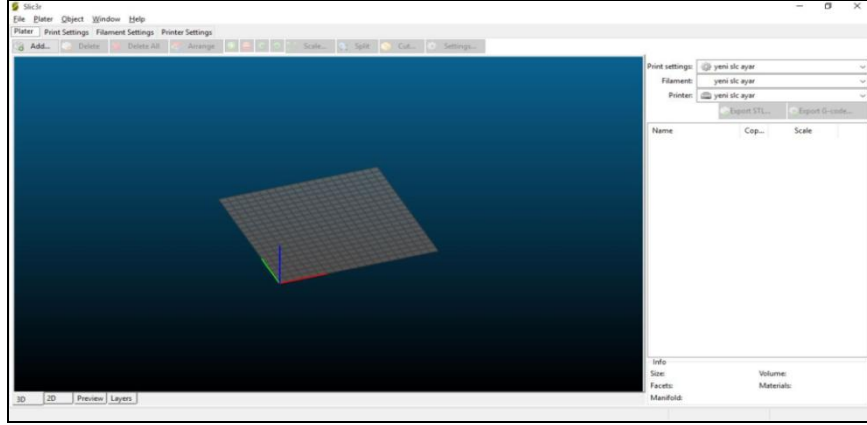


Şekil Ek C.9. Cura programı g kod kayıt ve model yükleme menüsü.

Cura programı Bir dilimleme ve g code oluşturma yazılımıdır. Repetier-Host programı gibi yazıcı kontrol imkânı yoktur, Bu açıdan repetier programından ayrılmaktadır.

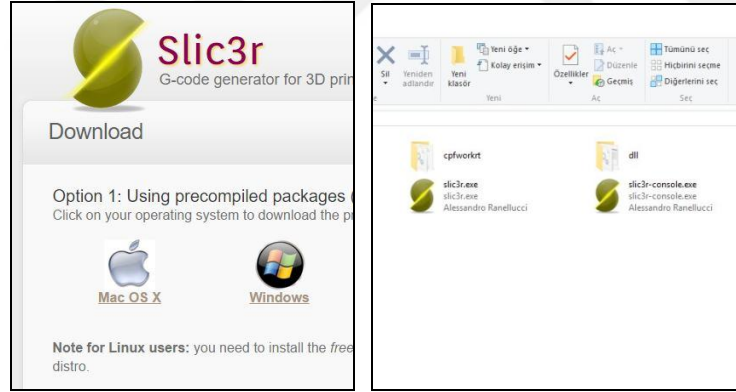
SLİC3R 3B YAZICI DİLİMLEME PROGRAMI

Bir diğer program olan slicer programı üç boyutlu yazıcı dilimleme aşamasında en çok kullanılan açık kaynaklı programlardan birisidir. Slicer üzerinde yine dilimleme ve g kod oluşturma işlemleri yapılabilmektedir. Slicer programı temel işleyiş olarak cura programına benzemektedir. Model dosyası stl olarak çağrılır ve tabla üzerine görsel olarak yerleştirilebilir. Konumunu değiştireceğimiz gibi şeklini ve diğer özelliklerini de kolaylıkla değiştirebilmemize imkân vermektedir. Şekil Ek C.10'da slicer programı ana menü görünümü görülmektedir.



Şekil Ek C.10. Slicer programı ana menü görünümü.

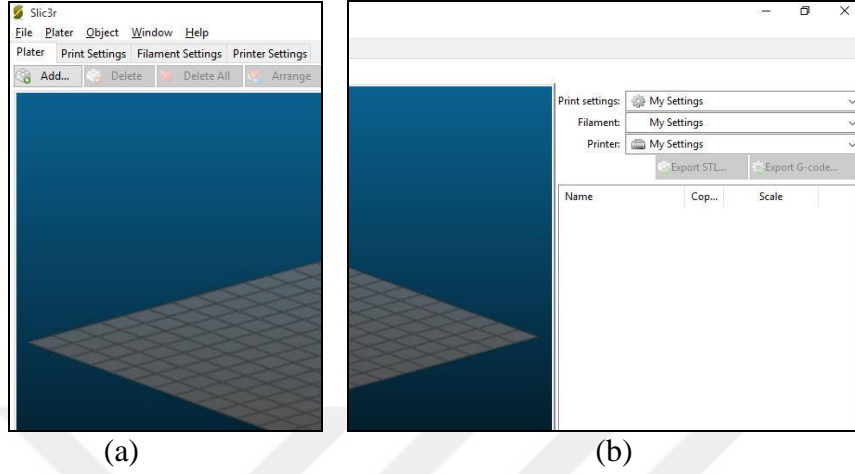
Slicer programı yine diğer programlar gibi açık kaynaklı bir programdır açık kaynak olması bize serbest bir şekilde kullanma olanağı sağlamaktadır. Firmanın web sitesinde programı yüklemek için gerekli olan link mevcuttur. Programı bilgisayara web sitesinden indirerek bilgisayara kurmak gerekmektedir. Şekil Ek C.11’de slicer programı indirme bağlantısı ve bilgisayara kurulum adımı gösterilmektedir.



