

T.C.
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

BİTİRME ÇALIŞMASI
ÜÇ BOYUTLU YAZICI TASARIMI

Abdulkadir SEZER

Ahmet SARGIN

Recep Tayyip DEMİRAY

(I. ÖĞRETİM)

Danışman: Prof. Dr. Levent GÜMÜŞOĞLU

Bölüm Başkanı: Prof. Dr. Burhan ÇUHADAROĞLU

HAZİRAN 2021

TRABZON

ÖNSÖZ

Bitirme projemiz boyunca çalışmamızın yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini bizlerden esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığımız Karadeniz Teknik Üniversitesi Makine Teorisi ve Dinamiği Anabilim Dalı Öğretim Üyesi değerli hocamız Prof. Dr. Levent GÜMÜŞEL'e saygı ve teşekkürlerimizi sunarız.

Maddi ve manevi her türlü desteklerini bizden esirgemeyen AİLELERİMİZE sonsuz teşekkür ederiz.

Abdulkadir SEZER

Ahmet SARGIN

Recep Tayyip DEMİRAY

HAZİRAN 2021

TRABZON

ÖZET

1970'li yılların sonları itibarı bilim dünyasının gündemine girmiş olan ve günümüzde hızla gelişen 3 boyutlu (3D) yazıcılar, bir ürünün piyasaya çıkmadan son halini görmek, ürün geliştirmek ve birçok sektörde kolay çözüm fırsatları sunmaktadır. Öyle ki; verilen ölçüler, şekillere uyarak milimetrik boyutlarda yapay damarlar üretmek ve bu damarın iç yüzeyini kaplanan biyomoleküller sayesinde insan dokusuna uyumlu hale getirilmesi prosesinin bir parçası olarak tıp alanında da kullanılmaktadır. Yapılan bu çalışma da 3D yazıcılar tanıtılmaya çalışılacaktır. Bu amaçla çalışmada, 3D yazıcıların üretim teknikleri, hammaddeleri, sistemin olumlu ve olumsuz yönleri ve kullanım alanlarına yer verilecektir.

Anahtar Kelimeler: 3D Yazıcı Tasarımı, CAD/CAM

SUMMARY

It has been on the agenda of the world of science since the end of the 1970s, and today 3D (3D) printers, a product emerged, offer opportunities to sell without developing a product and in many sectors. Such that; given dimensions, artificial veins in millimetric sizes are produced by following the shapes and the inner surface of this vein.

The process of harmonizing human tissue with the coated biomolecules.

It is also used in the medical field. This study will try to introduce 3D printers. On this page, the production style, raw materials, positive and negative aspects and usage areas of 3D printers will be given.

Key Words: 3D Printing Design, CAD/CAM

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	I
ÖZET	II
İÇİNDEKİLER.....	III
Giriş.....	1
1. AMAÇ VE KAPSAM.....	2
1.1. 3D Yazıcı Nedir?.....	2
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	2
2.1. 3D Yazıcı Çeşitleri	9
2.1.1. Stereolithography (SLA) Teknolojisi	10
2.1.2. Digital Light Processing (DLP) Teknolojisi.....	10
2.1.3. Fused Deposition Modelling (FDM) Teknolojisi	10
2.1.4. Selective Laser Sintering (SLS) Teknolojisi	11
2.1.5. Selective Laser Melting (SLM) Teknolojisi.....	11
2.1.6. Electron Beam Melting (EBM) Teknolojisi	12
2.1.7. Laminated Object Manufacturing (LOM) Teknolojisi.....	13
2.2. 3D Yazıcıda Kullanılan Kontrüksüyon Malzemeleri.....	13
2.3. Filament Ve Çeşitleri.....	20
2.3.1. PLA Filament Nedir, Özellikleri Nelerdir?	21
2.3.2. ABS Filament Nedir, Özellikleri Nelerdir?.....	21
2.3.3. PET Filament Nedir, Özellikleri Nelerdir?	21
2.3.4. Antibakteriyel Filamentler.....	22
3. 3D YAZICININ GÜNÜMÜZDE KULLANIM ALANLARI	22
3.1. Havacılık Sektöründe Üç Boyutlu Yazıcılar	22
3.1.1. Üç Boyutlu Yazıcılar (3DP) Ve Getirdikleri Çözümler.....	23
3.1.1.1. Üç Boyutlu Yazıcılar İle Hafifleyen Ürünler.....	24
3.1.1.2. Uzay Teknolojisi Ve Üç Boyutlu Yazıcılar.....	25
3.1.2. Lojistik Alanında Değişimler	27

