

T.C
KARABÜK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ



3D Printer Tasarımı, Sunumu ve Uygulamaları

BİTİRME TEZİ

Burak Bekir AYTAÇ 2012010225016

Tevrat ÇAĞ 2012010225039

TEZ DANIŞMANI

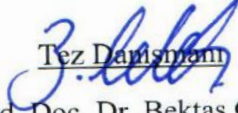
Yrd.Doç.Dr. Bektaş ÇOLAK

KARABÜK-2017

KABUL VE ONAY

Tevrat ÇAĞ ve Burak Bekir AYTAÇ tarafından hazırlanan " 3D Printer Tasarım Sunum ve Uygulamaları " başlıklı bu tezin Lisans Bitirme Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

07/06/2017


Tez Danışmanı
Yrd. Doç. Dr. Bektaş ÇOLAK

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalında Lisans Bitirme Tezi olarak kabul edilmiştir. 07/06/2017

Tez Jürisi

Başkan: Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU

Üye : Yrd. Doç. Dr. Bektaş ÇOLAK

Üye : Arş. Gör. Ramazan ÖZMEN





KBÜ Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Mezuniyet Komisyonu ve Bölüm Başkanlığı bu tezi Lisans Bitirme Tezi olarak onamıştır 07/06/2017

Yrd.Doç.Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU
Mekatronik Müh. Bölüm Bşk.



ÖZET

ÜÇ BOYUTLU YAZICI TASARIMI, SUNUMU VE UYGULAMALARI

Burak Bekir AYTAÇ

Tevrat ÇAĞ

Tez Danışmanı:

Yrd. Doç. Dr. Bektaş ÇOLAK

Üç boyutlu yazıcılar BDT (Bilgisayar Destekli Tasarım) programlarında tasarlanarak belirli bir dosya biçiminde kaydedilmiş parçaları, üç boyutlu çıktı almayı sağlayan cihazlardır. Bu çalışmada günümüzde üretilmiş üç boyutlu yazıcılar referans alınarak Core-XY modelli yeni bir üç boyutlu yazıcı prototipi yapılmıştır. Geleneksel yöntemlerle üretilmiş üç boyutlu yazıcı bağlantı parçalarına ek olarak kullanımı daha uygun ve protatiplemede daha hassas üretim için gerekli hassasiyeti sağlamak için yeni bağlantı parçaları tasarlanmıştır. Tasarlanan bu bağlantı parçaları üç boyutlu yazıcıdan bastırılarak modellediğimiz Core-XY üç boyutlu yazıcının üretiminde kullanılmıştır.

ABSTRACT

CORE-XY 3D PRINTER DESIGN, PRESENTATION AND APPLICATIONS

Burak Bekir AYTAÇ

Tevrat ÇAĞ

Thesis Advisor:

Yrd. Doç. Dr. Bektaş ÇOLAK

Three dimensional printers are devices that allow you to print the parts that designed in CAD (Computer Aided Design) softwares which saved as a spesified file extension. In this study, a prototype of a new three-dimensional printer with a Core-XY model was made with reference to the three-dimensional printers produced today. In addition to the traditional three-dimensional printer connectors, new connectors have been designed to provide the necessary precision for more convenient and more accurate prototyping. These connectors were used in the production of the Core-XY three-dimensional printer we modeled by printing from a three-dimensional printer.

TEŐEKKÖR

Bu alıőmamızda bize yol gösteren, tecrübeleriyle, bilgi birikimiyle tezin her aőamasında bize rehberlik eden çok değerli danıőman hocamız Yrd. Doç. Dr. Bektaş ÇOLAK’a; bizim bu bilgi birikimimize gelmemizde katkıları olan değerli bölüm hocalarımıza ve bize maddi ve manevi olarak destek olan ailelerimize sonsuz teőekkürlerimizi sunuyoruz.

Burak Bekir AYTAÇ

Tevrat ÇAĞ

İÇİNDEKİLER

ÖZET	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
KISALTMALAR.....	ix
BÖLÜM 1	8
GİRİŞ	8
1.1 PROBLEM.....	9
1.2 PROTATİP ÜRÜNLER İÇİN ÜÇ BOYUTLU YAZICI GELİŞİMİ.....	9
1.3 ÜÇ BOYUTLU YAZICI NEDİR?.....	10
1.4 ÜÇ BOYUTLU YAZICILARIN AVANTAJLARI	12
1.5 ÜÇ BOYUTLU YAZICI TEKNOLOJİLERİ.....	13
1.6 ÜÇ BOYUTLU YAZICIDA KULLANILAN MALZEMELER	13
1.6.1 ABS Plastik.....	14
1.6.2 PLA Plastik	14
1.10 ÜÇ BOYUTLU NESNE DİLİMLEME PROGRAMLARI.....	15
1.11 ÜÇ BOYUTLU YAZICILAR İÇİN CAD PROGRAMLARI.....	17
1.12 GELECEKTE ÜÇ BOYUTLU YAZICI TEKNOLOJİSİ	17
BÖLÜM 2	19
ÜÇ BOYUTLU YAZICILAR VE LİTERATÜR ÇALIŞMALARI.....	19
2.1 TÜRKİYE'DE 3 BOYUTLU YAZICI TEKNOLOJİSİNDEKİ GELİŞMELER	19
2.2 LİTERATÜRDEKİ ÇALIŞMALAR.....	22
BÖLÜM 3	27
3.2 ÇALIŞMANIN BEKLENTİLERİ	27
3.3 ÜÇ BOYUTLU YAZICI TASARIMI	27
3.4 ÜÇ BOYUTLU YAZICININ MEKANİK PARÇALARI.....	29
3.4.1 Extruder.....	29
3.4.2 Kayış ve Kasnaklar	29
3.4.3 Lineer Rulmanlar	30
3.4.5 Bağlantı Elemanları (Civatalar, Miller, Somunlar ve Pullar).....	30
3.4.6 V-Yuvalı Ekstrüzyonlar	30
3.5 MEKANİK ÖN MONTAJ.....	31
3.3.1 Arka Rölanti Rulmanları.....	32
3.3.2 H-Bar End Idler Rulmanları.....	33
3.3.3 Çerçeveyi Birleştirme	34
3.3.4 Z Platformu Montajı.....	42

3.4 ELEKTRONİK KONTROL	47
3.4.1 Arduino Mega 2560	47
3.4.2 Kontrol Kartı	48
3.4.6 Nema 17 Step Motor	49
3.4.7 Step Motor Sürücü Devresi	50
3.4.8 Güç Kaynağı	50
3.4.9 EndStop	51
3.4.10 Isıtıcı Tabla	51
3.5 ÜÇ BOYUTLU YAZICI PROTOTİPİ’NİN MALİYETİ	52
3.6 ÜÇ BOYUTLU YAZICI PROTOTİPİ	53
3.7 ÜÇ BOYUTLU NESNE DİLİMLEME PROGRAMI	54
3.7.2 Üç Boyutlu Nesne Dilimleme Programı – Repetier	54
3.7.3 Print Settings / Baskı Ayarları	57
3.7.3.2 Infill / Doluluk	57
3.7.3.3 Skirt and brim / Etek Atma Ayarları	58
3.7.3.4 Support Material / Destek Atma Ayarları	58
3.7.3.5 Filament Settings / Malzeme ve Sıcaklık Ayarları	59
3.7.3.6 Printer Settings / Yazıcı Ayarları	59
3.7.3.8 Custom G-code Menüsü	59
3.7.3.9 Extruder 1 / Extruder Ayarları	59
3.7.3.10 G-Kodu Dosyasını Kaydetme	59
BÖLÜM 4	60
SONUÇLAR VE ÖNERGELER	60
4.1 SONUÇLAR	60
KAYNAKLAR	62
ÖZGEÇMİŞ	63
ÖZGEÇMİŞ	64

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Kartezyen 3 boyutlu yazıcı	11
Şekil 1.2 Delta üç boyutlu yazıcı.	11
Şekil 1.3 Metal baskı yapan endüstriyel robot.	12
Şekil 1.4 Cura arayüzü. [18]	15
Şekil 1.5 MakerWare üç boyutlu nesne dilimleme programı arayüzü. [18]	16
Şekil 1.6 Simplify3D üç boyutlu nesne dilimleme ve yazıcı kontrol programı[18]..	16
Şekil 2.1 4B Mühendislik üç boyutlu yazıcı.	19
Şekil 2.2 3D Türk printers ESP mühendislik üç boyutlu yazıcı.	20
Şekil 2.3 3D Türk printers ESP mühendislik üç boyutlu yazıcı.	20
Şekil 2.4 Sanem Cube II üç boyutlu yazıcı.	21
Şekil 2.5 Kemiq 3 boyutlu yazıcı.	21
Şekil 2.6 Voksel M3d üç boyutlu yazıcı	22
Şekil 2.7 Dünya üzerinde hızlı prototipleme alanında birim satışlar.	22
Şekil 2.8 FDM işlem şeması.	24
Şekil 2.9 Klasik 3 boyutlu yazıcı.	24
Şekil 2.10 Metal döküm teknolojisi	25
Şekil 2.11 FDM işlemi şematik gösterimi.	26
Şekil 2.12 SLS ekipmanının şematik gösterimi.	26
Şekil 3.1 3D Yazıcı Tasarımı	28
Şekil 3.2 MK8 Extruder	29
Şekil 3.3 V-yuvalı korkuluk diyagramı.....	31
Şekil 3.4 V-Yuvalı Ekstrüzyonların montaj ölçüleri.....	32
Şekil 3.5 Arka İğneli Rulman Montajı	33
Şekil 3.6 H-Bar End Idler Rulman Montajı	34
Şekil 3.7 V-Yuvası ve kare somun hizalama	35
Şekil 3.8 Sağ Yan Çerçeve Montajı	36
Şekil 3.9 Sağ taraf Çerçeve Montajı	37
Şekil 3.10 Makara Tutucu	38
Şekil 3.11 Sol taraf devam ediyor	38
Şekil 3.12 Orta Ray Montajı	39
Şekil 3.13 Sol ve sağ taraflar	40
Şekil 3.14 Orta ön ray	40
Şekil 3.15 montaj mesafesi	41
Şekil 3.16 Birleştirilmiş Çerçeve	42
Şekil 3.17 Yatak Desteği.....	43
Şekil 3.18 Z Platformu Çerçeve düzeneği.....	43
Şekil 3.19 Z Platform Boyutları	44
Şekil 3.20 Z Tekerlek Kılavuzu Kurulumu.....	45
Şekil 3.21 Z Tekerlek Montajı	46
Şekil 3.22 Çerçeveye Z Platform montajı	46
Şekil 3.23 Arka Z Teker montajı	47
Şekil 3.24 Arduino Mega 2560 R3	48
Şekil 3.25 Ramps elektronik kontrol kartı.	49
Şekil 3.26 Nema 17 adım motoru	49
Şekil 3.27 Step motor sürücü devresi.....	50
Şekil 3.28 Güç kaynağı.	50
Şekil 3.29 Limit switch.	51

Şekil 3.30 MK3 ısıtıcı tabla.	51
Şekil 3.31 Core XY 3D Yazıcı Protatipi.....	53
Şekil 3.32 Repetier programı giriş ekranı.	54
Şekil 3.33 Dosya yükleme sekmesi.....	54
Şekil 3.34 Gözlük modeli.....	55
Şekil 3.35 Dosya silme.....	55
Şekil 3.36 Obje merkezle.	55
Şekil 3.37 "Rotate" komutu ile modeli döndürme.	56
Şekil 3.38 Dilimleyici menüsü.....	56
Şekil 3.39 Dilimleme araçları.	57
Şekil 3.40 Model doluluk oranı ayarları.	57
Şekil 3.41 Etek atma ayarları.	58
Şekil 3.42 Destek atma ayarları.	58
Şekil 3.43 Filament ve sıcaklık ayarı.	59

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)
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)
RC	: Rapit Casting (Hızlı Döküm)

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Üç boyutlu yazdırma, dijital ortamda hazırlanan üç boyutlu dosyadan (CAD çizimleri) üç boyutlu katı nesneler üretme sürecidir. Bu işlemleri gerçekleştiren makineler üç boyutlu yazıcı olarak adlandırılır. Bu makineler sayesinde üç boyutlu olarak tasarlanan modeller, kısa süre içinde ele alınıp incelenmesi mümkün nesneler haline gelebilmektedir. Üç boyutlu model, bilgisayar ortamında dilimlenerek katmanlara ayrılır ve bu katmanlar üç boyutlu yazıcı ile baskı esnasında ergitilen malzeme üst üste gelecek şekilde yazdırılarak somut nesneler haline dönüştürülür. Üç boyutlu yazıcı teknolojileri katmanları üst üste yığma tekniği ile çalışmaktadır. Fakat bu katmanları oluşturma yöntemleri farklılık gösterebilir. Bu yöntemlerden en yaygın olarak bilineni plastik malzemenin ergitilerek katı nesneler oluşturanlarıdır. Üç boyutlu yazıcı teknolojileri yeni bir ürün tasarlayıp geliştirme süreçlerinde meydana gelebilecek olan problemleri önceden görülmesini sağlayarak bu gibi problemlere üretilecek çözüm yollarını hızlandırmaktadır. Dijital ortamda çizilmiş olan tüm tasarımların seri üretime geçme aşamasından önce prototiplerinin hazırlanıp, gerekli testlerden geçirilmesi gerekmektedir. Geleneksel yöntemlerle prototip hazırlama süreci hem maliyetli hem de oldukça zaman alıcı faaliyetleri kapsamaktadır. Oysa üç boyutlu yazıcılar sayesinde istenilen prototipler saatler içerisinde üretilebilir. Elde edilen bu prototipler hem görsel olarak hem de fonksiyonlarını yerine getirebilmesi açısından test edilip rahatlıkla incelenebilirler. Değerlendirmeler sonucu yapılan tasarımda değişikliğe gidilebilir ve yeniden yapılan tasarımın prototipi üretilip incelenebilir. Bu da daha az maliyetle daha hızlı test edilebilir prototipler elde etmemize edilmesine imkan verir. Metal yapıları üç boyutlu yazıcılarda yazdırmak için pahalı bir teknolojiyi satın alıp kullanmak yerine bu yeni geliştirilen yöntem sayesinde büyük yatırım masrafları ortadan kalkmaktadır. Maliyeti düşük ve nispeten kolay bir yol olması sebebiyle birçok üniversitenin ve sanayi kuruluşlarının AR-GE birimlerinde benimsenip hızlı bir gelişim kaydedecektir. Böylelikle hem bilimsel araştırmalar hız kazanacaktır.

1.1 PROBLEM

Geleneksel yöntemlerle parça üretme süreci hem maliyetli hem de oldukça zaman alıcı faaliyetleri kapsamaktadır. Bu faaliyetler içerisinde freze, torna gibi çeşitli tezgahların kullanımı söz konusudur. Bu çalışmada geleneksel imalat yöntemlerine ihtiyaç duymadan mümkün olan en kısa zamanda gerekli parçaların üretilmesi ve maliyetlerin minimuma çekilmesi hedeflenmiştir.

Geleneksel yollarla üretilmiş bağlantı parçaları kullanılarak yapılmış bir üç boyutlu yazıcının üzerinden bağlantı parçalarının ölçüleri baz alınarak, yeni bağlantı parçaları tasarlanıp daha az maliyetli olacak şekilde üç boyutlu yazıcıdan yazdırılması planlanmıştır. Böylece geleneksel üretim metotlarına daha az ihtiyaç duyularak 3 boyutlu yazıcı üretimi yapılmıştır

1.2 PROTATİP ÜRÜNLER İÇİN ÜÇ BOYUTLU YAZICI GELİŞİMİ

Üç boyutlu yazıcılar ilk olarak 1970'li senelerin 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 üretilmiştir. 1986 yılında üç boyutlu yazıcılar için ilk şirket kurulmuştur. 1988 yılında kurulan bu şirket tarafından geliştirilen SLA-250 adında ilk üç boyutlu yazıcı tanıtılmıştır. 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 baskılar bu yazıcılarda üretildi. 1995 yılında üç boyutlu yazıcıların satışı yapılmaya bağlandı. 1996 yılında Z Corporation yüksek çözünürlüğe sahip ürünler üreten ilk üç boyutlu yazıcıyı tasarlanmıştır. Bu yazıcı aynı zamanda renkli basım yapabilme yeteneğine de sahiptir. 2007 yılında Reprap adıyla ilk açık kaynak kodlu yazıcılar piyasaya çıkmaya başlamıştır. Dolayısıyla üç boyutlu yazıcıları geliştirme imkanı hızla artmıştır. 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.

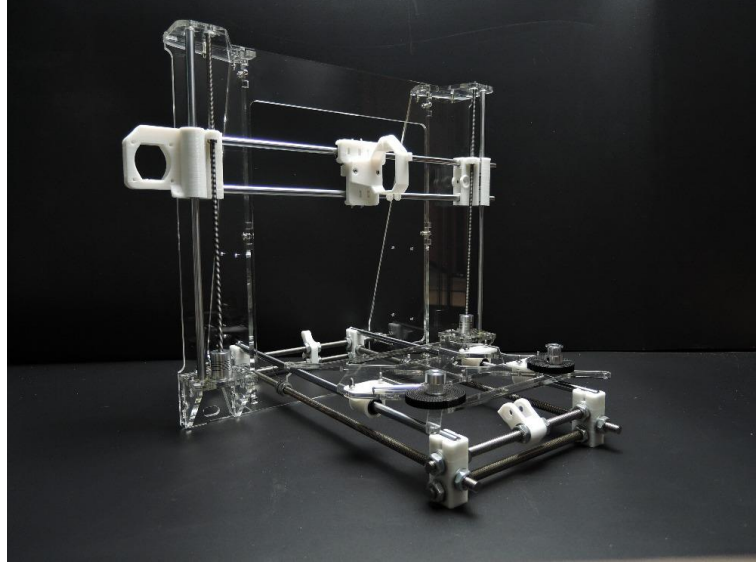
1.3 ÜÇ BOYUTLU YAZICI NEDİR?

Üç boyutlu yazdırma, dijital ortamda hazırlanan üç boyutlu dosyadan üç boyutlu katı nesneler üretme sürecidir. Bu işlemleri gerçekleştiren makineler üç boyutlu yazıcı olarak adlandırılır.

Üç boyutlu yazıcı bilgisayar verisini el ile tutulabilir gerçek nesnelere dönüştüren bir makinedir. Bu makineler geleneksel imalat yöntemleri kullanılarak üretilme imkanı olmayan karmaşık geometriye sahip parçaları üretebilmektedir.

Üç boyutlu yazdırma işlemini gerçekleştirmek için ilk olarak imal edilecek parça ya da parçaların üç boyutlu tasarım programlarında veya üç boyutlu tarama sistemleri yardımıyla bilgisayar verisi oluşturulur. Modeli oluşturulan parça genellikle STL uzantılı dosya olarak kaydedilir ve üç boyutlu yazıcı kontrol programına aktarılır. Model üç boyutlu yazıcı kontrol programında dilimlenerek katmanlara ayrılır ve "G kodu" dosyası oluşturulur. Daha sonra "G kodu" dosyası üç boyutlu yazıcıya hafıza kartı yardımıyla veya doğrudan bilgisayar bağlantısıyla aktarılarak baskı işlemi gerçekleştirilir.