Şekil Ek C.11. Slicer programı indirme ve programı çalıştırma adımları.

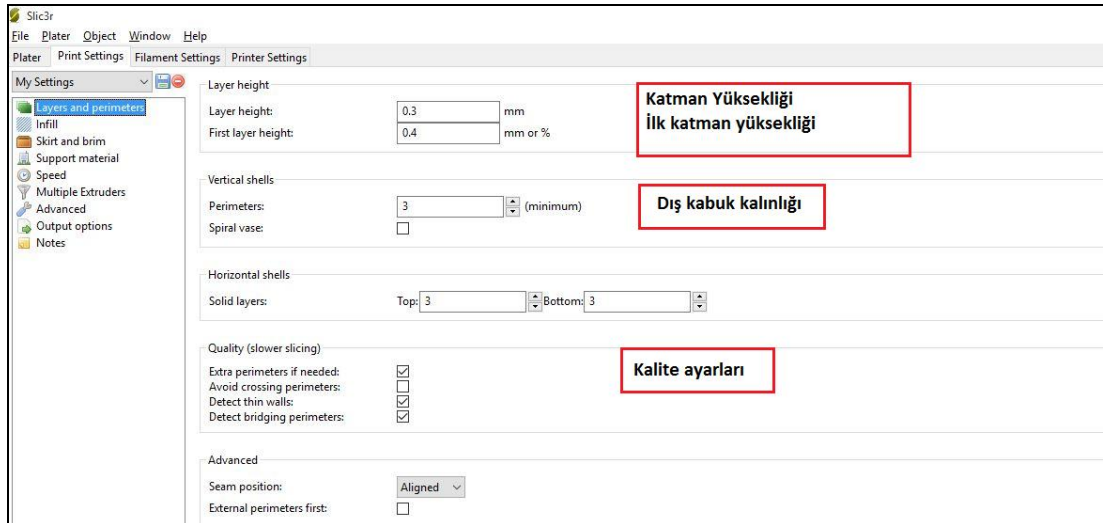
Slicer programı Şekil de görüldüğü gibi bilgisayara web sitesindeki bağlantıdan indirilir ve bilgisayara indirilen dosya açılır. Diğer programlardan fark olarak program kulu olarak gelmektedir. Ekstra bir kurulum gerekmemektedir. İndirilen dosya içerisinde slicer exe dosyası fare ile çift tıklanarak açılır ve program kullanıma hazır olmaktadır. Ana menü de yazıcı tabla görünümü ve diğer ayarlar görülmektedir. Program içerisine öncelikle daha önce hazırlanan ve stl uzantısı ile kaydedilen model dosyası açılmalıdır. Açmak için program Şekil Ek C.12’de görülen

ekranın üst köşesinde add butonu basılarak bilgisayardan model seçilir. Görüntüde diğer bir ekran köşesinde görülen hazır ayarlar da seçilebilmektedir.



Şekil Ek C.12. Slicer programı. a) parça çağırma butonu. b) genel hızlı ayarlar.