3.1.3. Eğitim 3D Yazıcı Teknolojisi.....	28
3.1.4. Otomobil Sektöründe Kullanılan Üç Boyutlu Yazıcılar.....	29
3.1.4.1. Kompleks Geometride Parçaların Üretimi	30
3.1.5. Üç Boyutlu Yazıcılar Ve Sağlık	31
3.1.5.1. Doku Ve Organ Üretimi	31
3.1.5.2. Ortez – Protez İmplant Üretim... ..	32
3.1.5.3. Cerrahi Planlama Ve Radyolojik Uygulamalar	33
3.1.5.4. Farmakolojik Uygulamalar	33
3.1.5.5. Cerrahi Enstrüman Üretimi	33
3.1.6. Moda Ve Tekstil Sektöründe Üç Boyutlu Yazıcılar.....	33
3.1.6.1. Tekstil Ve Giysi Tasarımında Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojilerinin Kullanımı.....	33
3.1.7. Mimarlıkta Üç Boyutlu Yazıcılar	34
3.2. 3D Yazıcıların Avantajları	35
3.2.1. 3D Yazıcıların Dezavantajları... ..	36
3.3. 3D Baskı İle Talaşlı İmalat Arasındaki Farklar.....	37
3.4. Kompleks Geometriler... ..	39
3.5 Üretim İş Akışı	39
3.6. Doğru Seçim İçin Başlıca Kurallar	40
3.7 3D Yazıcıların Endüstri 4.0'a Katkısı... ..	41
3.8. “RepRap ” 3D Yazıcı Nedir?.....	43
3.9. Metodoloji	44
4. 3D PRİNTER İLE UYUMLU CAD PROGRAMLARI	45
4.1. STL: Nedir Ve Nasıl Oluşturulur?.....	45
4.1.1. STL Dosyası Oluşturma... ..	46
4.1.2. STL Çözünürlüğü	47
4.1.3. Akor Toleransı / Sapma... ..	47
4.1.4. Açık Kontrolü.....	47
4.1.5. Binary (İkili Kod) Veya ASCII	47
4.2. Baskıya Uygunluk... ..	48

4.3. Anahtar Bilgiler...	48
4.4. Mikrodenetleyiciler	48
4.4.1. Mikrodenetleyicilerin Avantajları...	48
4.4.2. Arduino Nedir?.....	49
4.4.3. Arduino İle Ne Yapılabilir?.....	49
4.4.4. Neden Arduino Kullanılır?	50
4.4.5. Çeşitli Arduino Kartları.....	50
4.4.6. Arduino Mega.....	51
4.4.7. Arduino Mega 2560 Giriş Çıkışları.....	52
4.4.8. Arduino Mega 2560 Programlaması... ..	52
4.4.8.1. Marlin Yazılımı... ..	53
4.4.8.2. İletişim Hızı... ..	53
4.4.8.3. Makine Adı... ..	53
4.4.8.4. Extruder Sayısı	54
4.4.8.5. Güç Kaynağı... ..	54
4.4.8.6. Termal Ayarlar	54
4.4.8.7. Maksimum Isılar.....	54
4.4.8.8. Isı PID Ayarları... ..	55
4.4.8.9. EndStop (Limit Switch) Ayarları... ..	57
4.4.8.10. Adım Ayarları – Kalibrasyon... ..	58
4.4.8.11. Extruder Ayarı Ve Kalibrasyon.....	60
4.4.8.12. Hız Ayarları... ..	61
4.4.8.13. Motor Yönleri.....	61
4.4.8.14. Tabla Büyüklük Ayarı	62
4.4.8.16. Ön Isıtma Ayarları... ..	62
4.4.8.17. LCD & SD Kart... ..	63
4.5. 3D Yazıcılar İçin Dilimleme Yazılımları (3D Slicer)	63
4.6. Dilimleme Yazılımı (3D Slicer) Nasıl Çalışır?	64
4.7. İyi Bir Dilimleme Yazılımının Farkları Nelerdir?.....	65