Üç boyutlu yazıcıların kartezyen yazıcı ve delta yazıcı gibi çeşitleri bulunmaktadır. Kartezyen mantığında çalışan üç boyutlu yazıcılar genellikle bilgisayar kontrollü xyz kartezyen platformuna bağlanmış termoplastik püskürtücüden oluşurlar. Bu yazıcıların iskeletleri çelik çubuklardan veya profillerden oluşurlar. Bağlantı elemanları ya geleneksel yollarla imal edilerek ya da bir başka üç boyutlu yazıcıdan imal edilerek kullanılan plastik parçalardır. X ve Y eksenindeki hareketler eksantrik trigger kayışı tarafından sağlanırken Z eksenindeki hareket vidalı miller kullanılarak iki adet step motor sayesinde kontrol edilir. Şekil 1.1'de kartezyen üç boyutlu yazıcı görülmektedir. [2]



Şekil 1.1 Kartezyen 3 boyutlu yazıcı

Delta yazıcıları diğer yazıcılardan ayıran temel fark, dikey Z eksenindeki hareketi sağlamak için üç yerden birer step motor ile tahrik edilmesidir. Bunun sebebi delta yazıcıların üçgen biçiminde olan şekillerinden kaynaklanmaktadır. Şekil 1.2' de delta üç boyutlu yazıcı görülmektedir. [2]



Şekil 1.2 Delta üç boyutlu yazıcı.

Günümüzde ham maddesi metal olan üç boyutlu yazıcılar da bulunmaktadır. Ancak bu yazıcılar maliyet açısından oldukça pahalı olduklarından şimdilik büyük firmalar tarafından kullanılmaktadır.

Metal baskıyı yaygınlaştırmak için bazı teknikler geliştirilmektedir. Geliştirilen bu yöntemlerden biri ise bir kaynak robotu, metal bir yüzey üzerine kaynak yapar gibi metal yığmaktadır. Metal yapıları üç boyutlu yazıcılarda yazdırmak için pahalı bir teknolojiyi satın alıp kullanmak yerine bu yeni geliştirilen yöntem sayesinde büyük yatırım masrafları ortadan kalkmaktadır. Şekil 1.3’de metal baskı yapan üç boyutlu yazıcı görülmektedir. [8]



Şekil 1.3 Metal baskı yapan endüstriyel robot.

1.4 ÜÇ BOYUTLU YAZICILARIN AVANTAJLARI

- Bilgisayar ortamında çizimi yapılmış her çeşitten ürünün modeli saatler hatta dakikalar içinde somut nesnelere dönüştürölüp incelenebilir hale gelir.
- ✓ Üç boyutlu yazıcılar sayesinde geleneksel yöntemlerle üretim yapılırken ihtiyaç duyulan makine, teçhizat ve işçilik ortadan kalkar. Ciddi emek gerektiren işleri (frezeleme, tornalama, üretim sonrası talaş temizleme vb.) ortadan kaldırır.
- ✓ Karmaşık yüzey geometrisine sahip tasarımlar rahatlıkla gerçek nesnelere dönüştürülebilir.

- ✓ Kullanılan sarf malzemesi PLA filamentleri olup bunların temini hem kolaydır hem de uygun fiyattadır.
- ✓ Kullanılan sarf malzemesi mısır nişastasından üretilmiş PLA adında bir bioplastiktir. Bu malzemenin sağlığı olumsuz yönde etkileyecek özelliği yoktur. Ergitilirken çevreye zehirli gaz çıkarmaz, koku yapmaz. Bunlara ilave olarak doğada çözünebilme özelliği ile çevreye de zarar vermez.
- ✓ Daha az maliyetle üretim yapılabilir. İşçilik masraflarının ortadan kaldırılması, daha ucuz sarf malzemelerin kullanılması, parça üretiminin kolay olması maliyetleri düşürmektedir.

1.5 ÜÇ BOYUTLU YAZICI TEKNOLOJİLERİ

Üç boyutlu yazıcılar birbirinden farklı teknolojileri kullanarak üretim yapabilmektedir. Bunlardan en yaygın olarak bilineni ve kullanılanı FDM (Fused Deposition Modelling) ya da birleştirme yoluyla yığma teknolojisidir. Bu teknikte ısı ile şekil alabilen termoplastik (PLA, ABS) malzemeler kullanılmaktadır.

FDM ile SLS teknolojisi karşılaştırıldıklarında SLS teknolojisinin FDM teknolojisine göre oldukça yavaş üretim yaptığı görülmektedir. Bunun sebebi ise üç boyutlu baskı yapılırken her katman için düzgün bir toz yüzeyinin serilmesi gerektiğindendir. Tozun yüzeye düzgün serilebilmesi için serici kafa çok yavaş hareket etmek zorundadır. Yavaş hareket etmesine rağmen karmaşık geometriye sahip nesneleri rahatlıkla imal edebilmesi nedeniyle günümüz endüstrisinden tercih edilen yöntemlerden biridir.[17]

1.6 ÜÇ BOYUTLU YAZICIDA KULLANILAN MALZEMELER

Üç boyutlu yazıcılarda yaygın bir şekilde kullanılan malzemelerin başında ABS ve PLA malzemeleri gelmektedir.

1.6.1 ABS Plastik

ABS plastik (Akrilonitril Butadin Stiren), sert bir termoplastik polimerdir. Bir petrol ürünü olan ABS aseton ile çözülebilmektedir. ABS malzemesi kullanarak yazdırılan ürünler, 20 ile 80°C arasında kullanıma uygundur. ABS malzemesinin başlangıçtaki erime sıcaklığı 105 °C olmasından dolayı 80 °C üzerindeki bir sıcaklığa çıkılması durumunda yumuşama ve şekil bozulması yaşanabilir. ABS malzemesi yoğun güneş ışınlarına maruz bırakılırsa zarar görebilir. ABS yüksek dayanım ve darbe direnci nedeniyle üç boyutlu yazıcılarda sıkça tercih edilen bir malzeme türüdür. Bu gaz az miktarda ortaya çıkmasına rağmen oldukça zehirli bir gazdır. Bundan dolayı üç boyutlu yazıcılar ile ABS kullanırken ortam havalandırılmak zorundadır. Katı halde yazdırılmış ürün olarak herhangi bir zararı yokken üç boyutlu yazıcı ile 230-250 °C eritilirken HCN gazı açığa çıkarmaktadır. Başka bir negatif özelliği ise üç boyutlu yazıcıda kullanım sırasında PLA malzemesine göre çok daha yüksek sıcaklık gerektirmesinden dolayı daha zor bir kalibrasyon işlemi gerektirmesidir. ABS malzemesi ile iyi bir parça üretmek PLA malzemesine göre daha zordur. ABS malzemesinin yüksek sıcaklıkta yazdırılması nedeniyle büyük parçaların yazdırılması esnasında çarpılma riski bulunmaktadır. Oluşabilecek çarpılmaların önüne geçmek için ısıtıcı yazma tablası kullanılması gerekmektedir. [11]

1.6.2 PLA Plastik

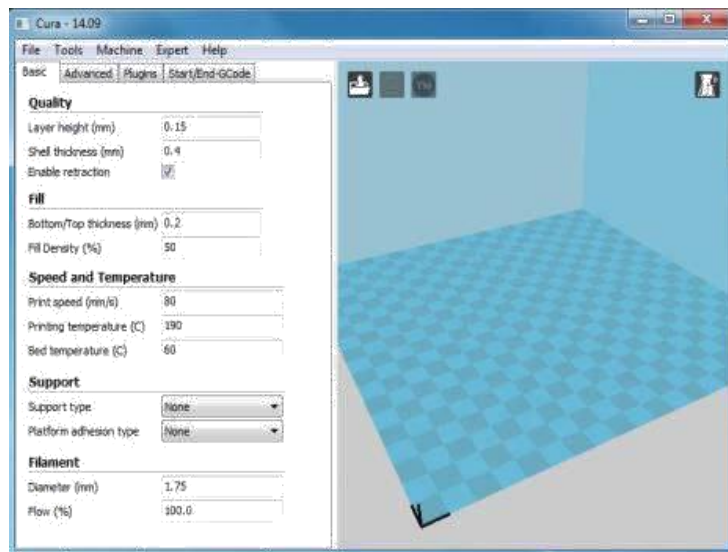
Polilaktik Asit ise şu anki istatistiklere göre en çok kullanılan üç boyutlu yazıcı malzemesidir. Bu malzemenin tercih etmesinin başlıca sebebi düşük sıcaklıklarda eriyebilmesinden dolayı kolay çalışılabilir olmasıdır. PLA malzemesinin yazdırılırken çarpılma ihtimali çok daha düşüktür. Bundan dolayı da ısıtıcı tabla kullanılmasını zorunlu hale getirmemektedir. Polilaktik asit ABS malzemesinden farklı olarak petrolden değil de nişasta içeren ürünlerden elde edilmektedir. PLA malzemesi medikal sektöründe implant ve protezlerde sıkça kullanılmaktadır.

PLA malzemesinin negatif özellikleri ise ABS malzemesinden çok daha düşük dayanıma sahip olmasıdır. PLA malzemesinin yüksek sıcaklıklara dayanımı ABS

malzemesine göre oldukça düşüktür. PLA malzemesinin erime sıcaklık aralığı ABS malzemesine göre daha geniş olmasından dolayı çarpılma ihtimali düşüktür. Fakat PLA malzemesinin yavaş sertleşmesinden dolayı yazım hızı arttırıldığında ortaya kötü sonuçlar çıkabilmektedir. Yazdırma işleminin hızını arttırabilmek için yazdırılan parça, bir fan yardımı ile soğutulabilir [8].

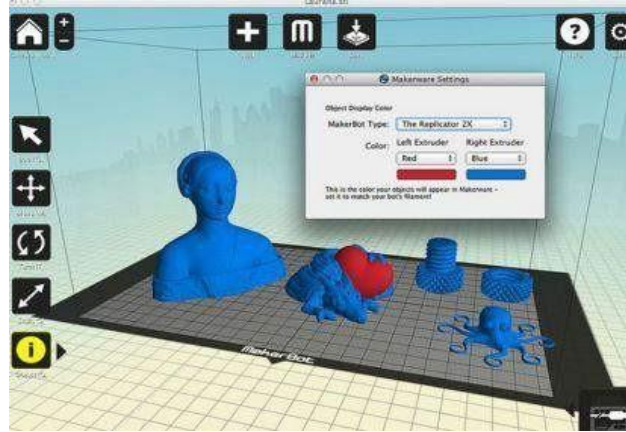
1.10 ÜÇ BOYUTLU NESNE DİLİMLEME PROGRAMLARI

Üç boyutlu yazıcılardan ürün çıkarabilmek için ilk aşamada bu ürünün dijital ortamda üç boyutlu olarak tasarlanmış olması gerekir. Dijital ortamda tasarlanan ürün STL formatında kaydedilir ve üç boyutlu yazıcı kontrol programlarına aktarılır. Üç boyutlu yazıcı kontrol programlarında baskısı yapılacak olan ürünün yüzey kalitesi, doluluk oranı gibi istenilen özellikleri ayarlanır. Gereken ayarlar yapıldıktan sonra dilimleme işlemi yapılarak ürün katmanlara ayrılır ve “G kodu” dosyası oluşturulur. Oluşturulan bu dosya ya hafıza kartı aracılığıyla ya da doğrudan bilgisayar bağlantısı ile üç boyutlu yazıcılara aktarılarak ürün baskısı gerçekleşir. Piyasada markalaşmış üç boyutlu yazıcıların kendine özel tasarımları olan dilimleme ve kontrol programları bulunmaktadır. Bunlardan en sık rastlananları Ultimaker’in kullanıcıları için ücretsiz olarak sunduğu Cura adındaki dilimleme programıdır. Şekil 1.4’ de Cura üç boyutlu nesne dilimleme programının arayüzü görülmektedir. [17]



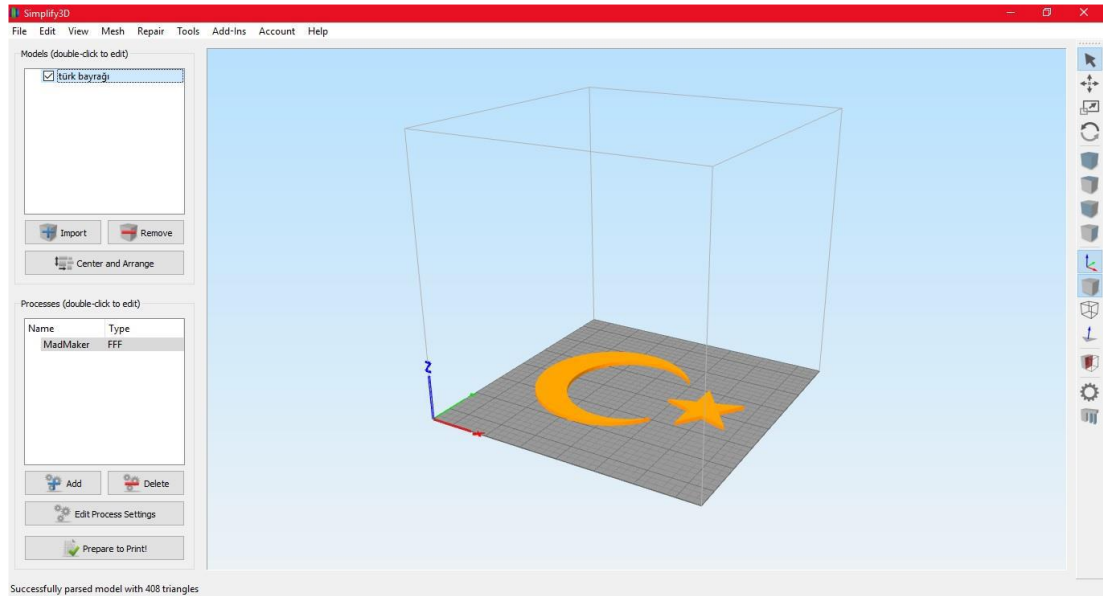
Şekil 1.4 Cura arayüzü. [18]

Bir diğ er kontrol programı ise Makerbot’un tasarlayıp kullanıcılarına ücretsiz olarak sunduğ u Makerware üç boyutlu nesne dilimleme programıdır. Şekil 1.5’ de Makerware üç boyutlu nesne dilimleme programının arayüzü görülmektedir. [17]



Şekil 1.5 MakerWare üç boyutlu nesne dilimleme programı arayüzü. [18]

Bu tez çalışmasında kullanılacak olan program ‘‘Simplify3D’’ üç boyutlu yazıcı kontrol ve dilimleme programıdır. Bu program ile hem dilimleme işlemi hem de üç boyutlu yazıcı kontrolü yapılabilmektedir. Şekil 1.6’da Repetier üç boyutlu yazıcı kontrol programının arayüzü görülmektedir. [17]



Şekil 1.6 Simplify3D üç boyutlu nesne dilimleme ve yazıcı kontrol programı[18]

1.11 ÜÇ BOYUTLU YAZICILAR İÇİN CAD PROGRAMLARI

Üç boyutlu yazıcılar için bilinen tüm CAD programları uyumludur. Tek yapılması gereken herhangi bir CAD programında tasarımı yapılmış modelin STL formatında kaydedilip üç boyutlu yazıcı kontrol programına aktarılmasıdır. Günümüzde yaygın olarak kullanılan ve bilinen birçok CAD programları isimleri verilmiştir.

1. Solidworks
2. Autodesk
3. AutoCad
4. CATIA
5. Maya
6. Creo
7. SketcUp
8. FreeCad

1.12 GELECEKTE ÜÇ BOYUTLU YAZICI TEKNOLOJİSİ

Gelecekte üç boyutlu yazıcıların kullanımı yaygınlaştıkça maliyetleri de giderek azalacaktır. Üç boyutlu yazıcı maliyetlerinin düşmesiyle beraber hemen hemen her eve girmeye başlayacaktır. Bu durum birçok avantajı beraberinde getirecektir.

Örneğin; çocuklar internetten indirdiği üç boyutlu bir oyuncak verisi ile kendi oyuncağını yapabilme şansına sahip olacaklardır. Ya da evde kullanılan cihazların herhangi bir parçası bozulduğu zaman bu parçayı direkt fabrikadan getirtmek yerine yalnızca gerekli olan geometri ve malzeme bilgisi için ödeme yapmak yeterli olacaktır. Bu durum malın transferinden çok bilginin transferine önem kazandıracaktır.

Tıp alanında ise doğrudan, hastalara özel hammaddesi seramik olan protez imalatı gerçekleştirilebilecektir. Örneğin; diş hekimleri bilgisayar destekli tomografi verisine bağlı olarak hastanın yapısına uygun protezi el emeğini en aza indirerek kolaylıkla imal edebilecektir. Yakın bir gelecekte, insanların ihtiyaç duyduğu organların üç boyutlu yazıcılarla üretilmesi beklenmektedir.

Yakın gelecekte metal hammadde kullanan üç boyutlu yazıcıların sayısı ve üretim hassasiyeti hızla artacaktır. Bu da en fazla içinde soğutma kanallı açılmış metal kalıpların imalatında kullanılacaktır.

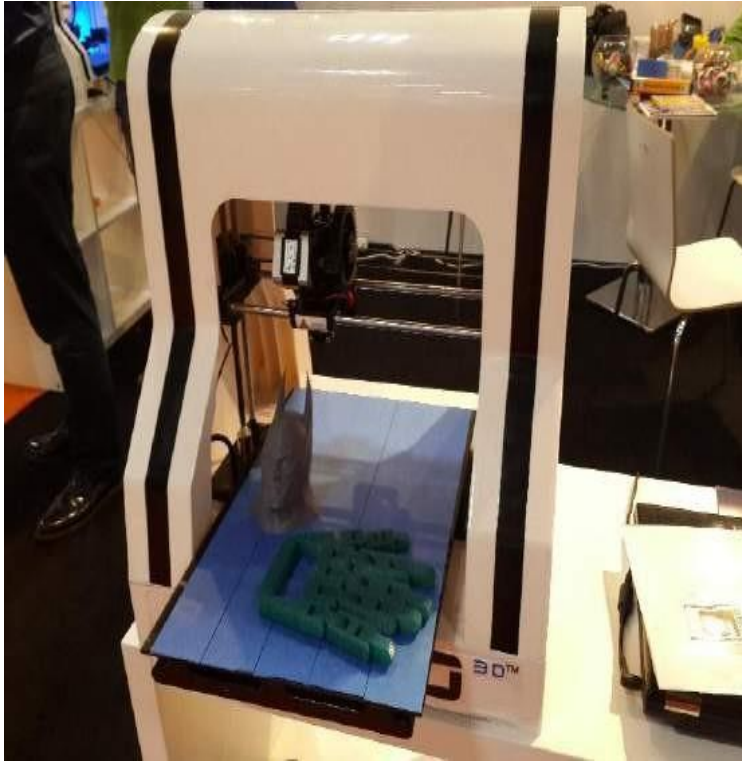
Aynı zamanda birden fazla malzeme kullanılarak (metal, plastik, seramik vb.) karmaşık malzeme özelliklerine sahip parçalarla mekanik ya da elektromekanik parça gruplarını imal edebilen cihazlar artacaktır. Bu konuya verilebilecek en iyi örnek Almanya'daki MicroTEC firmasının bir enjektör iğnesinin içine girebilecek küçüklükte motor ve mekanizmalar üretmiş olmasıdır. Bunlara ilave olarak son senelerde mikron seviyede parçalar üreten teknolojiler konusunda araştırmalar ve uygulamalar hız kazanmıştır. Mikro düzeyde üretim teknolojisi sayesinde biyoteknoloji ve medikal uygulama alanlarında artış olacağı tahmin edilmektedir.