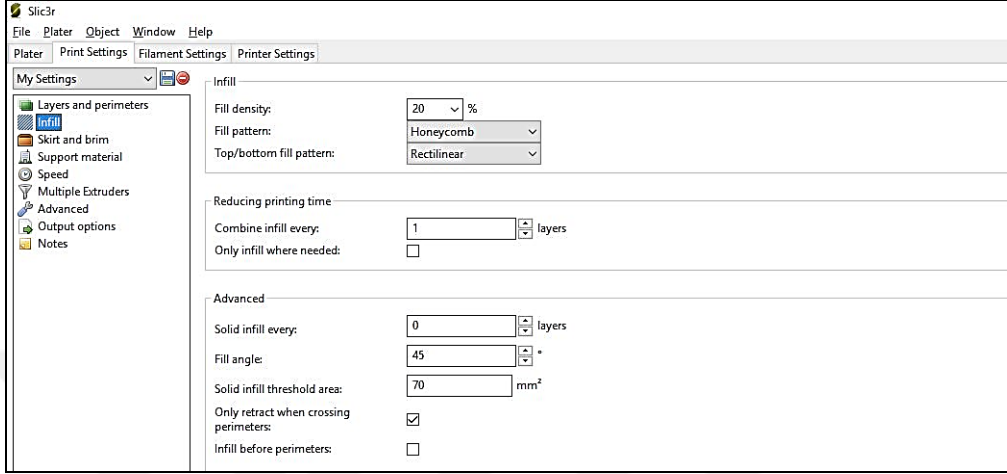
Slicer programı yazıcı ayarları ve yazdırma ayarları bir menüden sırasıyla yer almaktadır. Program ayarları içerisinde layer and perimeters sekmesinde katman ayarları yer almaktadır. (Şekil Ek C.13)



Şekil Ek C.13. Slicer yazdırma ayarları katman ayarları görüntüsü.

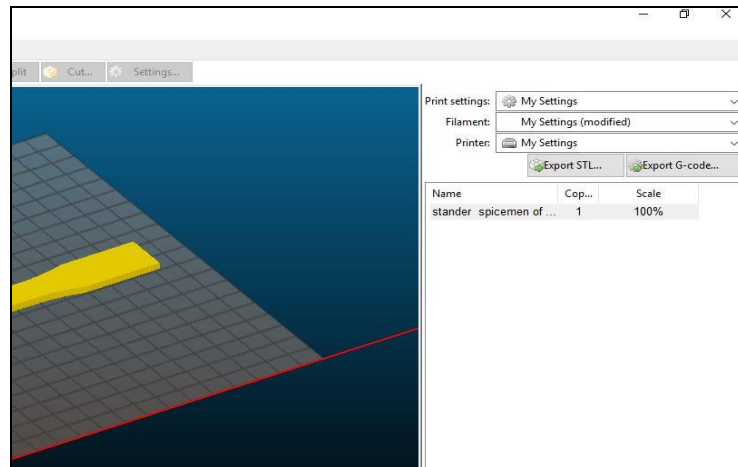
Slicer programı ayarlar sekmesinde iç doluluk ayarları infill ve hız ayarları diğer önemli ayarlardır. Slicer içerisinde infill menüsü altında parça iç doluluğu sonrasında iç doldurma şekilleri görülmektedir. Burada çizgi, kare ve bal peteği şekillerinde iç

doldurma şekilleri yer almaktadır. Doldurma ayarları ve sonrasında yazdırma hızı ayarları yer almaktadır. Burada baskı aşaması hız ayarları ve çeşitli değişimler yer almaktadır. Şekil Ek C.14’de bu menü görülmektedir.



Şekil Ek C.14. Slicer iç doluluk ayarları ve diğer ayarlar görünümü.

Slicer programı üzerinde ayarlar bittikten ve model tabla üzerine yerleştirildikten sonra karşıya iki seçenek çıkmaktadır. Bunlar Şekil Ek C.15’de görülmektedir. Ekranın sağ kenarında bulunan bu butonlar ile stl ya da gcode olarak hazırlanan yazdırma işlemi kaydedilebilir. Çalışmada baskılar hafıza kartı yada bilgisayar bağlantısı ve repetier programı ile yapıldığı için gcode olarak kaydetme seçeneği kullanılmıştır.



Şekil Ek C.15.Slicer programı stl ve gcode olarak kaydetme menüsü görünümü.

ÖZGEÇMİŞ

Burak GÜLER

Uyruğu: T.C.

Doğum Yeri: Merkez / BOLU

Doğum Tarihi: 11.03.1987

EĞİTİM BİLGİLERİ

2013 – 2016	Karabük Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Endüstriyel Tasarım Mühendisliği (Yüksek Lisans)
2014 -	Bülent Ecevit Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Makine Mühendisliği (Mühendislik Tamamlama)
2007 – 2012	Karabük Üniversitesi / Teknik Eğitim Fakültesi / Tasarım ve Konstrüksiyon Öğretmenliği (Lisans)
2001 – 2005	Bolu Canip Baysal Lisesi (Y.D.A.)

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Paşaköy Mahallesi, Yukarı Sokak, No:13/2
Merkez / BOLU

Tel : (0553) 593 6677

E-posta : burakkguler@hotmail.com

Website : www.burakkguler.tr.gg