4.7.1. STL Dosyasını İşleme Hızı...	65
4.7.2. Görüntüleme Özellikleri...	65
4.7.3. STL Dosyasını Düzeltme	65
4.7.4. Kullanılabilirlik...	66
4.7.5. Önizleme.....	66
4.8. Dilimleme Yazılımı Ayarlarında Bilinmesi Gerekenler.....	66
4.8.1. Katman Yüksekliği (Layer Height).....	66
4.8.2. Kabuk Kalınlığı (Shell Thickness).....	68
4.8.3. Filament Geri Çekme (Retraction).....	68
4.8.4. İç Dolgu Oranı (Fill Density).....	69
4.8.5. Baskı Hızı (Print Speed).....	70
4.8.6. Destek Yapıları (Supports).....	70
4.9. Destek Yapısı Gerekip Gerekmediği Nasıl Anlaşılabilir... ..	70
4.9.1. Yapı Plakasına Dokun (Touching Build Plate)	71
4.9.2. Her Yere Destek Yapısı Yap... ..	72
4.9.3. Baskı Tablasını Yapışma Tipi	72
4.10. Dilimleme Yazılımları (3D Slicer).....	72
4.10.1. Meshmixer.....	72
5. MÜHENDİSLİK HESAPLARI	73-75
6. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	75
6.1.Mekanik Montaj.....	75-81
6.2.Elektronik Montaj.....	81
6.3.Projenin Son Hali.....	82
6.4.Maliyet Hesabı.....	83
7. ÖNERİLER.....	84-85
8. SONUÇLAR.....	86
8.KAYNAKLAR VE EKLER.....	87-89