BÖLÜM 2

ÜÇ BOYUTLU YAZICILAR VE LİTERATÜR ÇALIŞMALARI

2.1 TÜRKİYE’DE 3 BOYUTLU YAZICI TEKNOLOJİSİNDEKİ GELİŞMELER

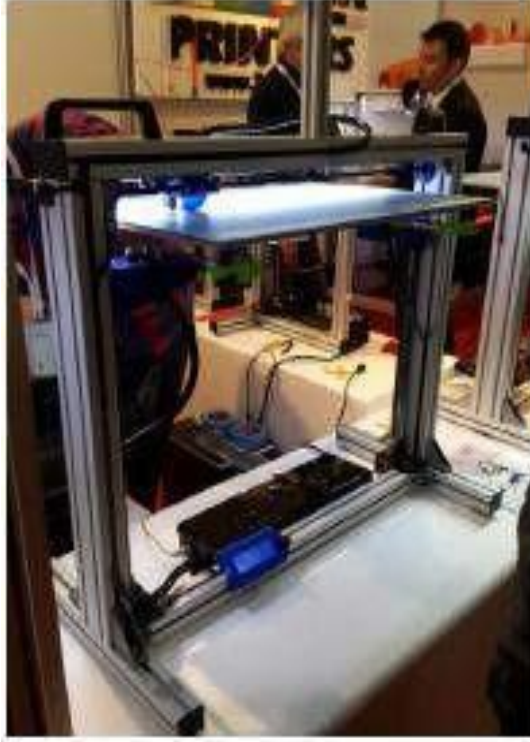
05-07 Mayıs 2016’da düzenlenen “3D Print Expo Turkey” üç boyutlu yazıcı fuarında Türkiye’de bu alanda yapılan çalışmalar takip edilmiştir. Şekil 2.1’de 4B Mühendislik’in ürettiği üç boyutlu yazıcı ve özellikleri görülmektedir.



-Baskı
hacmi:254x228x203mm
-Hassasiyet:0.1mm
(100mikron)
-Nozzle çapı:0.4mm
-ABS&PLA ile baskı
alabilme
-Isıtmalı tabla
-Filament (hammadde)
çapı: 1.75

Şekil 2.1 4B Mühendislik üç boyutlu yazıcı..

Şekil 2.2’de imalatı Türkler tarafından Bursa’da yapılan orta boyutlarda üretilmiş üç boyutlu yazıcı ve 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

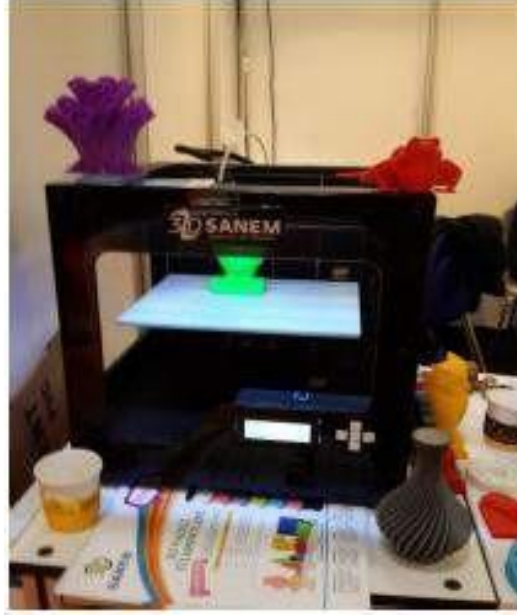
Şekil 2.2 3D Türk printers ESP mühendislik üç boyutlu yazıcı.

Şekil 2.3’ de imalatı Türkler tarafından Bursa’ da yapılan büyük boyutlarda üretilmiş üç boyutlu yazıcı görülmektedir.



Şekil 2.3 3D Türk printers ESP mühendislik üç boyutlu yazıcı.

Şekil 2.4’ de Sanem Cube II 3 boyutlu yazıcı ve özellikleri görülmektedir. 3D Sanem firması aynı zamanda yerli filament üretici firmalardan biridir. PET, PLA, ABS filamentlerin çeşitli renklerde üretimini gerçekleştirmektedir.



- Baskı hacmi:260x230x200mm
- Hassasiyet:100-300 mikron
- Nozzle çapı:0.4
- Filament çapı:1.75mm
- Firmanın ürettiği filament çeşitleri: PET, PLA, ABS

Şekil 2.4 Sanem Cube II üç boyutlu yazıcı.

Şekil 2.5’ da Kemiq firmasının fuarda tanıttığı üç boyutlu yazıcı ve özellikleri görülmektedir.



- Baskı hacmi:245x245x245mm
- Hassasiyet:70-400 mikron
- Nozzle çapı:0.4
- Filament çapı:1.75mm
- PLA,ABS,PC ABS, Nylon malzemeleri ile baskı alabilme özelliği

Şekil 2.5 Kemiq 3 boyutlu yazıcı.

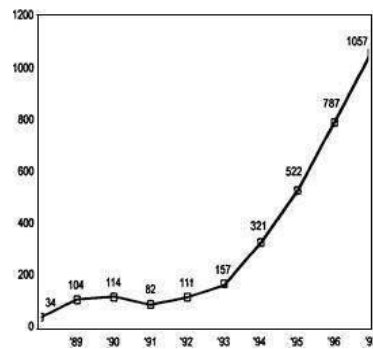
Şekil 2.6’de Voksel firmasına ait M3D üç boyutlu yazıcı ve özellikleri görülmektedir.



Şekil 2.6 Voksel M3d üç boyutlı yazıcı

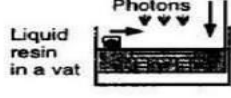
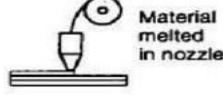
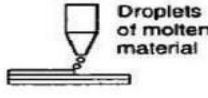
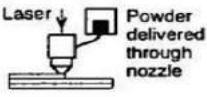
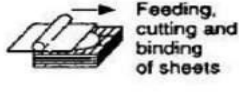
2.2 LİTERATÜRDEKİ ÇALIŞMALAR

1998 yılında yapılan çalışmada o dönemdeki katı üretim ve hızlı prototipleme alanındaki araştırma ve gelişmeleri özetlenmeye çalışılmıştır. Hızlı prototiplemenin dünya üzerinde yayılışı gözlemlenerek (şekil 2.8), kullanılan teknolojilere değinilmiştir.



Şekil 2.7 Dünya üzerinde hızlı prototipleme alanında birim satışlar.

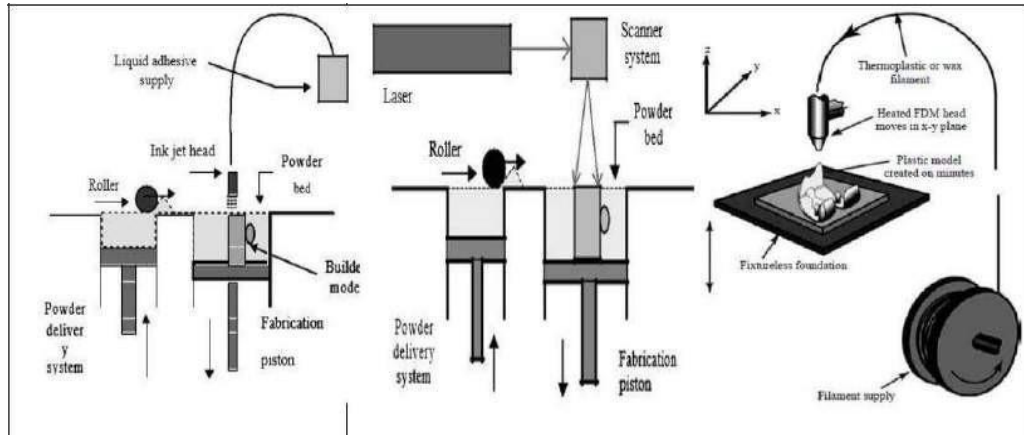
Çizelge 2.1. Hızlı prototiplemede kullanılan teknolojiler.

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

Hızlı prototiplemenin amacı hızlı bir şekilde bilgisayar destekli tasarlanmış olan modelleri, karmaşık şekilli parçaları, doğrudan 3 boyutlu olarak imal edebilmektir. Bu şekilde üretimi gerçekleştirmek için “Katman katman tekniği” kullanılacaktır. Bu yeni yöntem, özellikle cerrahi ve implantoloji alanında diş hekimliğinde dikkatleri çekmiştir (şekil 2.9). Bu çalışmada şu anda diş aletleri oluşturmak için kullanılan tarihsel gelişim ve çeşitli yöntemler anlatılmıştır. Aynı zamanda bu yeni teknolojiyi kullanarak diş hekimliğinin çeşitli dallarında elde edilebilir birçok faydayı ortaya çıkarmak da amaçlanmıştır.

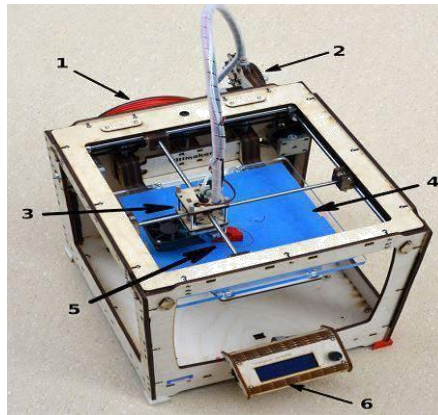
Stereolitografi (SLA): Bu işlemde, yazıcı SLS yazıcı gibi bir fiçı içine ışık ile serleştirilebilen sıvı reçine yüzeyi üzerine bir lazer ışınına odaklanır. Bu durumda, lazer ışını bir mor ötesi ışını olan 3D modelini oluşturuncaya kadar bir seferde bir

katman çizer, ve kür ya da reçine sağlamlaştırılır. SLS teknolojisi bir lazer yardımıyla toz halindeki malzemeyi katmanlar halinde birleştirerek üç boyutlu hale getirir. Bu yöntem, toz haline getirilen, polistiren üzerine bir lazer ışınının odaklanmasıdır, örneğin; seramik, cam, naylon, çelik, titanyum, alüminyum, gümüş katmanlar halinde ışın ona dokunduğunda toz halindeki katmanların (sinterlemiş) kaynaşmasıdır. Bu yöntemin bir avantajı sinterlenmiş toz kalması ve bu kalan sinterlenmiş tozun diğer projeler için tekrar kullanılabilir olmasıdır. FDM işlemi sıcaklık kontrollü bir kafa tabakası ile termoplastik malzeme tabakası ekstrüde edildiği bir hızlı prototipleme (RP) sistemidir. Şekil 2.9'da FDM işleminin şematik hali görülmektedir.



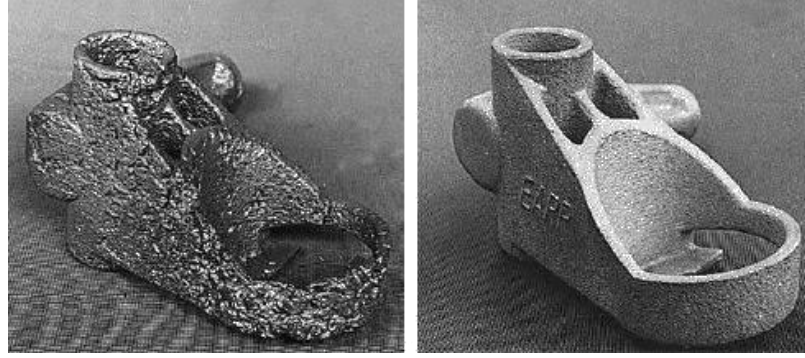
Şekil 2.8 FDM işlem şeması.

Üç boyutlu yazıcıların tıp mühendisliğine olan faydasını değerlendirmek için MR uyumlu bileşenleri oluşturan düşük bütçeli 3 boyutlu baskı teknolojisi test edilmiştir. Bunun için klasik bir 3 boyutlu yazıcı kullanılmıştır (şekil 2.10).



Şekil 2.9 Klasik 3 boyutlu yazıcı.

(İmalat (AM) tekniklerinden biri olan metal döküm (şekil 2.11) teknolojisinin sanayi uygulamaları gözden geçirilmiştir. Kapsamlı bir araştırma ile kavramlar, teknikler, yaklaşım ve çeşitli ticari hızlı döküm (RC- Rapit casting) çözümleri geleneksel döküm yöntemleri ile karşılaştırılmıştır.

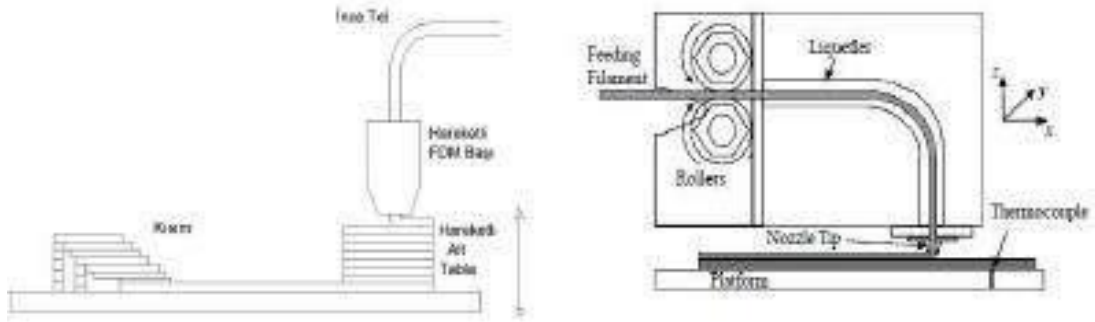


Şekil 2.10 Metal döküm teknolojisi; a) SLS yöntemi kullanılmadan üretilen parça b) SLS yöntemi kullanılarak 3 boyutlu basılan metal parça.

Hızlı prototipleme (RP) insan müdahalesine az ihtiyaç duyulan, bir kaç saat içinde CAD modellerini doğrudan üretebilecek yeni teknolojileri içeren bir terimdir.

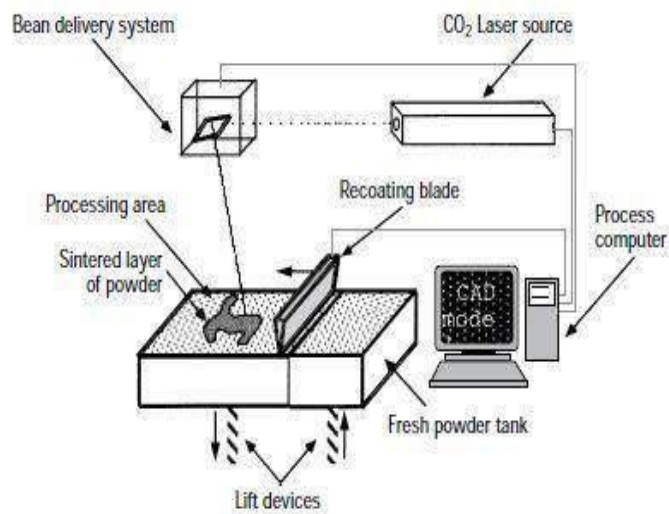
Üç boyutlu prototipleme (SLA): RP teknolojileri arasında en popülerleri belki stereolitografidir. Bu teknoloji ışıqla monomer reçinesi üzerinde dayanır. Bu işlemde bir polimer oluşturulur ve ultraviyole ışığa (UV) maruz kaldığında katılaşır.

Erimiş birikim modelleme (FDM): FDM makinesi, alt-tabaka üzerine bir iplik halinde erimiş malzemenin hareket edebilen bir kafa içinden geçerek akmasıdır. Akıtılan malzeme katmanlar olarak tablaya akıtılır (şekil 2.11) ve yaklaşık 0.1 saniyede katılaşır.



Şekil 2.11 FDM işlemi şematik gösterimi.

1998 yılında doğrudan hızlı takımların kullanımı hakkında mevcut araştırmalar makale haline getirilmiştir. Bu çalışmada yeni hızlı prototipleme (RP) yöntemleri sayesinde imalat sanayisine kazandırılan avantajlardan bahsedilmiştir. Burada hızlı prototipleme yöntemi olarak SLS (Selective laser sintering) yöntemine değinilmiştir (şekil 2.12). Hızlı prototipleme sayesinde üretimin hız kazanmış olması ve maliyetlerin azaltıldığı anlatılmıştır.



Şekil 2.12 SLS ekipmanının şematik gösterimi.

BÖLÜM 3

CORE XY 3D PRINTER TASARIMI VE ÜRETİMİ

3.1 ÇALIŞMANIN İŞLEM BASAMAKLARI

Bu çalışmada;

- Geleneksel imalat yöntemi ile üç boyutlu yazıcı tasarımı ve mekanik montajı,
- Üç boyutlu yazıcının elektronik montajı ve bilgisayarla bağlantısı,
- Üç boyutlu yazıcının kontrol programı kullanımı,
- Yeni yazıcı elemanlarının üretimi,
- Yeni yazıcının montajı ve kontrolü, gerçekleştirilmiştir.

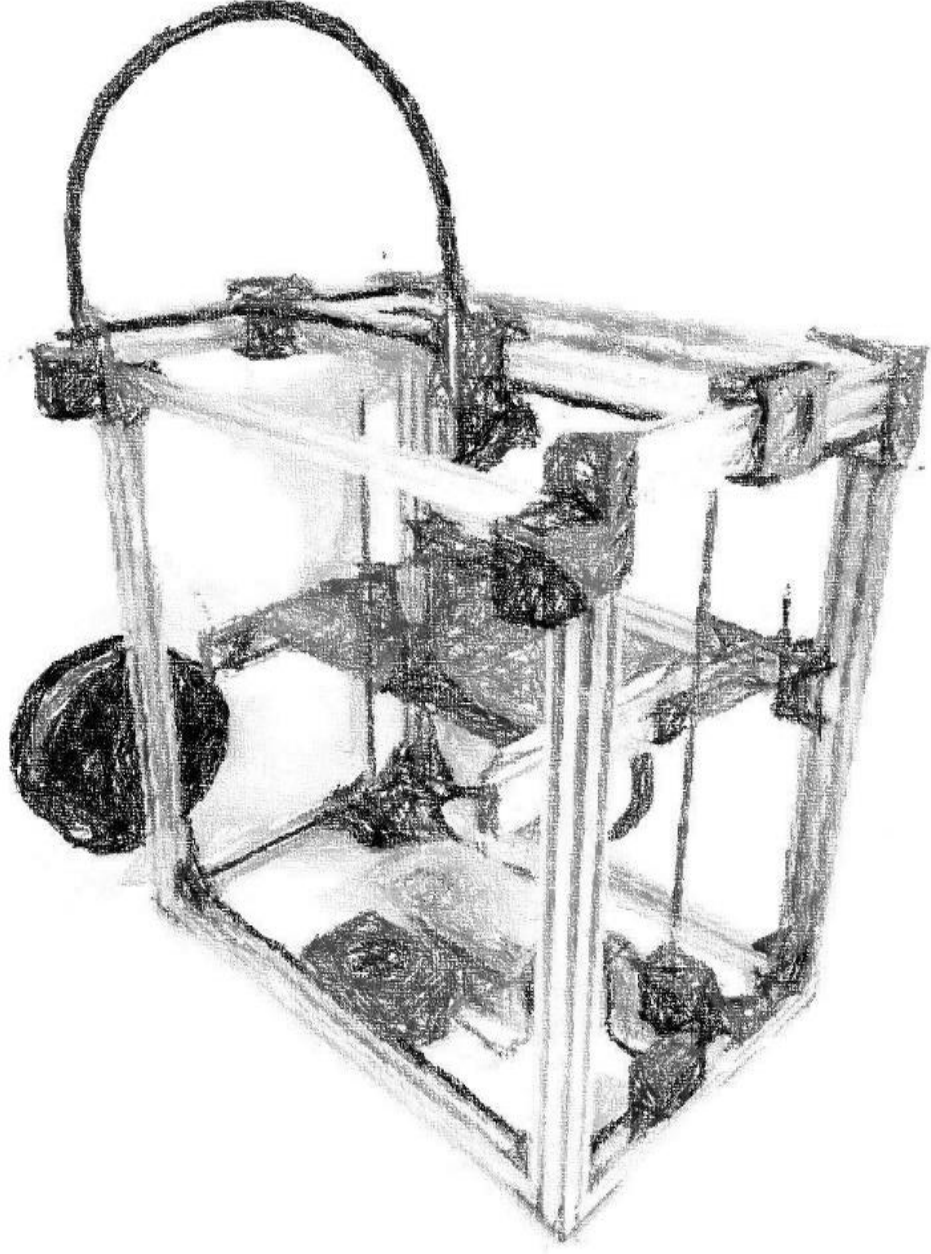
3.2 ÇALIŞMANIN BEKLENTİLERİ

- Plastik ürünler için üç boyutlu yazıcıların tasarım ve inşasını öğrenme,
- Plastik ürünler için üç boyutlu yazıcıların elektronik bağlantılarını öğrenme,
- Plastik ürünler için üç boyutlu yazıcıların kontrolünü öğrenme,
- Üç boyutlu yazıcılarda üretim için plastik ürünlerin tasarımını öğrenme,
- Üç boyutlu yazıcılarda plastik ürünlerin üretimini öğrenme,

3.3 ÜÇ BOYUTLU YAZICI TASARIMI

Geleneksel yöntemlerle üretilmiş bağlantı parçaları tersine mühendislik tekniği uygulanarak yeniden modellenmiştir. Geleneksel yöntemler kullanılarak üretilmiş parçaların üzerinden delik merkezlerinin uzaklıkları ve delik çapları ölçülerek üç boyutlu yazıcıda üretilecek yeni parçalar tasarlanmıştır. Üç boyutlu yazıcıda üretilecek parçaların geometrileri daha karmaşık olup aynı zamanda daha az malzeme

kullanılabilecek şekilde tasarlanmıştır. Tersine mühendislik uygulanarak tasarlanan yeni parçalarla yapılan tasarımın görünüşü (şekil 3.1) de görülmektedir.