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 1 Selective Laser Sintering (SLS) Teknolojisi	11
Şekil 2. Selective Laser Melting Teknolojisi	12
Şekil 3. EBM 3D Yazıcı Çalışma Prensibi	12
Şekil 4. Laminated Object Manufacturing Çalışma prensibi	13
Şekil 5. 3DP ile üretilmiş Minyatür Jet Motoru	23
Şekil 6. Airbus THOR insansız hava aracı projesi	24
Şekil 7. İHA Teknolojisinde Kullanımı	25
Şekil 8. Uzay Sektöründe Kullanımı	26
Şekil 9. 3DP ile üretilen uydu anten braketleri	26
Şekil 10. Eğitim sektöründe üç boyutlu yazıcı	29
Şekil 11. Otomotiv endüstrisindeki 3 boyutlu katmanlı örnek motor	30
Şekil 12. Kompleks geometrikten üretilmiş araba parçası	31
Şekil 13. Sesi lazer sinterleme (SLS) yöntemi ile üretilen üç boyutlu Yazıcı	32
Şekil 14. Bileşimli yığılma yöntemi (FDM)	32
Şekil 15. Siyah Drape Elbise	34
Şekil 16. Üç boyutlu yazıcı ile üretilmiş mimari tasarım	35
Şekil 17. Katmanlı İmalat Prosesi	37
Şekil 18. İmalata göre birim başına maliyetler	39
Şekil 19. "RepRap"la basılmış örnek parça	44
Şekil 20. 3D Yazıcı Tasarım Aşamaları	45
Şekil 21. "STL Programıyla Tasarlanmış Dişli	46
Şekil 22. Arduino Mega mikrodenetleyici	49
Şekil 23. Arduino katmanlarının üst üste montajlanması	51
Şekil 24. Marlin Yazılımı	53
Şekil 25. PID (proportional, integral, derivative) zamana göre sıcaklıklar	55
Şekil 26. : PID Yazılımında kullanılan Geri Beslemeli Kontrol Devresi	56
Şekil 27. Kasnak Dişlileri için Hesaplama Çizelgeleri	59
Şekil 28. : hobbed bolt (civata)	60
Şekil 29. Yazıcıda Kullanılan Programların Aşamaları	64
Şekil 30. 3D Yazıcı Basım Kalitesi	66
Şekil 31. 3D Yazıcı ile Basılmış Örnek Parça	67
Şekil 32. Spiral Satranç Seti	68
Şekil 33. Filament Akışı Durdurulmuş Yapı	69
Şekil 34. İç Dolgu Yüzdesine Göre Modeller	70
Şekil 36. Sigma Profil-Gövde Bağlantısı	76
Şekil 37. Trapez Vidanın Gövde ve Z eksenli Krom Mille Bağlantısı	76
Şekil 38. Motor Kayış Bağlantısı	77
Şekil 39. Lineer rulmanın krom mile takılması	77
Şekil 40. Alüminyum soğutucu montajı	78
Şekil 41. Extruder montajı	79
Şekil 42. Isıtıcının takılması	79
Şekil 43. Power'n NEMA motorlara ve Arduino'ya bağlantı yapılması	82
Şekil 44. Z eksenli limit switch montajının yapılması	80
Şekil 45. Yazıcının Son Hali	82

1.GİRİŞ

Temel olarak dijital ortamda hazırlanan bir 3 boyutlu görseli veya tasarımı , gerçek ve somut bir nesneye dönüştüren makinalara 3 boyutlu yazıcı denir.3 boyutlu yazıcılar özellikle son 5-6 yıldır gittikçe artan bir popüleriteye sahip olduğu bir gerçek.Fakat 3d yazıcıların bu noktaya gelirken arkasında bıraktığı eski bir tarihi var.

1980 yılında Japon Doktor Hideo Kodoma 3d yazıcılar için ilk patent başvurusu yapıyor.Patent başvurusunda bulunduğu yazıcının tipi SLA.SLA tipi 3d yazıcıların çalışma şekli özetle;bir ultraviyole lazer ışınını fotopolimer reçine ile buluşturularak,reçinenin katı bir hal almasını sağlıyor ve üretim meydana gelmiş oluyor.Hideo Kodoma ilk patent başvurusunda bulundu fakat günümüzde kendisi 3d yazıcı mucidi olarak anılmıyor.Bunun başlıca sebebi, finansal zorluklarla karşılaşması ve araştırmasını tamamlayamaması olarak özetlenebilir.

1984 yılında bir elektrokimya mühendisi olan Jean Claude Andre yine SLA tipi bir 3 boyutlu yazıcı için patent başvurusunu yapar. Jean Claude Andre, aslında Fraktal Geometri (doğanın geometrisi) üzerine çalışmalar yapmaktaydı. Üzerinde çalıştığı bu geometrik şekilleri somut bir nesneye dönüştürme ihtiyacı hissetti ve bu düşünce onu bir 3 boyutlu yazıcı yapma fikrine yönlendirdi. Kendisi gibi mühendis olan 2 arkadaşıyla beraber 2 sene boyunca bu teknoloji üzerine çalışmalarını sürdürüyor ve günümüzün resmi olarak bilinen 3 boyutlu yazıcı mucidi Chuck Hull'dan tam 3 hafta önce patent başvurusunu yapıyor. Ancak kaderi Hideo Kodama ile aynı oluyor. Buluşu ve başvuruyu tamamlaması için gerekli kaynakları bulamayan Jean Claude Andre'nin başvurusu geçersiz olur.