Şekil 3.1 3D Yazıcı Tasarımı

3.4 ÜÇ BOYUTLU YAZICININ MEKANİK PARÇALARI

3.4.1 Extruder

Filament'i ısıtıcı uca doğru iten mekanizmaya extruder denmektedir (şekil 3.2). Extruderler kalınlığı 1.75 mm ile 3 mm arasında olan malzeme ile çalışabilecek yapıdadırlar.



Şekil 3.2 MK8 Extruder

3.4.2 Kayış ve Kasknaklar

Üç boyutlu yazıcılarda çoğunlukla „GT2“ kayışı ve buna uygun kasknaklar kullanılmıştır. Poliüretan maddeden oluşan kayışın yapısı ve dişleri kimyasallara ve kirletici maddelere karşı direnç sağlamaktadır. Tekrar gerdirme ve yağlama gerektirmez. Uzun çalışma ömrüne sahiptir. Extruder'ın hareket mekanizmasını oluşturur. Bu nedenle kaliteli olmayan bir kayış 3d baskıda hata payını yükseltir.

3.4.3 Lineer Rulmanlar

Lineer rulmanlar, plastik parçalar ile montajlanarak z eksenindeki hareketin sürtünmesiz olmasını sağlamaktadır. Katmanlar halinde üretim yapıldığından z ekseninde kullanılan rulmanların sürtünmesiz hareketleri üretilen parçanın kalitesine zarar vermez

3.4.5 Bağlantı Elemanları (Civatalar, Miller, Somunlar ve Pullar)

Bu çalışmada çeşitli uzunlukta M3-M4-M5 civatalar ve buna uygun pullar ve somunlar kullanılmıştır.

3.4.6 V-Yuvalı Ekstrüzyonlar

- 20x40mm V-yuvalı Korkuluk parçaları

(4) 520mm'de - A, B, C, D

(1) 463 mm'de – G

(1) 488 mm'de - R

(1) 448 mm'de - Q

(2) 333 mm'de - E, F

(2) 313mm-O, P'de

- 20x20mm V-Yuvalı Korkuluk parçaları

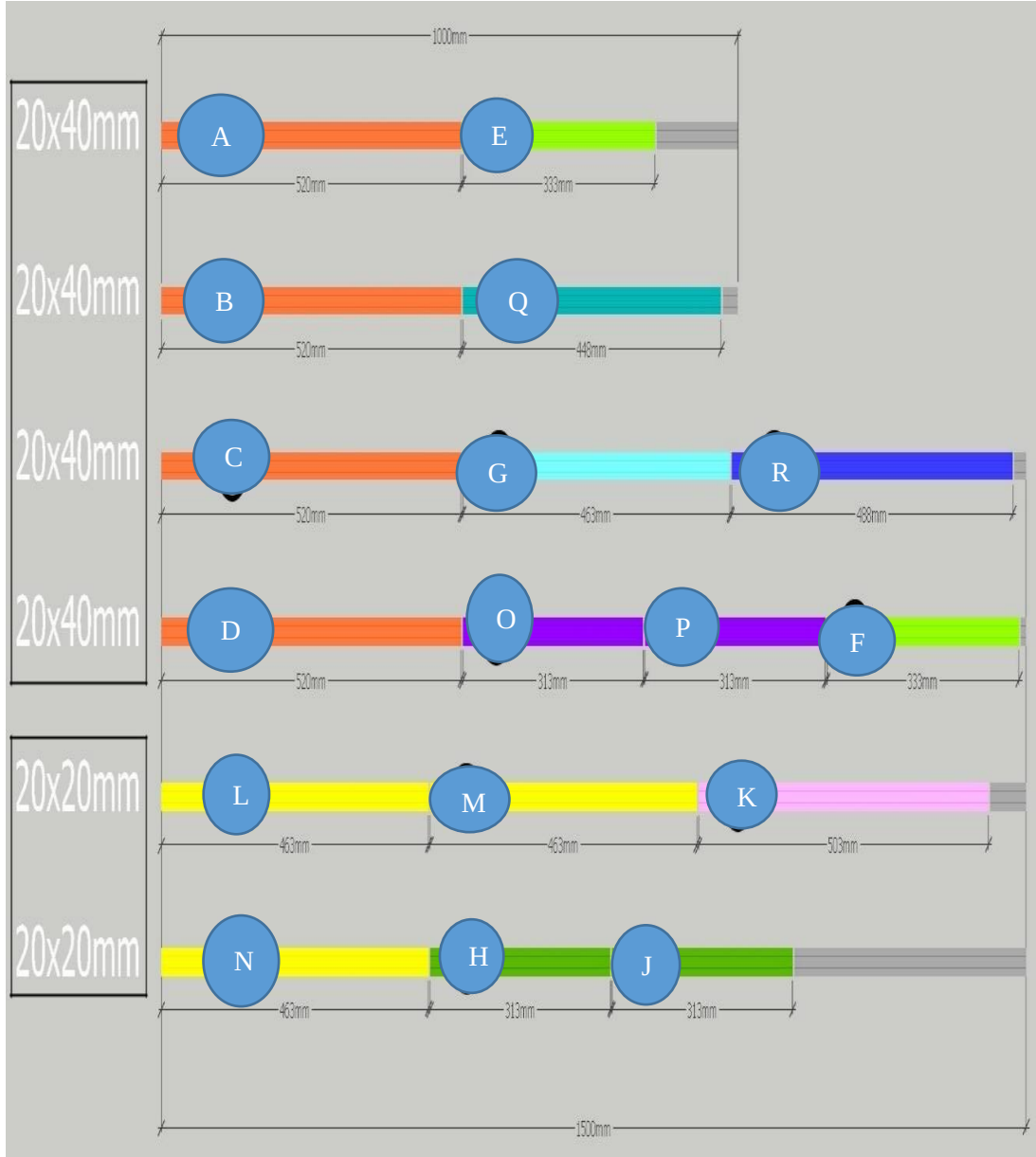
(3) 463 mm'de - L, M, N

(1) 503 mm'de - K

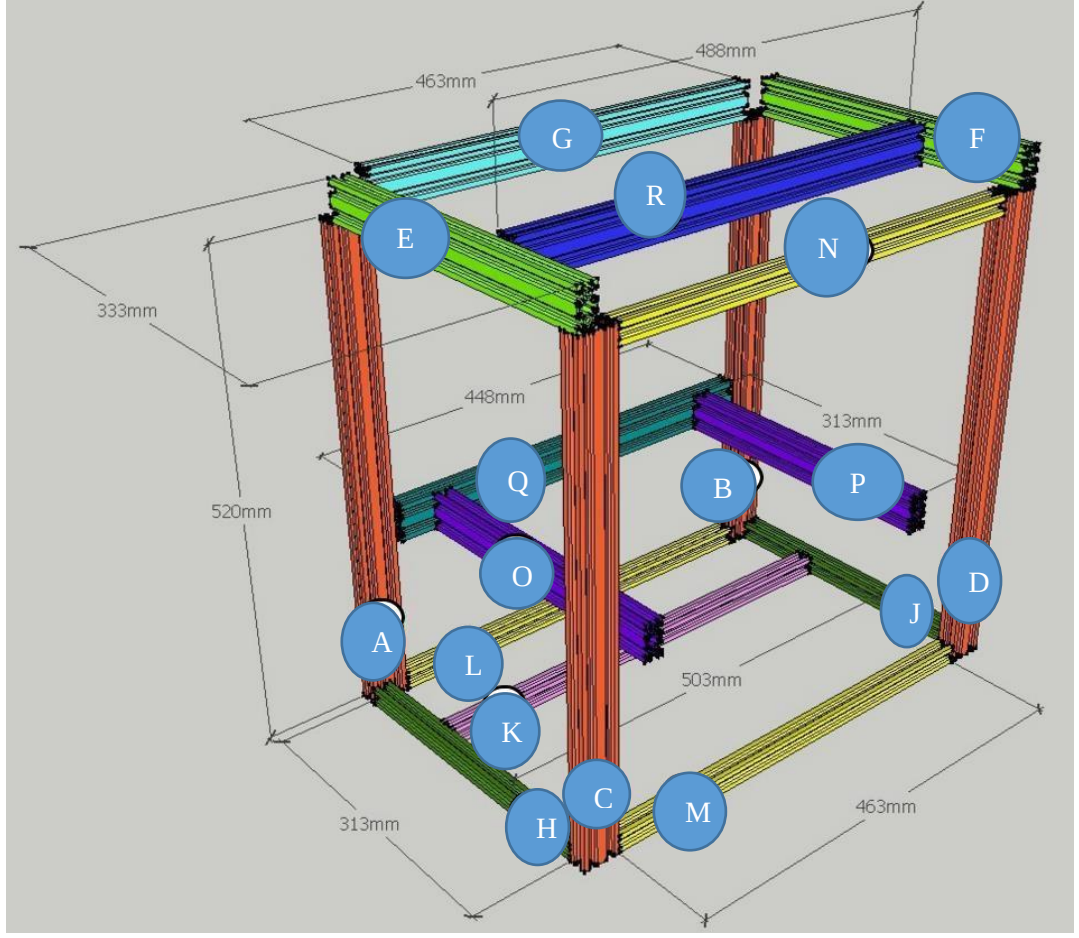
(2) 313 mm - H, J

3.5 MEKANİK ÖN MONTAJ

V-yuvalı korkuluk diyagramı şekil 3.3'te boyutsal ölçüleri ve harflerle isimlendirilmesi yapılmıştır. [16]



Şekil 3.3 V-yuvalı korkuluk diyagramı



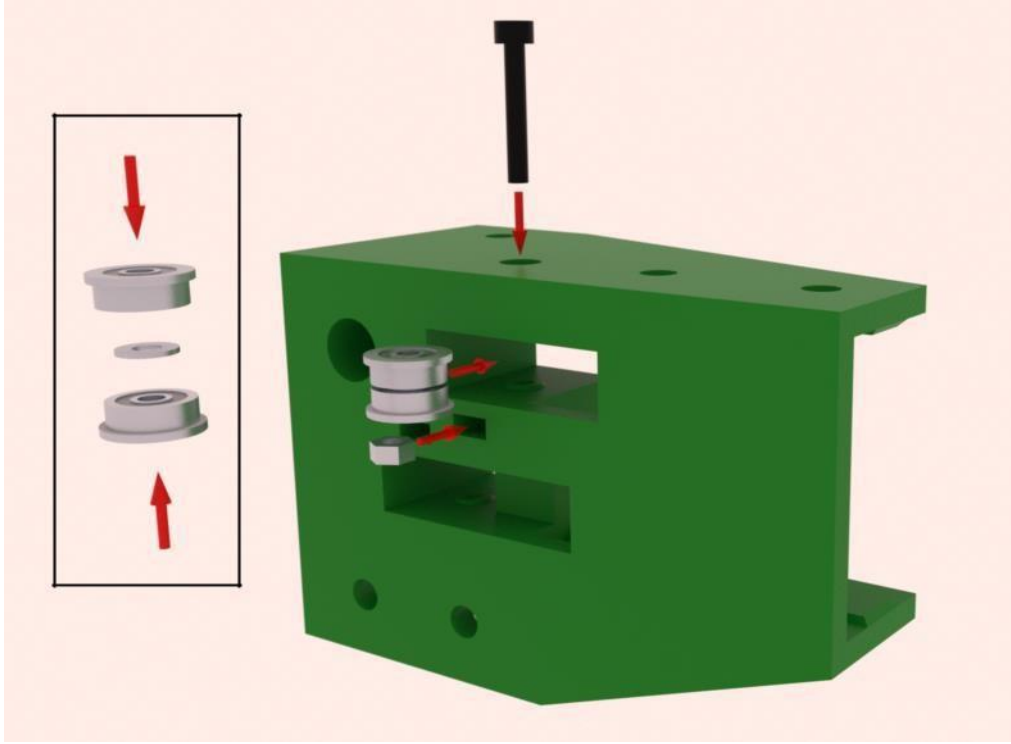
Şekil 3.4 V-Yuvalı Ekstrüzyonların montaj ölçüleri

3.3.1 Arka Rölanti Rulmanları

Şekil 3.5'te gösterildiği gibi rölanti rulman tertibatlarını arka sol ve sağ avara takımlarına (4 konum) takın. Rölanti rulmanı kompleksi: (cıvata> plastik> flanş rulmanı> rondela> flanş rulmanı> plastik> somun), her bir arka avara takımına monte edilmiştir Konut. Bir cıvata üstten takılır ve biri aşağıda yerleştirilir. Alt boşta cıvataya çerçeve montajı yapıldıktan sonra erişilemez. [16]

Gerekli Parçalar:

- (8) F623ZZ Flanşlı Rulmanlar
- (4) M3 25mm cıvatalar
- (4) M3 Fındık (standart)
- (4) M3 pullar



Şekil 3.5 Arka İğneli Rulman Montajı

3.3.2 H-Bar End Idler Rulmanları

Şekil 3.6’da gösterildiği gibi rölanti rulman tertibatlarını sol ve sağ H Bara Uçlarına takın. H-Bar asansörlü yatak düzeneği: (cıvata> pul> plastik> flanş rulmanı> pullar> flanş rulmanı> plastik> yıkayıcı> Naylon somun), her H Bar ucuna monte edilir. Bir cıvata üstten takılır ve biri aşağıda yerleştirilir. [16]

Gerekli Parçalar:

(8) F623ZZ Flanşlı Rulmanlar

(4) M3 25mm cıvatalar

(4) M3 Somunlar (nylock)

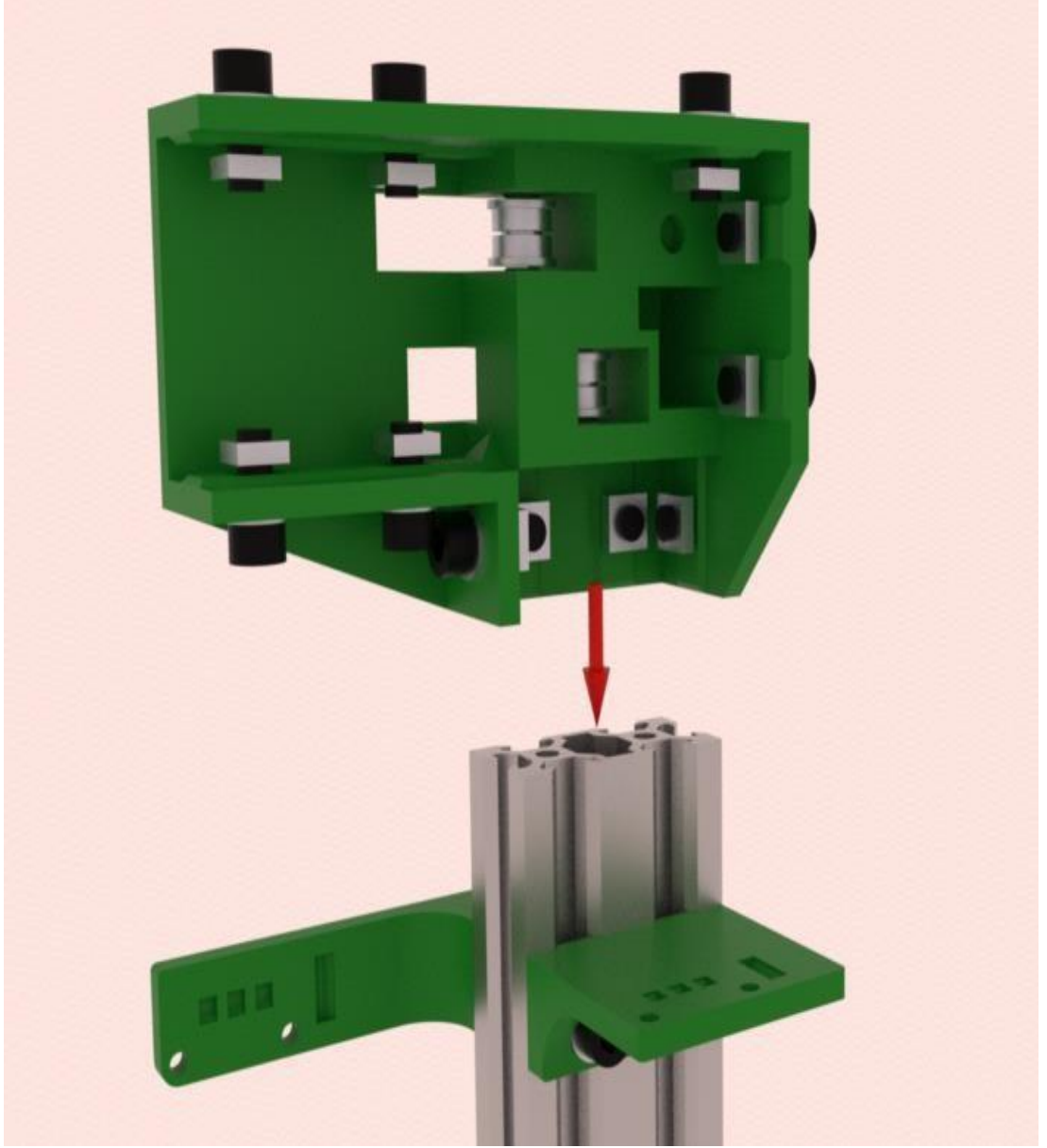
(12) M3 pullar



Şekil 3.6 H-Bar End Idler Rulman Montajı

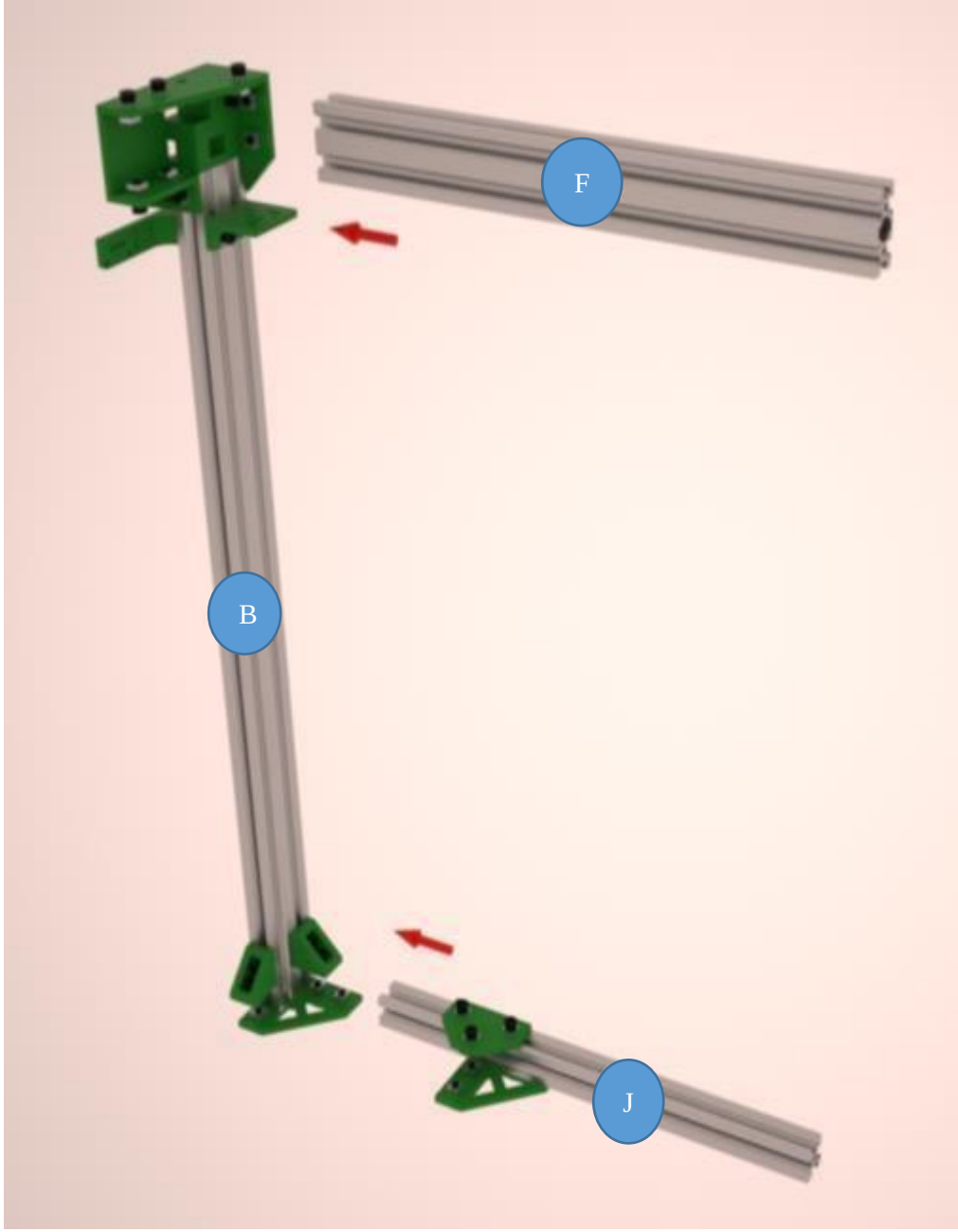
3.3.3 Çerçeveyi Birleştirme

Gerekli olan her plastik çerçeve bölümüne bir M5 pulu ile M5 10 mm cıvata koyun ve cıvatanın ucuna kare somun koyun. Şu anda açma deliklerine takılan 14 cıvatayı bırakın. Bazı M5 cıvata montaj yerleri gömme deliklidir ve M5 pullarına gerek yoktur. Somunlar ve cıvatalar plastik parçalara yerleştirildiğinde, Şekil 3.7’de gösterildiği gibi her bir parçayı açık uçtan V-yuvası rayına kaydırın. Kare somunların V-yuvası uçları ile sıralanması gerekir.



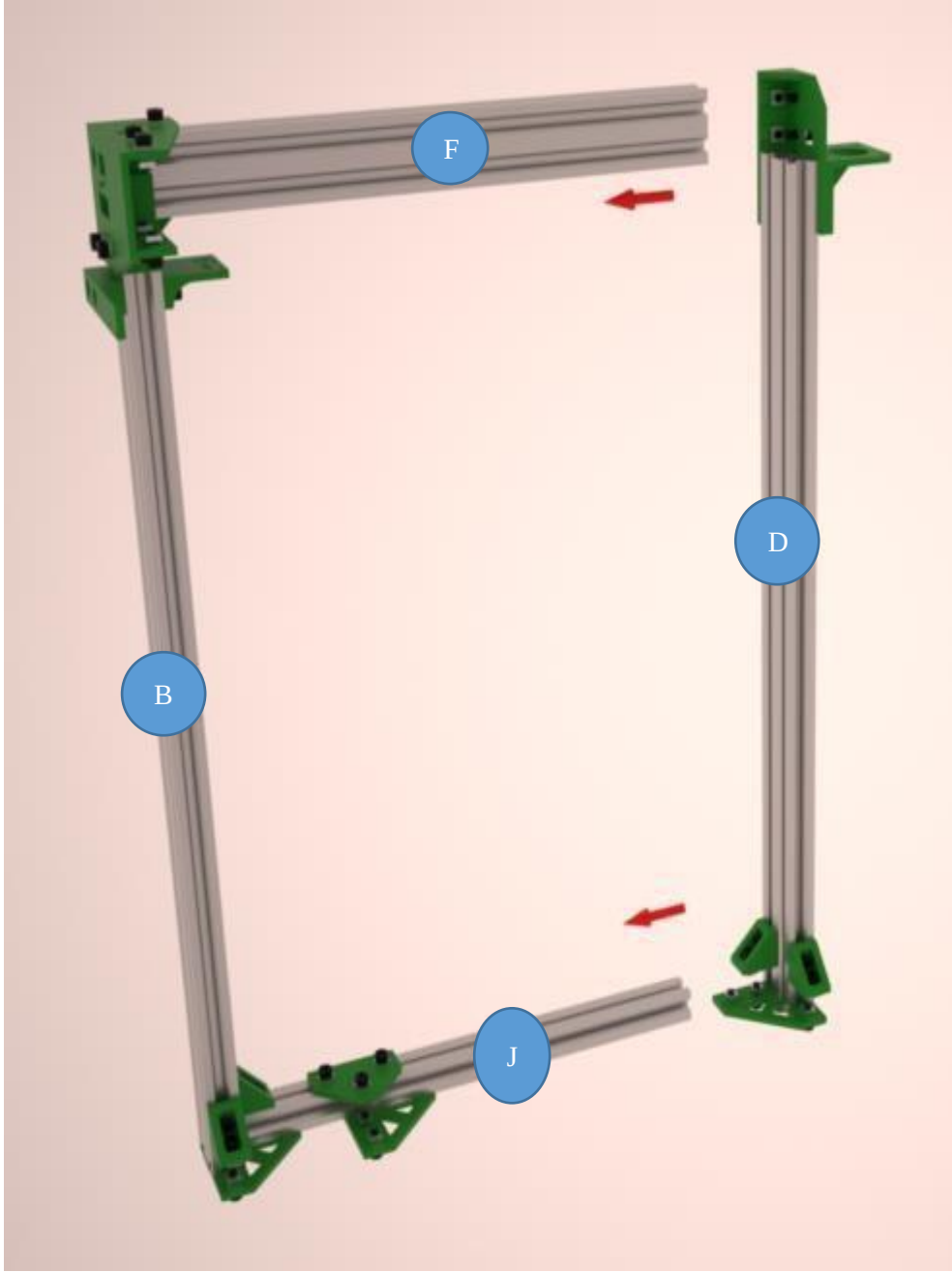
Şekil 3.7 V-Yuvası ve kare somun hizalama

- İki Köşeli Braket ve bir adet 3x3 Plakayı Ray B'ye takın.
- Ray II üzerine 2x1Plaka ve 3x3Plakayı takın.
- Rayları F ve J'yi Ray B'ye takın.
- Şekil 3.8 Sağ Yan Çerçeve Montajı gösterilmiştir.



Şekil 3.8 Sağ Yan Çerçeve Montajı

- Sağ Motor Montaj, iki Köşeli Braket ve bir adet 3x3 Tabakayı Ray D'ye takın.
- Çerçevenin sağ tarafını tamamlamak için Ray D'yi takın.
- Şekil 3.9 Sağ taraf çerçeve montajı gösterilmiştir.



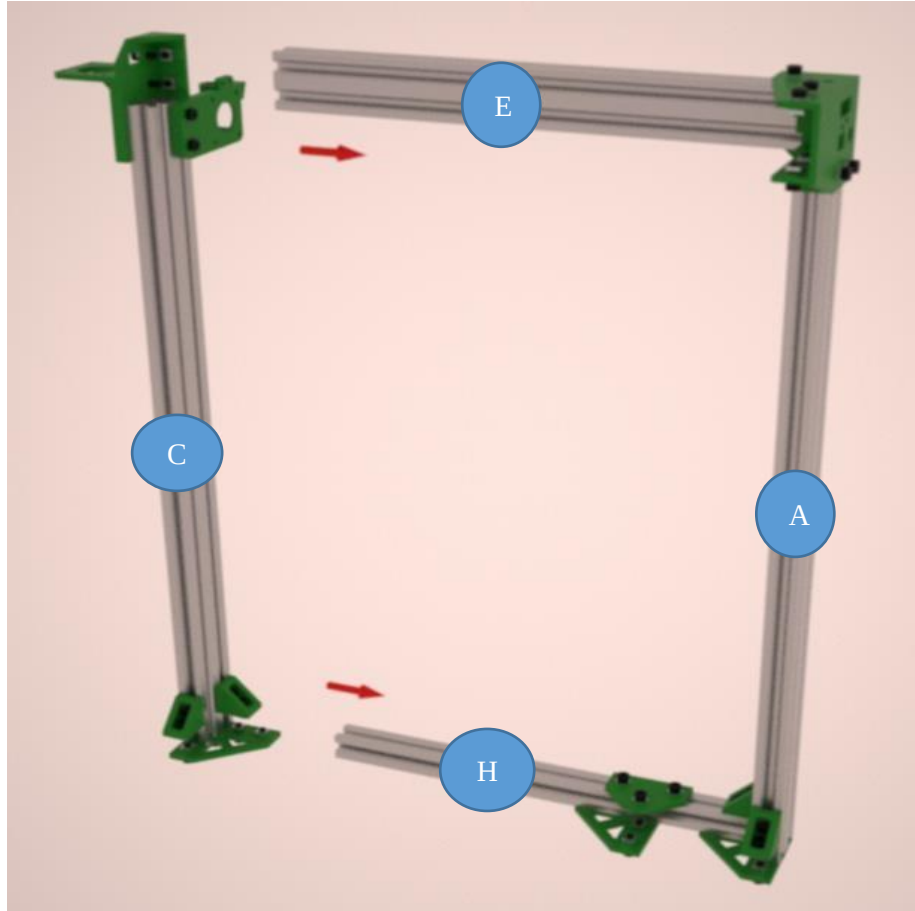
Şekil 3.9 Sağ taraf Çerçeve Montajı

- Makara tutucusunu C rayına takın. Makara tutucusu, Şekil 3.10 gösterildiği gibi bir M5 75mm cıvata, bir M5 somun kilidi somunu, bir M5 15 mm yıkayıcı ve bir M5 kare somunu içermektedir.



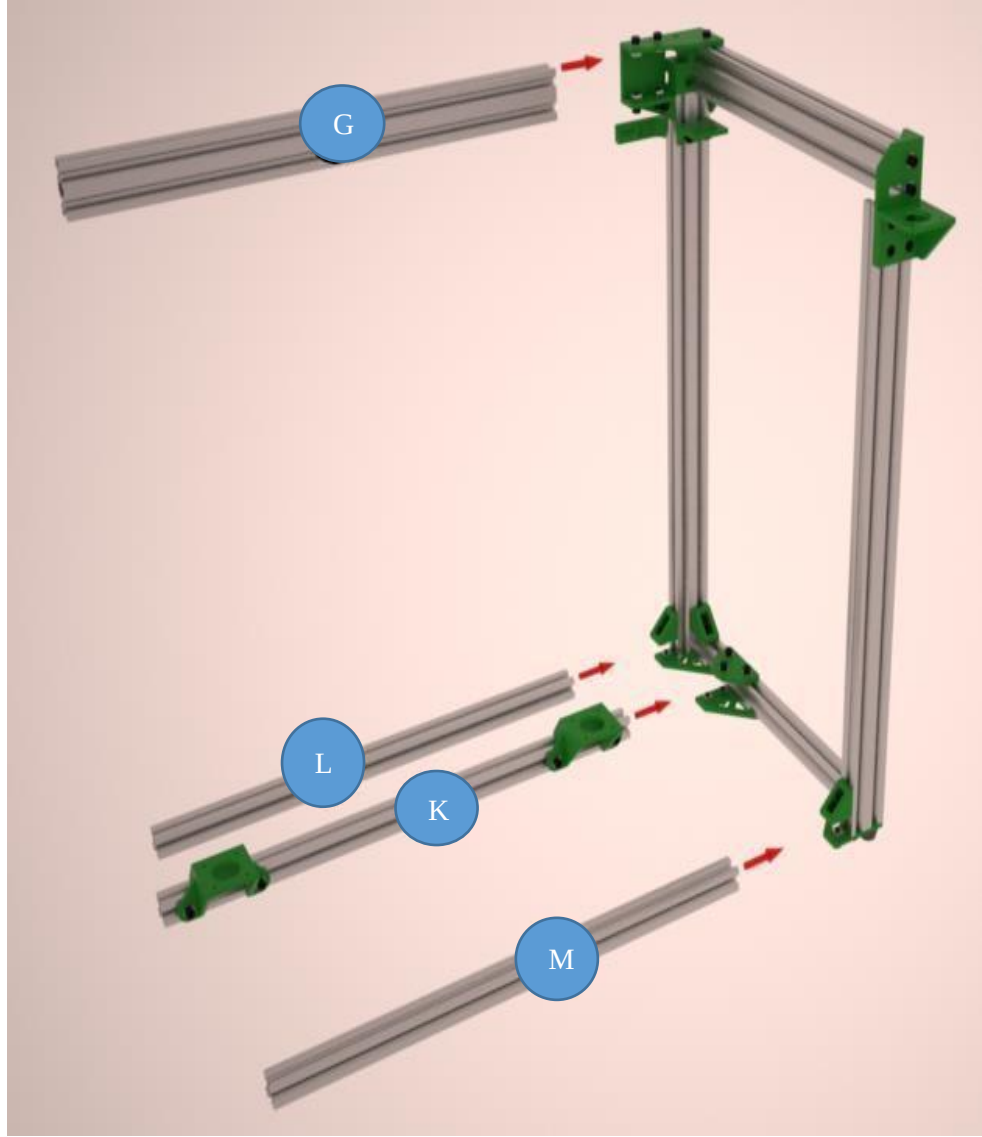
Şekil 3.10 Makara Tutucu

- Sol Motor Yuvası, Ekstrüzyon Cihazı Köşesi, İki Köşeli Köşeli Parantez ve bir adet 3x3 Tabakalı C rayına takın.
- Çerçevenin sol tarafını tamamlamak için Ray C'yi takın.
- Şekil 3.11 Sol taraf devamı gösterilmiştir.



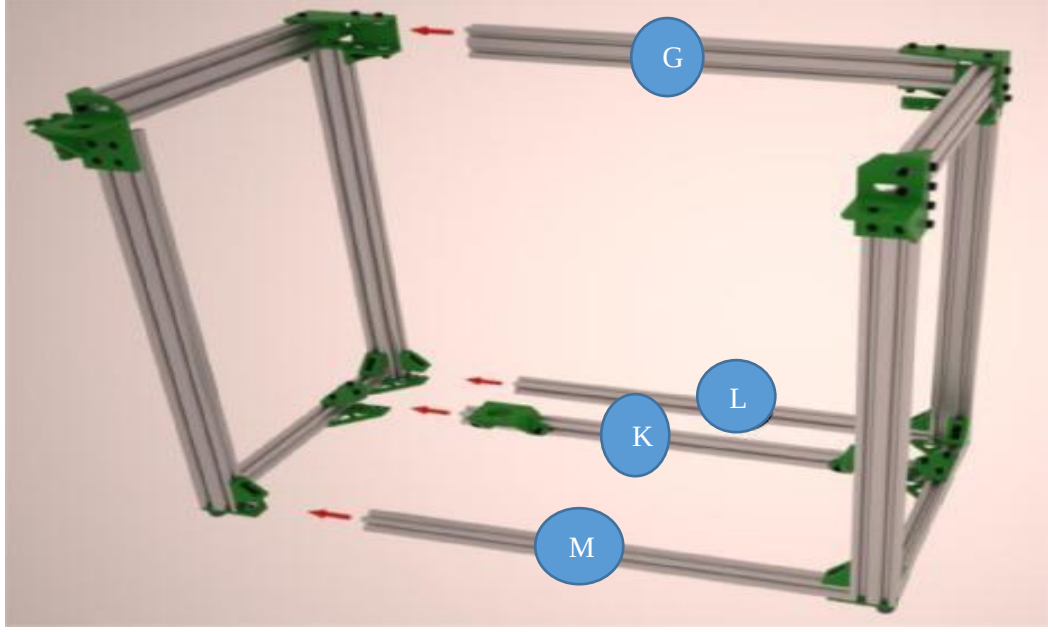
Şekil 3.11 Sol taraf devam ediyor

- Ray K'ya iki Z motoru Montajı takın.
- Rayları G, L, K ve M'yı sağ yan çerçeve düzeneğine takın.
- Şekil 3.12 Orta Ray Montajı gösterilmiştir. [16]



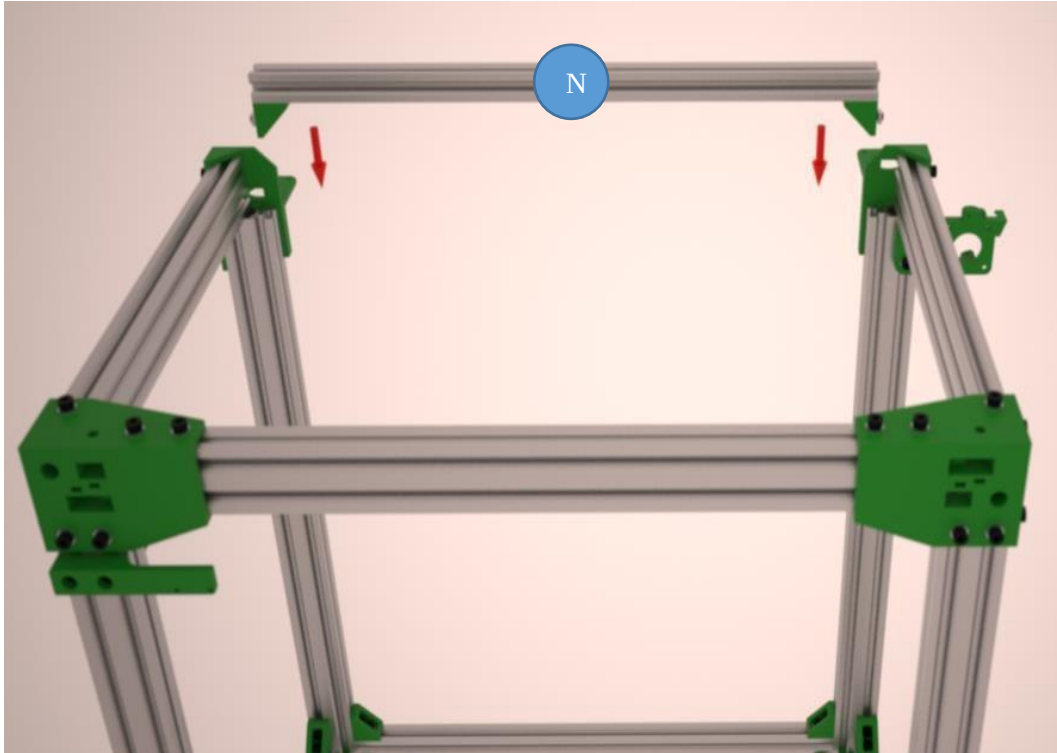
Şekil 3.12 Orta Ray Montajı

- Rayları G, L, K ve M'yi Sol yan çerçeve düzeneğine takın.
- Şekil 3.13 Sol ve sağ taraflar gösterilmiştir.