Bu olayların ardından 3D teknolojisi mucidi Charless Hull tarafından 1984 yılında patent başvurusu yaparak diğerlerinin karşılaştığı zorluklarla karşılaşmayarak patentini almıştır. 2005 - 2007 yıllarında ilk açık kaynak kodlu, kendi parçalarını bile prototipleyeabilen yazıcıları çıkaran projeler sayesinde 3D yazıcılar evlerimize kadar ulaşmıştır.

1. AMAÇ VE KAPSAM

1.1. 3D Yazıcı Nedir?

Kademeli üretim olarak da bilinen 3D yazıcı yardımıyla üretim “additive manufacturing”, bilgisayar üzerinden tasarlanan veya 3D olarak modellenmiş tasarımları, çeşitli malzemeler (üreteceğimiz parçaya göre değişkenlik gösterir) kullanarak hızlı bir şekilde, ekstra bir kalıba ihtiyaç duymaksızın üreten bir cihazdır. Bu cihazlar makine, tarım, otomotiv, medikal gibi ana sektörlerin yanında, kullanım pratikliği ve maliyet yönünden uygunluk açısından oyuncak, kırtasiye vb. birçok alt sektörde kullanımı yaygınlaşmıştır.

3D yazıcının temel çalışma mantığı, herhangi bir üçboyutlu modelin katmanlama teknolojisi ile plastiği eriterek direkt olarak üretimine dayanır. 3D yazıcının temel çalışma mantığını daha iyi anlayabilmek adına 3 başlık altında toplamak mümkün;

1) Modelleme; İlk olarak üretilecek parçanın 3 boyutlu modellenmesi herhangi bir CAD programında tasarlamak gerekir. Ortaya çıkan modeli STL formatına çevrimini yaparak 3D modellemenin ilk aşamasını tamamlanır.

2) 3D Baskı: CAD programında tasarladığımız modelin katmanlar halinde üst üste serilerek oluşturulur. Bu katmanlar plastik ergitme, laser sinterleme, sterolitografi gibi farklı yöntemler ile gerçekleştirilir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

1983: Charles Chuck Hulls, CAD/CAM dosyalarını katı objelere dönüştürebildiği ve adını kendi verdiği teknoloji olan ‘Stereolithography’yi (SLA) icat eder. SLA, ultraviyole bir lazer kaynağının sıvı haldeki fotopolimerik reçineyi katman katman kürleyerek katılaştırması işlemidir. Böylelikle ‘eklemeli üretim’ diğer isimleriyle ‘hızlı prototipleme’ ve ‘üç boyutlu baskı’ doğmuş oldu [5].

1986: Selective Laser Sintering (SLS), toz haldeki ham maddenin yüksek güçlü bir lazer tarafından eritilerek katman katman bir araya getirildiği bir üç boyutlu baskı teknolojisidir. SLS, Carl Deckard ve Joe Beamsn tarafından Texas Üniversitesi makine mühendisliği bölümünde geliştirilmiştir. Deckard ve Beaman bu teknolojiyi ticarileştirmek

için Nova Automation'ı kurmuşlardır. Bu sırada 3D Systems ilk ticari yazıcıları olan SLA-1'i piyasaya sürmüştür.



1988: İlk ticari başarıyı yakalamış SLA 250, 3D Systems tarafından üretildi. 1,64 metre boyunda büyük bir panele sahip yazıcının üretim hacmi 25 cm³' tür ve 187 bin dolar civarında bir satış fiyatında piyasaya çıkmıştır. Yıllık bakım ücreti 36 bin dolar civarında iken lazer değişimi olmazsa 20 bin dolar civarında olmuştur .

Üçboyutlu baskı dünyasındaki bir diğer önemli gelişme de Scott Crump'ın 'Fused Deposition Modelling (FDM)' isimli, günümüzde en çok kullanılan üç boyutlu baskı teknolojisini bulmasıdır. Bu teknoloji termoplastik malzemeyi eriterek STL dosyalarına göre katman katman bir araya getirmesiyle çalışmaktadır. ABS ve PLA gibi birçok termoplastik kullanılmaktadır. Baskı sırasında genellikle sökülebilir destek malzemesi kullanımı gerekmektedir.

1989: FDM teknolojisinin mucidi Scott Crump eşi Lisa'yla birlikte Stratasys'i

kurmuştur. 2014 Temmuz verilerine göre, Stratasys pazarda 52 milyon dolarlık bir hacme sahiptir.

1990: İlk olarak ticarileştirilen SLS tipi olan üç boyutlu yazıcı ‘The DTM’ piyasaya sürüldü ancak 4 adet üretilmesine rağmen hiçbiri satılamadı. Bunun nedeni 300.000 – 400.000 dolar civarındaki fiyat aralığı olabileceği düşünülmüştür.

1991: Helisys, ‘Laminated Object Manufacturing’ (LOM) adını verdikleri üç boyutlu baskı teknolojisini geliştirmiştir. Bu teknoloji, plastik ya da metal kâğıt katmanlarının dijital olarak yönlendirilmiş bir lazerin kesmesi ve ardından yüksek ısıyla bir merdanenin yeni kâğıt katmanını bir öncekinin üstüne eklemesiyle çalışmaktadır. Helisys LOM-1015 isimli ürünü 85 bin dolardan, daha büyük boyutu olan LOM -2030’u ise 140 bin dolardan piyasaya sürmüştür.

1992: Stratasys 3D Modeller ilk ticari FDM tipi üç boyutlu yazıcı olarak piyasaya sürülmüştür. Fiyatı 130 bin dolar olarak belirlenmişken yazılım ve iş istasyonu ile birlikte 178 bin dolara yükselmiştir. 3D Modeller için üretilen bir makara filamentin fiyatı ise 350 dolar olarak satışa sunulmuştur.

Dördüncü jenerasyon olarak SLS teknolojisiyle çalışan DTM SinterStation 2000, DTM tarafından tasarlanıp üretildi ve yüksek fiyatlarına rağmen ticari başarı sağladı. Bir SinterStation 2000’in fiyatı, bir baskı malzemesiyle birlikte 397 bin dolar olarak belirlenmiştir. Bir SinterStation 2000’in üretim hacmi 13 inçlik çapı olan bir silindirden oluşmuştur.

1993: MIT, 3DP adını verdiklerin üç boyutlu baskı teknolojisini icat etmiştir. Bu teknoloji, seramik tozlarının ince bir katman halinde serilmesinin ardından bir bağlayıcının jet sistemi ile püskürtülerek seramik tozlarının katman katman bir araya getirilmesiyle katılaşmasını sağlamaktadır. Bu sistemin avantajı, SLS sistemindeki gibi destek malzemesine ihtiyaç duymamasıdır çünkü üretilen parça baskı sırasında içinde bulunduğu toz granüller arasında desteklenmektedir. MIT, lisansını birçok firmaya satmıştır bunlar arasında Z Corporation da vardır.

1996: İlk ink jet teknolojiyle çalışan üç boyutlu yazıcı ‘The Actua 2100’ 3D Systems

tarafından geliştirilmiştir. Metal döküm için kullanılmak üzere mum tipi bir malzemenin katman katman bir araya getirilmesiyle çalışmaktadır. Açılış fiyatı 65 bin dolar civarında olmuştur. Z Corporation adlı firma ise MIT'den satın aldığı lisans hakkıyla birlikte ink jetteknolojisiyle çalışan Z402 üç boyutlu yazıcıyı piyasaya sürmüştür. Z402, nişasta ve sıva malzemesine benzer tipteki toz haldeki malzemeleri su bazlı bir yapıştırıcıyla katman katman bir araya getirerek çalışmaktadır. 2012 yılında Z Corporation, 3D Systems tarafından 135,5 milyon dolara satın alındı.