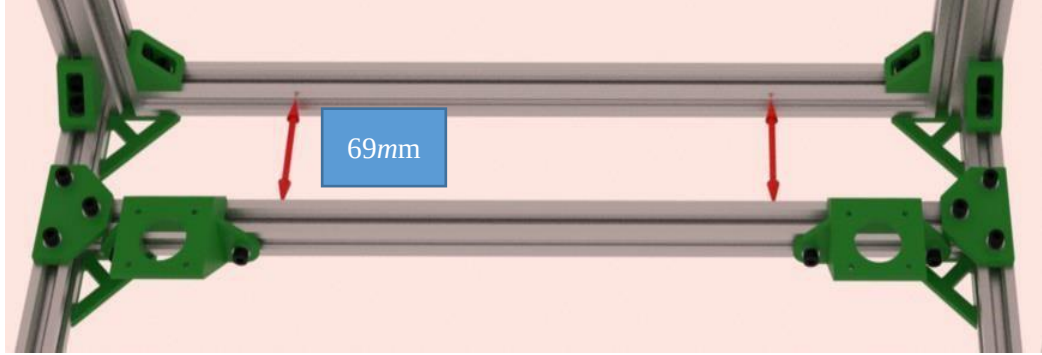
Şekil 3.13 Sol ve sağ taraflar

- İki Köşeli Braket'i Ray N üzerine takın.
- Ray N'yi çerçeve düzeneğinin önüne takın.
- Şekil 3.14 Orta ön ray gösterilmiştir.



Şekil 3.14 Orta ön ray

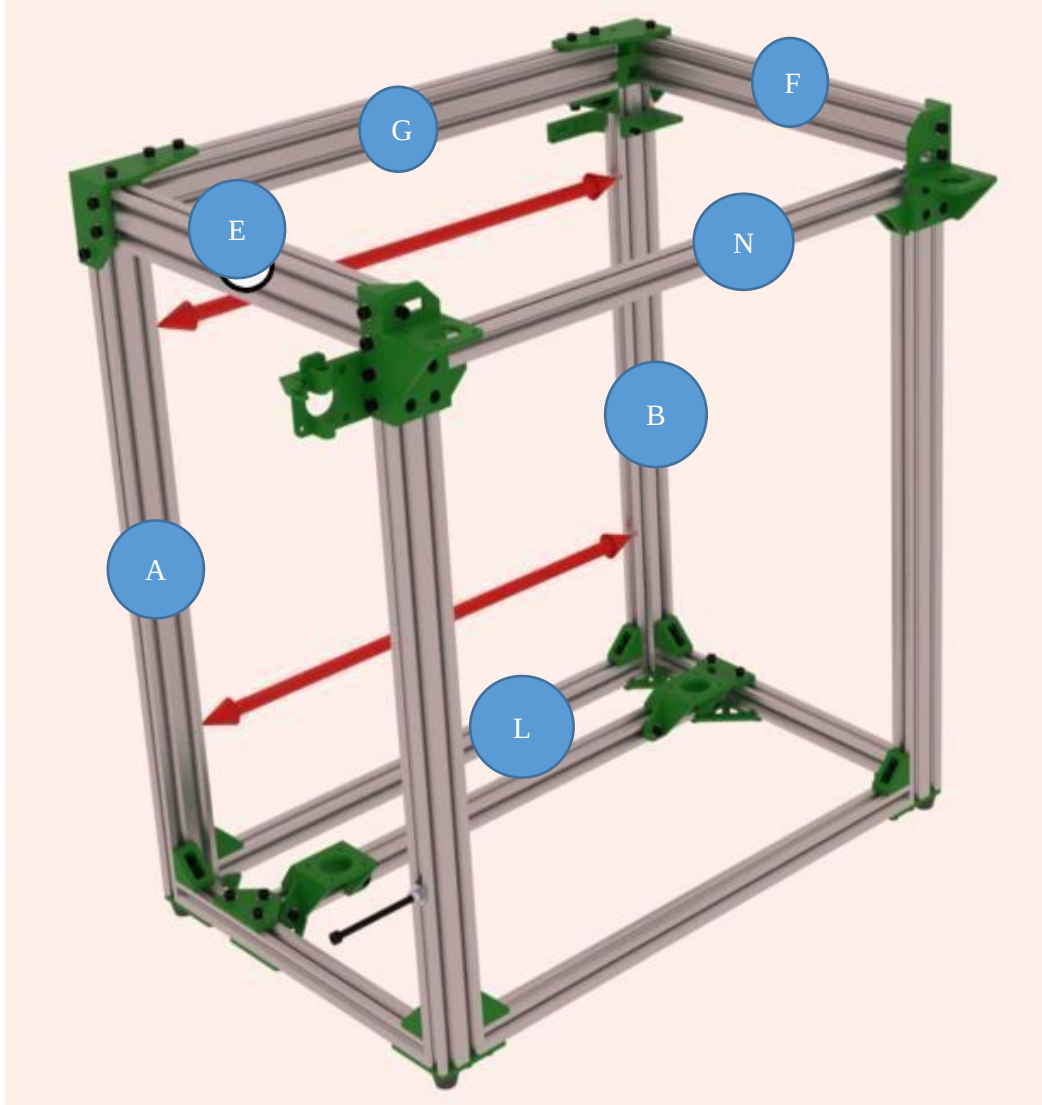
Şekil 3.15 montaj mesafesi gösterilen profilleri ayarlayınız.



Şekil 3.15 montaj mesafesi

- M5 10 mm'lik cıvatalarla dört lastik ayağı tabanın dört köşesine takın.
- Şekil 3.16 da gösterilen tapa uçlarına (14 total) vidalanan kalan cıvataları takın.
- Tüm M5 çerçeve cıvatalarını sıkıca sıkın, ancak plastik parçaların çatlamasına neden olacak kadar sıkı sıkmayın.
- Çerçevenin üstünde ve altında A ve B rayları arasında ölçün, iki rayın 0,5mm içinde paralel olduğunu doğrulayın. A ve B raylarını paralel hale getirmek için, alttaki köşe parantezleri veya arka avadanlıkları ayarlamaları yapmak için gevşetin ve Ray L veya G'nin ucuna hafif bir boşluk bırakın.
- Rayları E ve F arasında aynı tekniği kullanarak ölçün, Raylar E ve F'nin 0,5mm içinde paralel olabilmesi için Raylar G veya N'nin sonundaki boşlukları ayarlayın.

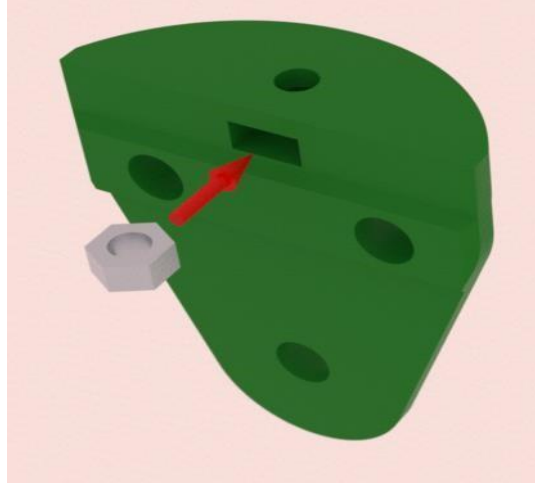
Şekil 3.16 Birleştirilmiş çerçeve gösterilmiştir.



Şekil 3.16 Birleştirilmiş Çerçeve

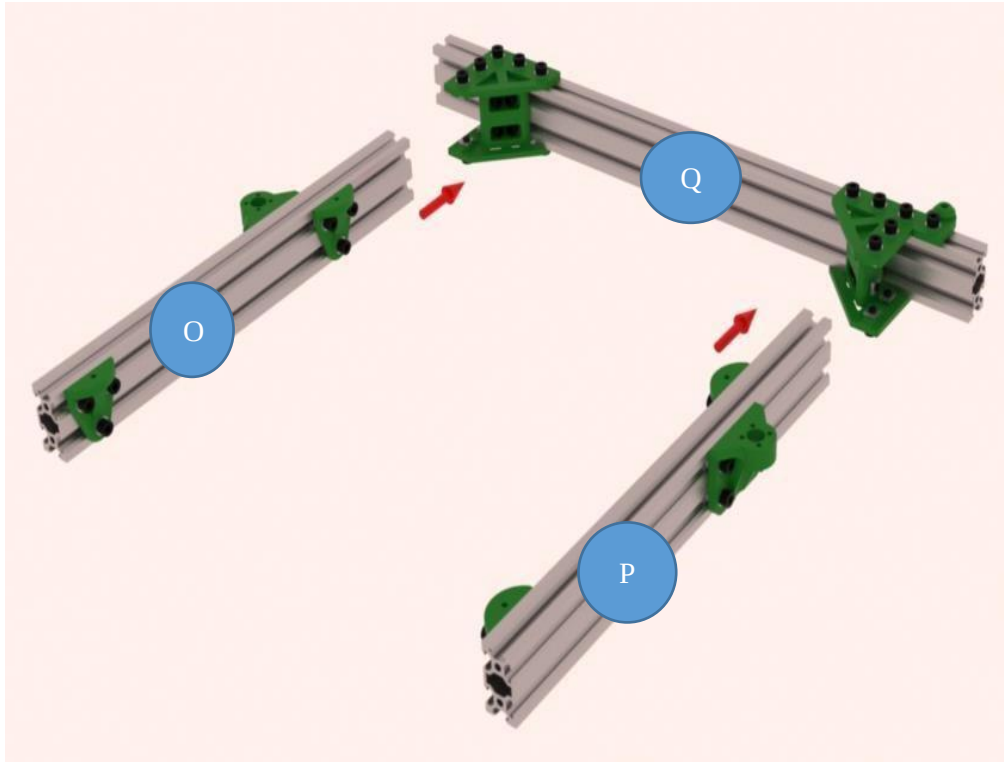
3.3.4 Z Platformu Montajı

- Dört yatak desteğinin her birine standart bir M3 somunu yerleştirin.
- Şekil 3.17 Yatak Desteği gösterilmiştir



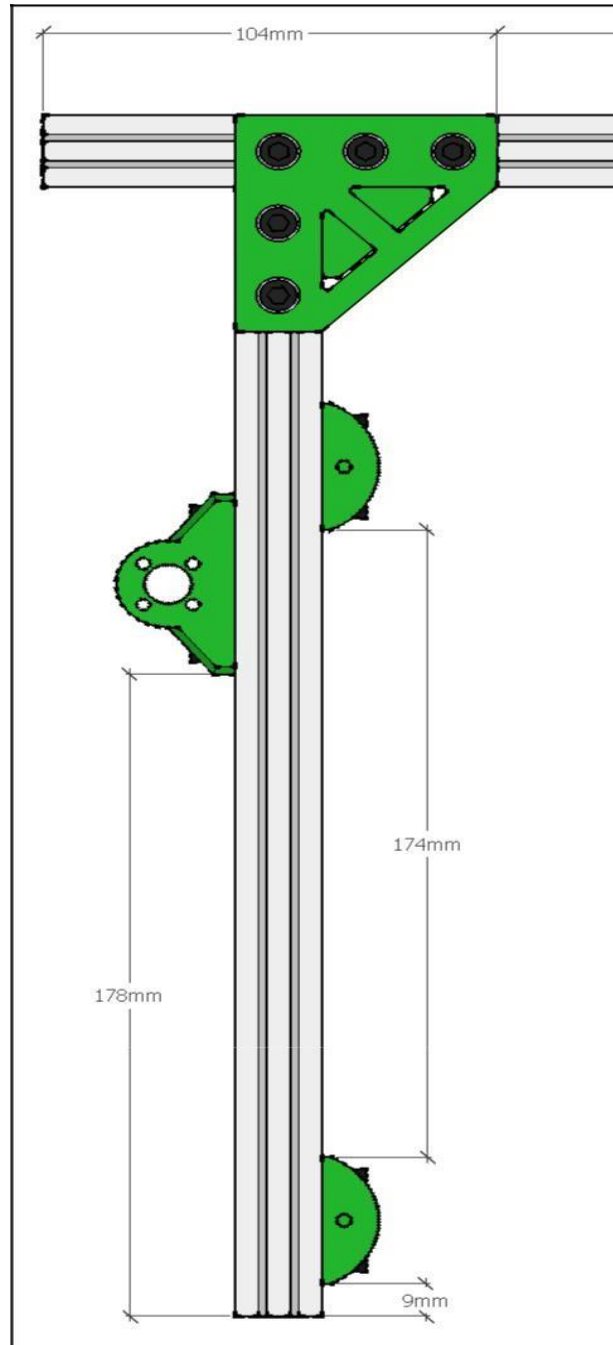
Şekil 3.17 Yatak Desteği

- Dört adet 3x3 Tabak, dört Köşe Tırnağı ve Z Bitiş Cıvatası Tren Q'ya takın.
- Ray O'ya iki Yatak Desteği ve Bir Kurşun Vida Braketi takın.
- Sisteme iki Yatak Desteği ve Bir Kurşun Vida Braketi takın.
- R ve O'ları Rail Q'ya takın.
- Şekil 3.1 Z Platformu çerçeve düzeneği gösterilmiştir.



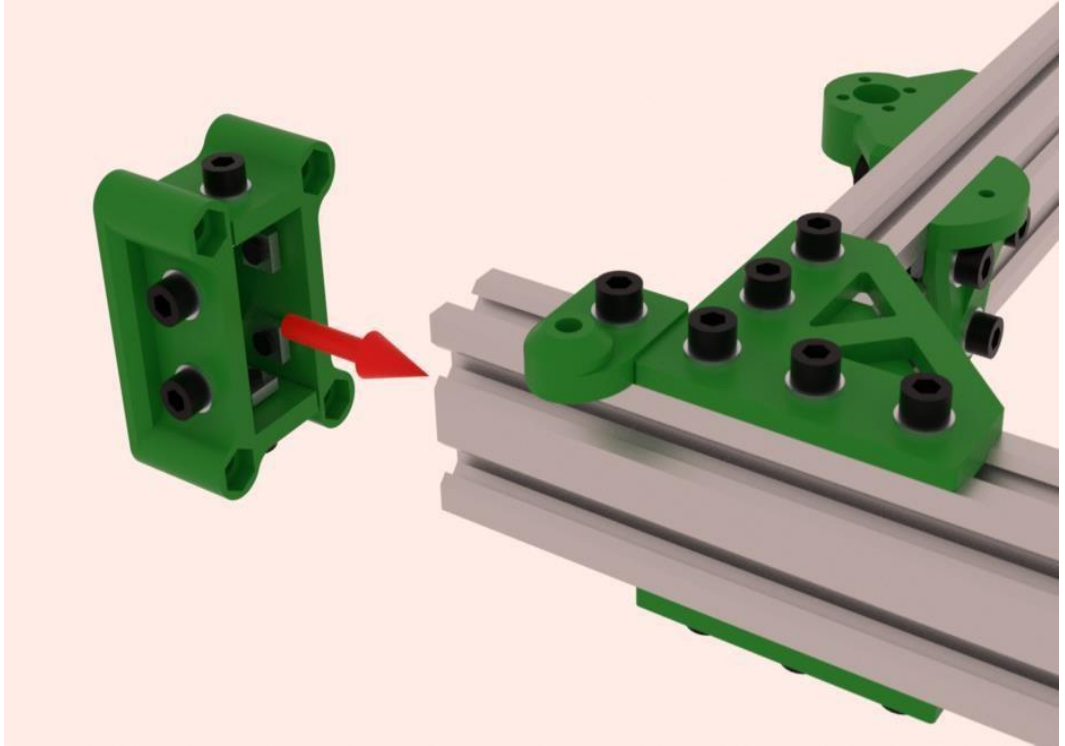
Şekil 3.18 Z Platformu Çerçeve düzeneği

- Z platform parçalarını şekil 19'a göre ayarlayın. Her iki taraf da simetriktir.
- Demiryolu O ve R hattı arasındaki mesafenin 317 mm olduğunu doğrulayın.
- Şekil 3.19 Z Platform boyutları gösterilmiştir.



Şekil 3.19 Z Platform Boyutları

- Raylı Sistem Q'ya dört Z Tekerlek Kılavuzunu takın (her iki uçta iki tane). Z cıvatalarını hafifçe sıkıştırın, son ayarlama ve sıkma, Z platformu ereve içine hizalandıktan sonra gerçekleşir.
- şekil 3.20 Z Tekerlek kılavuzu kurulumu gösterilmiştir.



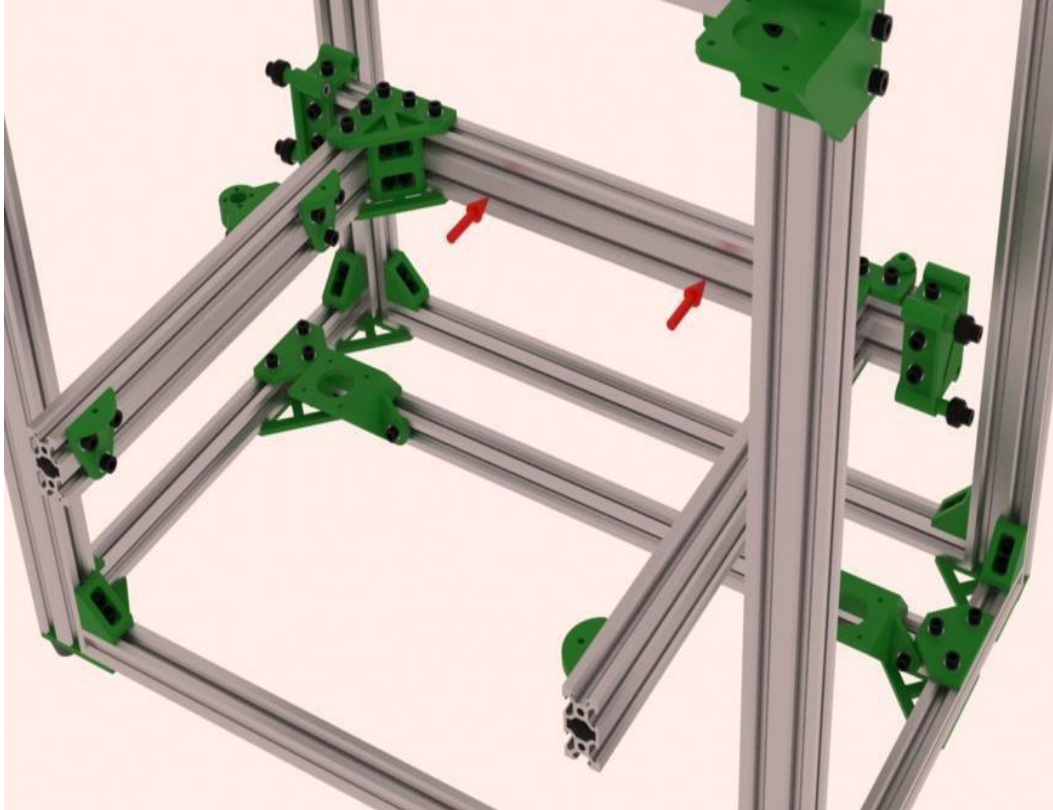
şekil 3.20 Z Tekerlek Kılavuzu Kurulumu

- ne bakan Z Tekerlek Kılavuzlarına dört tekerlek takın. Z platformunun takılmasından sonra kullanılacak dört arka tekerleğin bir kenara koyun.
- Gerekli Parçalar:
- (8) Tekerlek niteleri
- (8) M5 somunlar
- (8) Tekerlekli Taşıyıcılar
- (8) M5 40mm Cıvatalar
- şekil 3.21 Z Tekerlek montajı gösterilmiştir.