1997: 3D Sytems, EOS GmbH isimli avrupadaki en büyük rakibi olan alman şirketten satılmakta olan SLA tipi üç boyutlu yazıcının satın alma haklarını 3,25 milyon dolara devralmıştır.

1999: Ayrıca bio printing alanında Anthony Atala, laboratuvar ortamında geliştirdikleri implant bir idrar torbasını hastaya naklettiler. Organ, üç boyutlu baskıyla üretilmiş bir iskeleye idrar torbası hücrelerinin ekilmesiyle oluşturulmuştur. Organın hastaya nakledilmesinden sonra herhangi bir reddedilme durumu yaşanmamıştır ve operasyon başarılı bir şekilde gerçekleşmiştir.

2000: İsrail kökenli bir firma olan Object Technologies, ink jet teknolojisiyle çalışan üç boyutlu yazıcı Quadra'yı geliştirdiler. Dört baskı kafasıyla malzemenin püskürtüldüğü 1,535 nozzle ile birlikte fotopolimer haldeki malzemeyi Ultraviyole ışınla kürleyerek katılaştırması işlemini yapmaktadır. Orijinal modeli daha sonra geliştirilen bir üst versiyonu olan Quadra Tempo takip etmiştir [15].

2001: SLS teknolojisinin öncüsü olan DTM, 3D Systems tarafından 40,3 milyon dolara satın alınmıştır. Bu sırada 3D Systems, inkjet, termojet ve SLA tipi olmak üzere fiyat aralığı 49 bin dolardan 799 bin dolara kadar değişen bir aralığa sahip üç boyutlu yazıcıları piyasaya sürüyordu. Aynı yıl içerisinde 3D Systems, bir Fransız firması olan Optoform ile İsviçreli bir firma olan RPC'yi de satın almıştır.

2002: Wake Forest üniversitesi böbrek hücrelerinin, biyo materyal destekleriyle oluşturulmasını sağlayan bir üç boyutlu yazıcı geliştirmiştir. Bu deneysel makine aynı zamanda kulak doku örneğini oluşturmak için de kullanılmıştır. Bu modelin çıktısı, üç

boyutlu yazıcılardan katman katman oluşturulabilecek bir üç boyutlu organ prototipi için örnek olmuştur [16].

2004: Stratasys, 2002 Dimension'ın üst modeli olarak geliştirdikleri The Dimension SST adlı üç boyutlu yazıcıyı piyasaya sürmüştür. Geliştirdikleri yazıcıda, çözünebilir destek malzemesinin otomatik olarak sökülebildiği bir sistem tasarlamışlardır. Bu sistem daha karmaşık geometrilere sahip modellerin ve prototiplerin üretilebilmesine imkân sağlamıştır. The Dimension SST'nin fiyatı ise 34.900 dolar olarak belirlenmiştir.

2005: Z Corporation, ilk yüksek çözünürlüklü renkli üretim yapabilen Spectrum Z510 adını verdikleri üç boyutlu yazıcıyı geliştirdi. Düşük üretim maliyetlerine sahip olan Z510, kendi sınıfında en büyük üretim hacmine sahip olarak (25,4cm*35,6cm*20,3cm) geliştirilmiş yüzey kalitesiyle birlikte 49.900 dolardan piyasaya sürülmüştür [17].