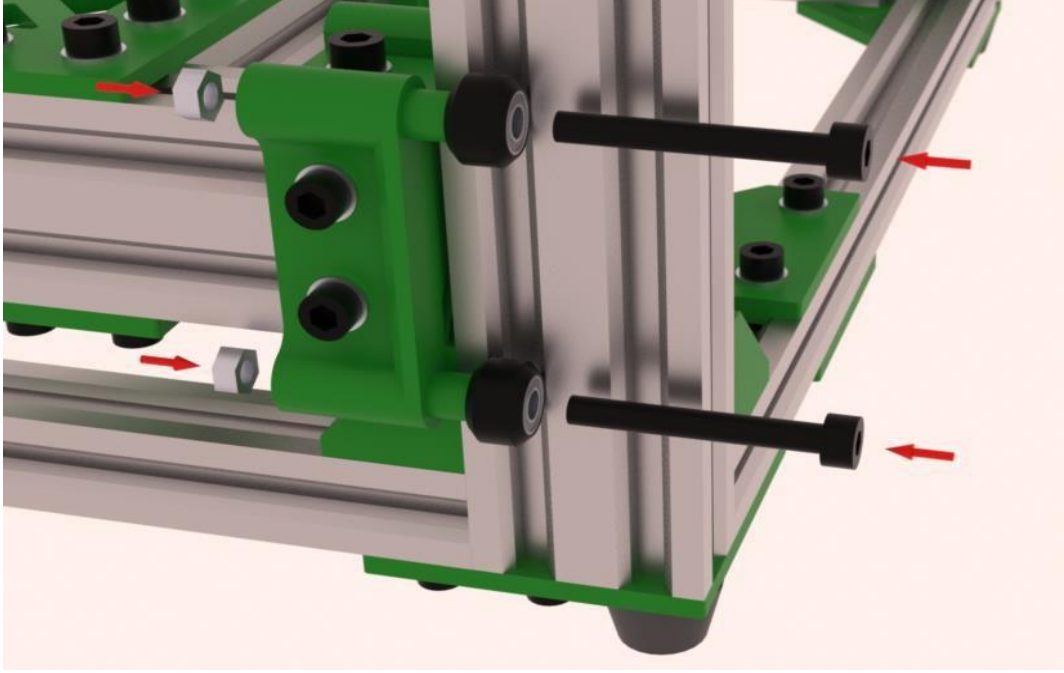
Şekil 3.21 Z Tekerlek Montajı

- Z platformunu çerçeveye takın, platformu Z motorları üzerine monte edin.
- Arka bacaklarla dört Z tekerleğini hizalayın. Z Tekerlek Kılavuz cıvatalarını gevşetin ve Z tekerleklerini bacaklardaki V yuvalı oluklarla hizalamak için gerektiği gibi ayarlayın.
- Şekil 3.22 Çerçeveye Z platform montajı gösterilmiştir.



Şekil 3.22 Çerçeveye Z Platform montajı

- Arka Z Tekerlek Kılavuzlarına dört tekerlek takın.
- Şekil 3.23 Arka Z Teker montajı gösterilmiştir.



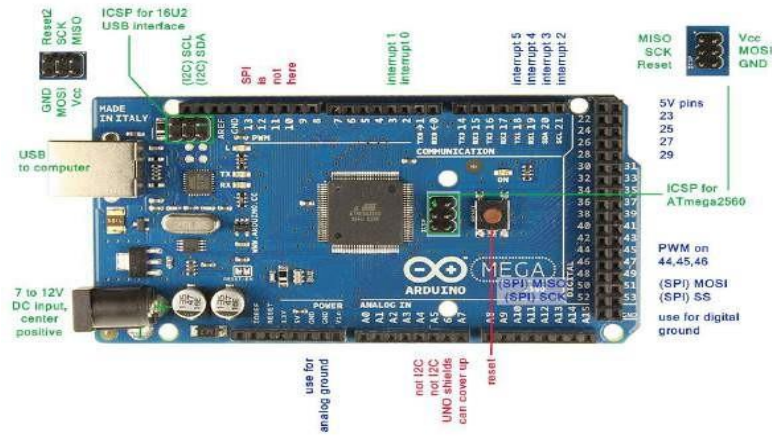
Şekil 3.23 Arka Z Teker montajı

3.4 ELEKTRONİK KONTROL

Üç boyutlu yazıcı için gerekli elektronik ekipmanlar bu bölümde anlatılmıştır.

3.4.1 Arduino Mega 2560

3 Boyutlu yazıcının beynidir. Komut gönderen karttır. 16 analog girişi, 4 UART (serial port), 16 MHz kristal osilatörü, USB bağlantısı, adaptör girişi, ICSP çıkışı ve bir reset butonu vardır. Arduino Duemilanove ve Diecimila için tasarlanmış tüm eklentilere(shield) uyumludur.



Şekil 3.24 Arduino Mega 2560 R3

Kart 6-20V arasında bir harici kaynaktan beslenebilir. Eğer 7Vun aşağısında besleme kullanılırsa 5V çıkış pini 5V veremez ve kart dengesiz çalışabilir. 12V'tan yukarı bir harici güç kaynağı kullanılırsa voltaj regülatörü fazla ısınıp karta zarar verebilir. Dolayısıyla 7 ila 12 Volt kullanılması önerilir.

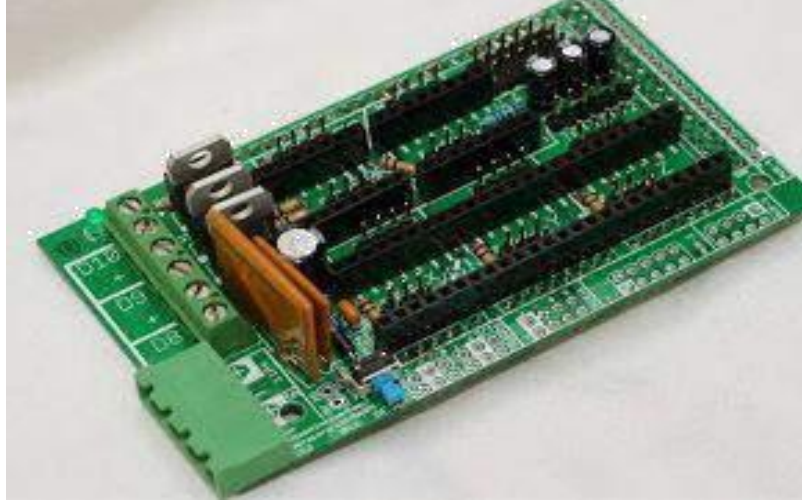
Arduino Mega2560'ın diğer kartlardan farkı FTDI USB-to-serial sürücü entegresi kullanılmamış olmasıdır. USB-to-Serial entegresi yerine ATmega16U2 USB-to-serial dönüştürücü olarak programlanmıştır.

Arduino IDE'si üzerinden programlanır. Bootloader (karta yazılım yüklemeye yarayan kod parçası) ı üzerinde gelir. İstenilirse bootloaderı atlayıp kendiniz ICSP üzerinden direkt olarak mikrodenetleyiciyi programlanabilir.

3.4.2 Kontrol Kartı

Günümüzde kullanılan bütün üç boyutlu yazıcıların kontrol kartları Arduino'ya dayanmaktadır. Bu kontrol kartlarının en temel görevleri step motorları, ısıtıcı nozzle'ı ve ısıtıcı tablayı kontrol etmektir. Şekil 3.20'de RAMPS (RepRap Arduino Mega Pololu Shield) elektronik kontrol kartı görülmektedir. Bu kart Arduino ek kartıdır. Üç boyutlu yazıcı için ihtiyaç duyulan tüm elektronik kontrol işlevini yerine getirmek için tasarlanmıştır.

Şekil 3.25’ de görülen kartın tam olarak kullanılabilmesi için üzerine Arduino Mega ve A4988 step sürücü devrelerinin eklenmesi gerekmektedir.



Şekil 3.25 Ramps elektronik kontrol kartı.

3.4.6 Nema 17 Step Motor

Bu çalışmada iki adet z ekseni kontrolü için, birer adet x ve y eksenleri kontrolü için, bir adet filament çekmek için olmak üzere toplam beş adet adım motoru kullanılmıştır. Şekil 3.26’ de kullanılan Nema 17 adım motoru görülmektedir.



Şekil 3.26 Nema 17 adım motoru

3.4.7 Step Motor Sürücü Devresi

Adım motor sürücüsü üç boyutlu yazıcıda kullanılan adım motorlarının hareketini sağlamak üzere tasarlanmıştır. Arduino üzerinden geçen güç, motorları hareket ettirmekte yetersiz kaldığı için bu görevi adım motor sürücü devresi yerine getirmektedir. Şekil 3.27 Step motor sürücü devresi gösterilmiştir.



Şekil 3.27 Step motor sürücü devresi.

3.4.8 Güç Kaynağı

3 Boyutlu Yazıcı yaparken ilk başta güç kaynağını doğru ve yeterli seçmek gerekmektedir. ABS (ısıtılmalı tabla kullanılacaksa) en az 12V 20A ve üstü, PLA kullanılacak ise 12V 7A ve üstü bir güç kaynağına ihtiyaç vardır. Bu çalışmada PLA kullanıldığından 12V 10A bir güç kaynağı uygun görülmüştür.



Şekil 3.28 Güç kaynağı.

3.4.9 EndStop

Endstop ve limit switch olarak adlandırılan bu anahtarlar, 3 boyutlu yazıcıların eksenleri üzerine yerleştirilerek, eksenin sonuna gelindiğinde sistemin durmasını sağlamaktadır.

Minik boyutlu kart üzerine yerleştirilmiş büyük switch ufak bir tepkide mekaniksel olarak kapanmakta ve kontrol kartına bunun sinyalini göndermektedir. Bu sayede eksen sonuna gelindiği anlaşılarak o eksendeki hareket noktalanmaktadır. Bir ucu 4'lü JST konnektörü olan kablonun diğer ucu ise tekli dişli heade şeklindedir.



Şekil 3.29 Limit switch.

3.4.10 Isıtıcı Tabla

Isıtıcı zemin baskı esnasında malzemenin yüzeye yapışmasını, çarpılmasını önlemek amacıyla kullanılmaktadır. PLA malzeme için ısıtıcı zeminin kullanılması çok gerekmemekle birlikte ABS malzemenin baskısı esnasında çarpılmasını önlemek için mutlaka kullanılması gerekmektedir. Şekil 3.30'te ısıtıcı zemin görülmektedir [2]



Şekil 3.30 MK3 ısıtıcı tabla.

3.5 ÜÇ BOYUTLU YAZICI PROTOTİPİ’NİN MALİYETİ

Çizelge 3.1’ de üç boyutlu yazıcının maliyet tablosu verilmiştir. Bu tez çalışmasında kullanılmak üzere üretilmiş üç boyutlu yazıcı prototipinin maliyeti 1.500 tl dir.

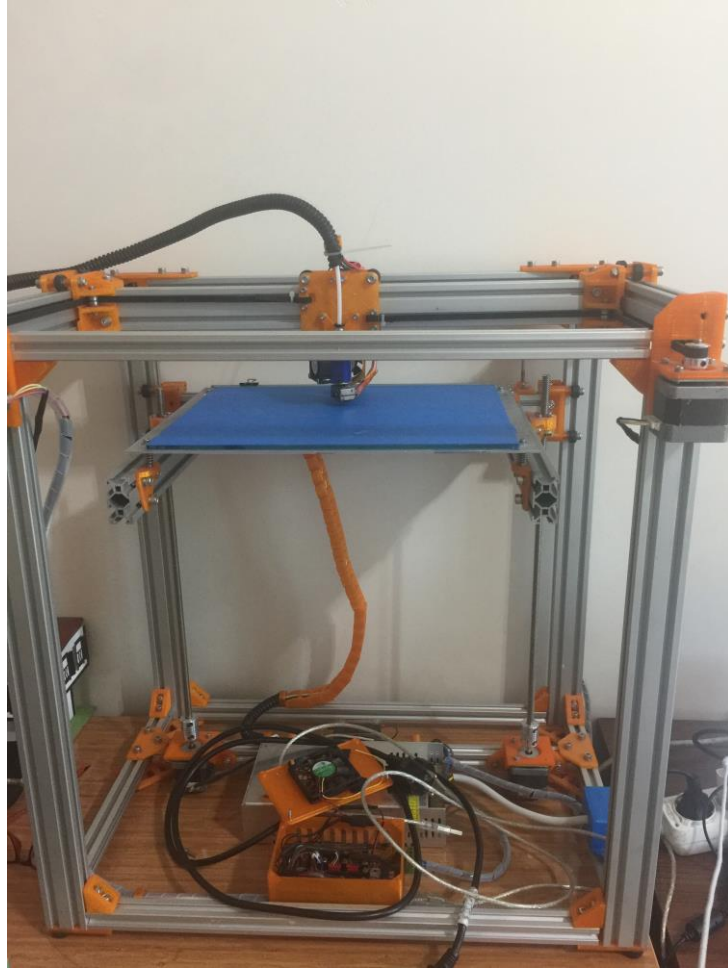
	Birim/met		Adet/m		Toplam
Arduino Mega	35		1	Adet	35
Filament	100		2		200
Ramps 1.4	17		1	Adet	17
Step Motor Nema	25		5	Adet	125
Motor Sürücü	4		4	Adet	16
LCD Ekran	21		1	Adet	21
Sıcak Tabla	90		1	Adet	90
Profiller	30		5	Metre	150
Alaşımlı Çelik	14		2.	Metre	35
Tabla Isıtıcı	30		1	Adet	30
Vidalı Miller M5	5		1	Metre	5
Sıcaklık Ölçüm					
Termistör	10		2	Adet	20
End Stop	3		4	Adet	12
MK8 Extruder	90		1	Adet	90
Lineer Rulman	8		1	Adet	90
Cıvata, somun,	0,5		10	Adet	50
Kablo	0.5		25	Metr	15
GT2 Kayış	10		2	Metre	20
Güç kaynağı	50		1	Ade	50
Kasnak	10		2	Adet	20
Kaplin	10		2	Adet	20
Ray tekerleği	10		20	Adet	200
PLA	1		1	K	100

Bağlantı Elemanları	1		9	Adet	90
	Toplam				1.500TL

Çizelge 3.1’de üç boyutlu yazıcının maliyet tablosu

3.6 ÜÇ BOYUTLU YAZICI PROTOTİPİ

Şekil 3.31’da Tersine mühendislik uygulanarak üretilmiş bağlantı parçaları ile imal edilmiş üç boyutlu yazıcı prototipi görülmektedir



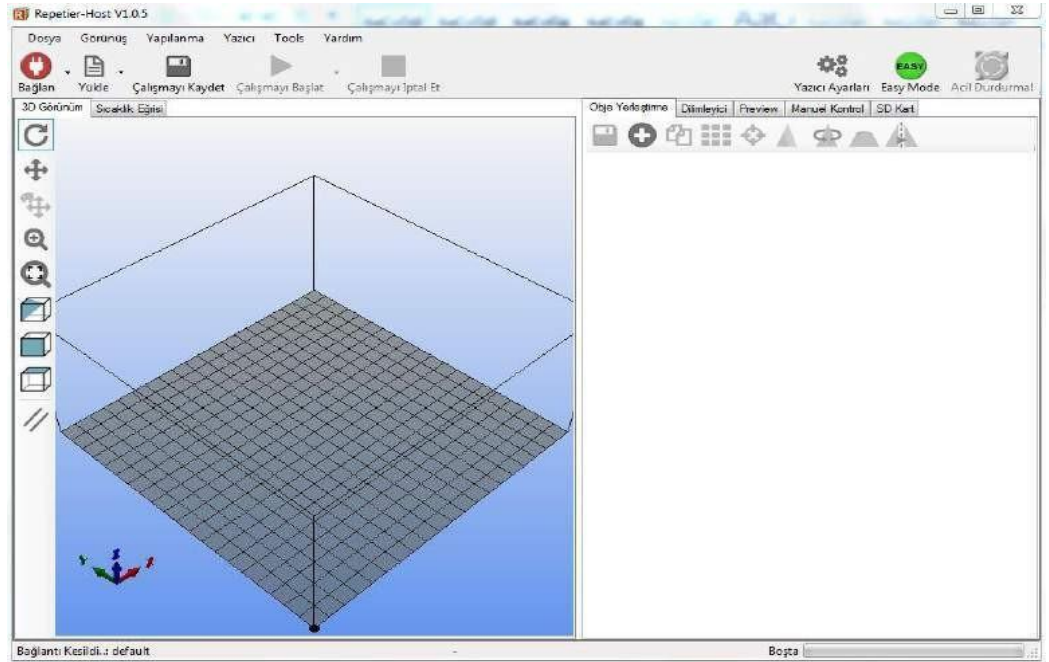
Şekil 3.31 Core XY 3D Yazıcı Protatipi

3.7 ÜÇ BOYUTLU NESNE DİLİMLEME PROGRAMI

Üç boyutlu nesne dilimleme programları bu bölümde anlatılmıştır. Bu tez çalışmasında “Repetier” üç boyutlu nesne dilimle programı kullanılmıştır.

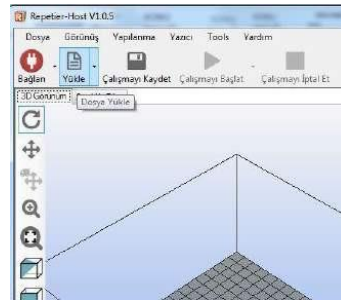
3.7.2 Üç Boyutlu Nesne Dilimleme Programı – Repetier

“Repetier” diğer bir üç boyutlu nesne dilimleme programıdır. Şekil 3.32’ de “Repetier” programının giriş ekranı görülmektedir.



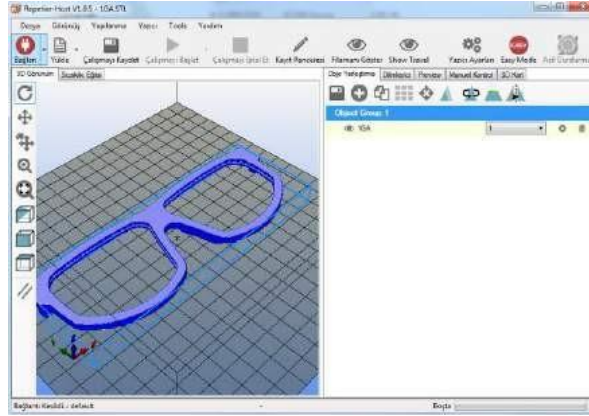
Şekil 3.32 Repetier programı giriş ekranı.

STL uzantılı dosya program ortamına “Yükle” sekmesinden çağırılır şekil 3.33’ da dosya yükleme sekmesi görülmektedir



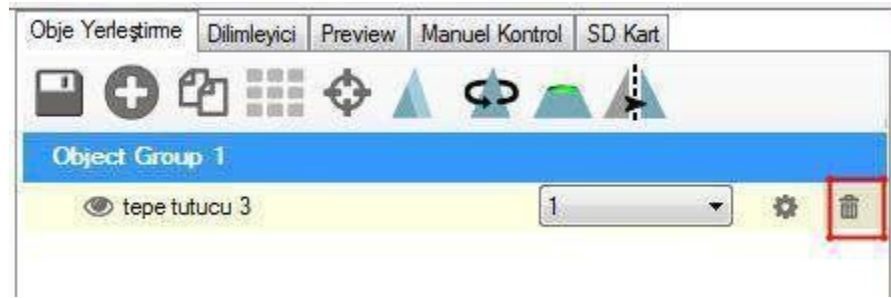
Şekil 3.33 Dosya yükleme sekmesi

Şekil 3.34’da program ortamına çağırılan gözlük modeli görülmektedir.



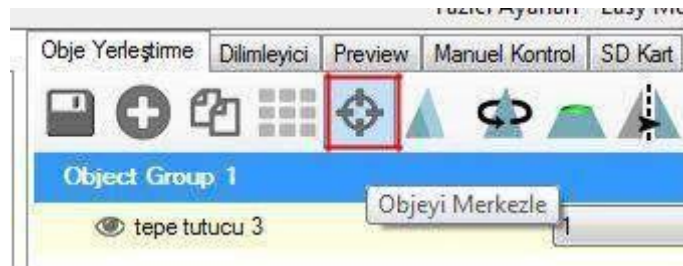
Şekil 3.34 Gözlük modeli.

Modeli silmek için “Obje Yerleştirme” menüsü altından çöp kovası simgesini tıklamamız yeterlidir (şekil 3.35).



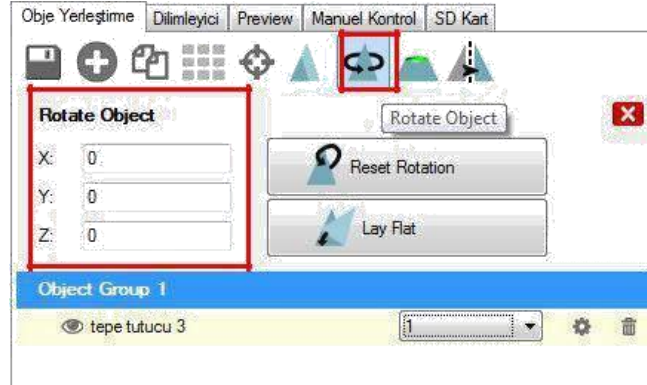
Şekil 3.35 Dosya silme.

Modeli, farenin sağ tuşuna basılı tutarak tablanın istediğimiz yerinde yazdırmak üzere sürükleyebiliriz. Eğer modeli tablanın tam ortasında yazdırılmak istenirse Obje Yerleştirme Menüsü altında Objeyi Merkezle sekmesi seçilir (şekil 3.36).



Şekil 3.36 Obje merkezle.

Gözlük modelinin düz tarafını tablaya yapıştırıp daha uygun bir yazdırma işlemi yaptırabilmemiz için “Rotate” komutu ile modeli döndürmemiz gereklidir. Şekil 3.37’de görüldüğü gibi modeli x,y,z koordinatlarında istediğimiz açı değerlerini girerek döndürebiliriz.



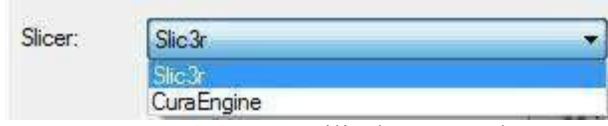
Şekil 3.37 "Rotate" komutu ile modeli döndürme.

“Configuration” sekmesi altında ürün yazdırma kalitesi, katman kalınlığı, yoğunluk oranı, yazdırma sıcaklığı gibi ayarlar yapılmaktadır (şekil 3.38). Configuration sekmesinden gerekli ayarlar yapıldıktan sonra “Slic3r ile dilimle” butonuna tıklandığında “G kodu” dosyası oluşacaktır.



Şekil 3.38 Dilimleyici menüsü.

Dilimlemenin hangi dilimleme aracı ile yapılacağı “Slicer” menüsünden seçilir (şekil 3.39).



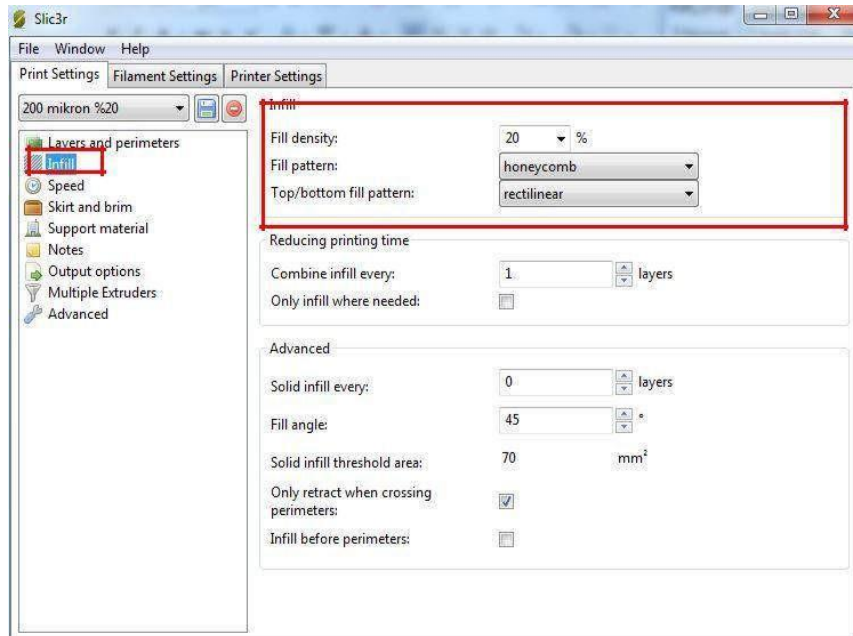
Şekil 3.39 Dilimleme araçları.

3.7.3 Print Settings / Baskı Ayarları

Yazdırma işlemi için gerekli ayarlar bu sekmenin altından yapılmaktadır.

3.7.3.2 Infill / Doluluk

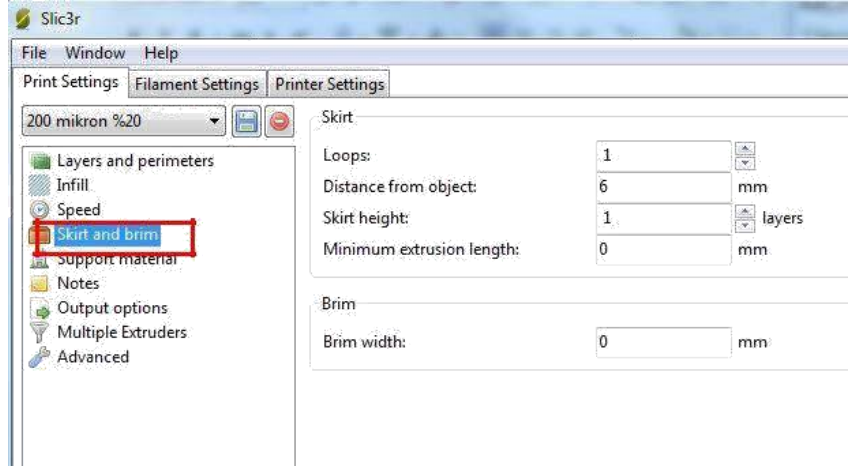
Model doluluk oranı %20“ dir. Üst ve alt dolgu deseni Top/bottom fill pattern“ den seçilir (şekil 3.40). Modelin iç boşlukları oluşturma şekilleri Fill pattern“ den seçilir (şekil 3.54).



Şekil 3.40 Model doluluk oranı ayarları.

3.7.3.3 Skirt and brim / Etek Atma Ayarları

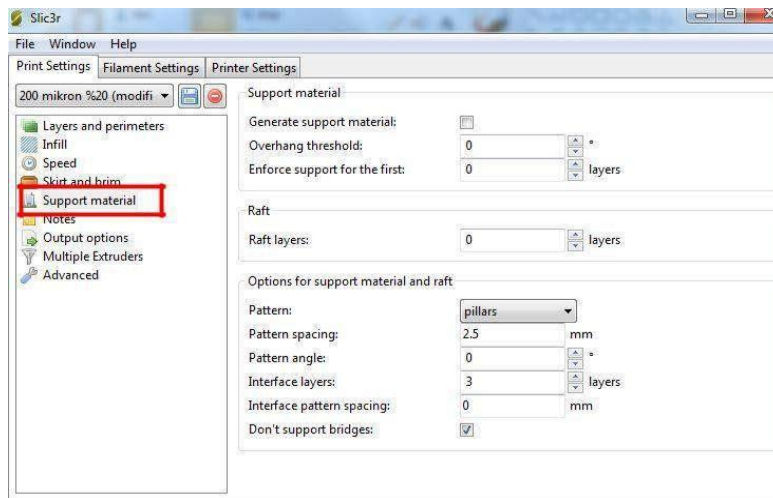
Modelin tablaya daha iyi yapışmasını sağlamak için kenarlarına etek atılır. Bu eteğin genişliği katman kalınlığı gibi ayarlar buradan yapılmaktadır (şekil 3.41)



Şekil 3.41 Etek atma ayarları.

3.7.3.4 Support Material / Destek Atma Ayarları

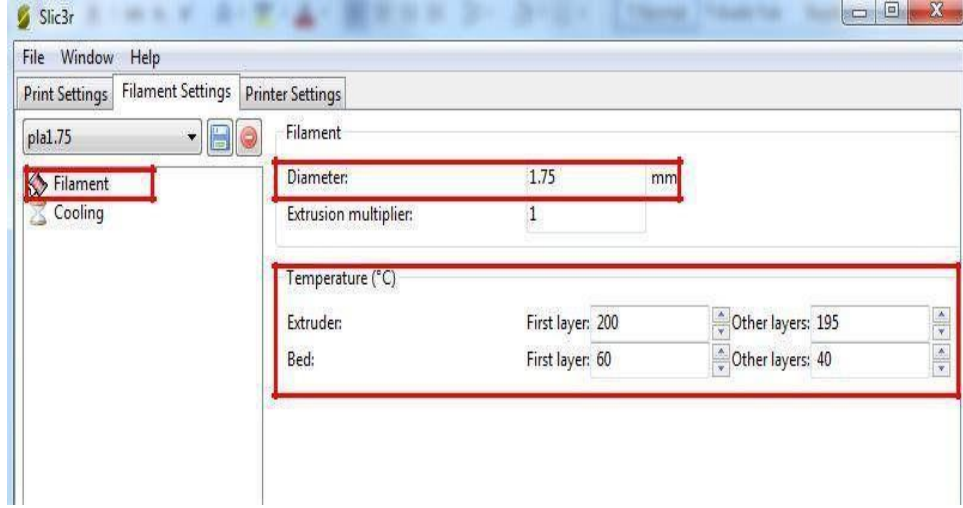
İçi boşluklu parçalarda düzgün üretim olabilmesi için iç kısımlara daha sonra koparılmak üzere destek atılması gerekir. Destek atma ayarları Support material sekmesi altından yapılmaktadır (şekil 3.42).



Şekil 3.42 Destek atma ayarları.

3.7.3.5 Filament Settings / Malzeme ve Sıcaklık Ayarları

Kullanılan PLA/ABS malzemenin çapı 1.75. Nozzle sıcaklığı ilk katmanda 200 °C, diğer katmanlarda 195 °C olarak ayarlanmıştır. Tabla sıcaklığı ilk katmanda 60 °C, diğer katmanlarda 40 °C olarak ayarlanmıştır (şekil 3.43).



Şekil 3.43 Filament ve sıcaklık ayarı.

3.7.3.6 Printer Settings / Yazıcı Ayarları

Yazıcının tabla boyutları, filament çapı gibi ayarlar bu sekmeden yapılmaktadır.

3.7.3.8 Custom G-code Menüsü

G-code dosyası oluşturulurken başlangıçta ve bitişte otomatik olarak algılanması gereken komutlar buraya kaydedilir (şekil 3.61).

3.7.3.9 Extruder 1 / Extruder Ayarları

Nozzle çapı 0.4mm olarak ayarlanmıştır.

3.7.3.10 G-Kodu Dosyasını Kaydetme

Tüm ayarlar yapıldıktan ve dilimleme gerçekleştirildikten sonra 'Çalışmayı Kaydet'e tıklayarak "g-kod" dosyasını istediğimiz yere kaydedebiliriz.

BÖLÜM 4

SONUÇLAR VE ÖNERGELER

4.1 SONUÇLAR

Yeni bir endüstriyel devrim olarak adlandırılan 3 Boyutlu yazıcının, Core xy 3d modelinin montajı ve kalibrasyonu yapılmıştır. Diğer modellerden olan prusa i3 marka yazının kablo kirliliğini sigma profiller sayesinde düzenli hale getirmesini sağlamaktadır. Bu tip uygulamalar da hassasiyet milimetrik kaymalar ve titreşimlerden kaynaklanmaktadır. Titreşimi sıfıra en çok yaklaştıran makina her zaman daha hassas sayılabilir. Bu sorunun çözümünü aramak için Arduino kartı yerine Rasperry Pi, RAMPS yerine MKS kart ile de aynı denemeler yapılabilir.

Şu bir gerçek ki yeni bir teknoloji olan 3B yazıcılar, araştırmacılar için dopdolu bir kaynaktır. Farklı malzemelerin, farklı doluluklarda, farklı imalat teknolojileriyle üretiminin ardından, üretilen her parçanın yüzey pürüzlülüğü, çekme basma mukavemeti değerleri araştırılabilir.

4.2 ÖNERGELER

Yazdırma kalitesini arttırabilmek için bir çok değere dikkat etmemiz gerekir. Adım motorlarının (Nema 17 Step Motor) ilk olarak hassasiyeti iyi ayarlamamız gerekmektedir. Tasarlanmış olan protatip ürün çizilen ölçeklerde yazıcıdan çıkmadığı taktirde istenilen sonuçlar alınamaz. Hassaslık noktasında dikkat etmemiz gerek konulardan en önemlisi extruder motorunun çıkartacı malzeme miktarıdır. Mekanik olarak hassaslık ayarlarını optimuma getirmeniz gerekmektedir.

Arayüz programında hassasiyet ayarlarını kullanacağınız hammaddenin özelliklerine göre ayarlamanız gerekmektedir. Kaç derecede ısındığında etkin ve istenilen çıktıyı verebileceği, kullanacağınız hammeden brojüründe bulunmaktadır. Layer kalınlığı çözünürlük demektir. Bu extruder ucunuza uygun belirlenmelidir. İnce layer kullanıldığı zaman ürün ele alındığı zaman tırtıklı yapı en aza indirilmiş olacaktır. Bu da modelin hem daha hoş bir görüntüye sahip olması hem de daha kaliteli üretilmiş olması açısından önemlidir. Katman kalınlığının inceltilmesine bağlı olarak yazdırma hızı ve tabla sıcaklığı da aynı derecede önem kazanmaktadır. Katman kalınlığının inceltilmesi durumunda yazdırma hızı düşürülmeli ve iyi bir tutuşun sağlanıp, üretilen modelin tablaya iyi yapışması için tabla sıcaklığının kullanılan malzeme için optimum düzeye getirilmelidir.

Yazdırma esnasında ortamda rüzgar meydana getirecek cam, kapı gibi yerlerin açık tutulmasının yazdırma kalitesini doğrudan etkilediği gözlemlenmiştir. Buna çözüm olarak kapalı kutu yazıcılar üretilmiştir. Rüzgara maruz kalan yazıcılar, yazım esnasında parçanın tabladan kalkması gibi sorunlar doğurmaktadır. Bundan dolayı yazdırma esnasında rüzgar meydana getirecek ortamlar engellenmelidir.

Destekler sökülürken modelin kırılmaması ve yüzeyin daha hassas olması için destek ayarı arttırılabilir. Destek çıkartılacağı esnada dikkatli olunması gerekmektedir. Sertçe çekildiğinde parçaya ait yazılan layerleri sökebilir veya tahrişe ve aşınmasına sebep olunabilir.

Bugün 3D yazıcının dünya üzerindeki kullanım oranına baktığımızda %38 ABD, %12 Japonya, %8 Almanya olduğu görülecektir. Türkiye ise bu pastadan sadece %1.2 lik bir pay alabilmiştir. Bu durum gerçekte kat etmemiz gereken yolun büyüklüğünü göstermektedir. Bize düşen ise doğru stratejilerle var olan bu teknolojiyi en iyi biçimde kullanmak, geliştirmek ve yaygınlaşmasını sağlamaktır.

KAYNAKLAR

1. İnternet: Üç Boyutlu Yazıcılar, “Kendini Kopyalayan Üç Boyutlu Yazıcı”, <http://www.3byazici.com/2012/10/reprap-kendini-kopyalayan-3d-yazici-1.html> (2014).
2. İnternet: Üç Boyutlu Yazıcılar, “3D Printers and Components”,
3. <http://3d.grabercars.com/?p=125> (2014).
4. Roberson, D. A., Espalin, D. and Wicker, R. B., “3D printer selection: A decision-making evaluation and ranking model”, Virtual and Physical Prototyping, 8 (3): 201-212 (2013).
5. İnternet: Üç Boyutlu Metal Yazıcılar, “3D Printing Industry”, <http://3dprintingindustry.com/2014/02/21/free-form-metal-3d-printer-3doodler-steroids/> (2014).
6. 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).
7. İnternet: Üç Boyutlu Yazıcılar, “Metal 3D Printer?”,
8. <http://www.3byazici.com/2014/09/ack-kaynak-metal-3d-printer.html> (2014)
9. Kroll, E. and Artzi, D., “Enhancing aerospace engineering students learning with 3D printing wind-tunnel models”, Rapid Prototyping Journal, 17 (5): 393 – 402 (2011).
10. 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).
11. D-Bot Core-XY 3D Printer by spauda01 – Thingiverse (2015)
12. 13-3_Boyutlu_Yazici-Akif_Sercan_HACIOGLU-Fatih_ERASLAN
13. “3D Filament”<http://www.formfutura.com/175mm-filaments/> (2014)

ÖZGEÇMİŞ

Adı: Burak Bekir

Soyadı: AYTAÇ

Uyruğu: T.C.

Doğum Yeri: İstanbul/Gaziosmanpaşa

Doğum Tarihi: 10.07.1994

Eğitim Bilgileri:

2012-2017	Karabük Üniversitesi /Mekatronik Mühendisliği (Lisans)
2008-2011	Çatalca Anadolu Lisesi (Sayısal)
2011-2012	Açıköğretim Lisesi (Sayısal)

Adres Bilgileri:

Adres: Cebeci Mahallesi 1.Cebeci Caddesi 2472 Sokak NO: 9/3
Sultangazi/İSTANBUL

Tel: +09 545 426 72 98

E-Posta: burakbekiraytac@gmail.com

ÖZGEÇMİŞ

Adı: Tevrat

Soyadı: ÇAĞ

Uyruğu: T.C.

Doğum Yeri: Ordu/Kumru

Doğum Tarihi: 04.02.1995

Eğitim Bilgileri:

2012-2017 Karabük Üniversitesi /Mekatronik Mühendisliği (Lisans)

2008-2012 Körfez Orhangazi Anadolu Lisesi (Sayısal)

Adres Bilgileri:

Köşklü Çeşme Mah. 510 Sok. NO: 5 Gebze/KOCAELİ

Tel: +09 541 379 41 52

E-Posta: tevratcag@gmail.com