RepRap (Replicating Rapid Prototyper) adıyla bilinen açık kaynak projesi UK Bath Üniversitesinden makine mühendisliği departmanı öğretim görevlisi Dr. Adrian Bowyer tarafından kurulmuştur. Bu projenin amacı kendi parçalarını da basabilen böylelikle kendi taklidini oluşturabilen bir FFF (Fused Filament Fabrication) tipi üç boyutlu yazıcı üretmektir. FFF yasal gerekçelerden dolayı Stratasys'in keşfettiği FDM (Fused Deposition Modelling) işlemi ismine alternatif olarak üretilmiş bir isimdir [18]

2007: Z Corporation, Z450 adını verdikleri ve 40 bin doların altına piyasaya sürülen ilk renkli üç boyutlu yazıcıyı geliştirmiştir. Ayrıca üretim hızı kendi sınıfındakilere göre oldukça 22 yüksektir, günler boyunca üretilecek bir ürünü saatler içinde üretebildiği öne sürülmüştür. Geliştirilmiş Zprint yazılımı sayesinde makinenin LCD panelinde eş zamanlı olarak kullanılmakta olan toz malzeme, yapıştırıcı ve mürekkep miktarını izlemek mümkün hale getirilmiştir. Z450'nin üretim hacmi 20,3cm*25,4cm*20,3cm olarak tasarlanmıştır [19].

2008: İlk RepRap projesi sonucu olan 'kendi taklidini yapabilen' Darwin isimli üç boyutlu yazıcı üretildi. Tüm modeller, devrimci biyolojistlerin isimleriyle adlandırıldı.

Darwin, kendi parçalarının %50'sini üretebiliyordu [20]. Diğer taraftan, üç boyutlu yazıcı üreticisi olan Makerbot tarafından 'Thingiverse' isimli üç boyutlu baskı sürecine hizmet edecek bir web sitesi kuruldu. Thingiverse, üç boyutlu katı modellerin hardware tasarımlarının açık kaynak olarak ücretsiz bir şekilde sunulduğu bir platform oldu.

Wikipedia'ya göre 19 Temmuz 2014'e kadar 400 bin model indirildi [21].

2010: Gövdesi üç boyutlu yazıcıdan üretilmiş Urbee isimli prototip araba geliştirilmiştir. Tüm dış aksamları, 3D Systems tarafından geliştirilen RedEye on Demand servis sisteminden elde edilerek ABS malzemesi kullanılarak üretilmiştir [24]. Diğer taraftan bir ilaç firması olan Organovo tarafından ilk bio printed kan hücreleri oluşturulmuştur. NovoGen teknolojisi adını verdikleri sistemi Missoriu Colombia üniversitesinden prof. Gabor Forgacs geliştirdi].



2011: Exeter ve Brunel üniversitelerinin önderliğinde, yazılım geliştirici Declam ile birlikte üç boyutlu baskı teknolojisi olan ink jet ilk defa çikolata malzemesi için kullanıldı. 24 Çikolatanın basılması, hassas ısıtma ve soğutma döngülerini gerektirmektedir. Bu sistem de araştırma takımının bu işleme özel yeni geliştirdiği bir sistemle gerçekleştirildi [26].

2012: Üç boyutlu yazıcı üreticisi olan Z Corporation ve medikal/dental ürünler tasarlayan Vidar Systems, 3D Systems tarafından 135,5 milyon dolara satın alındı. [28]. Diğer taraftan dünyanın ilk üç boyutlu baskıyla üretilmiş alt çene implantı Belçikalı bir firma olan

LayerWise ile üretildi. Yüksek hassasiyette bir lazerin metal toz partikülleri eriterek bir araya getirmesiyle oluşturulan parça, üç boyutlu yazıcıda katmanların başarılı bir şekilde

sıralanmasıyla başarılı bir şekilde meydana getirmiştir [29]

Diğer taraftan FDM teknolojisinin geliştiricisi Stratasys ve polyjet teknolojisinin geliştiricisi olan Objet Geometries birleşmeye karar vererek 1,4 milyar dolar değerinde bir şirket ortaklığına gitmişlerdir [30].

2014: Dijital dişçilik sektörü üç boyutlu baskı dünyasından giderek popülerleşmeye başlamıştır. Stratasys'Object bu alanda da öne çıkan firma olmuştur. Geliştirilen yeni bir materyal olan VeroGlaze, A2 dişlerinin doğal renginde ve görünümünde olmasını sağlamıştır.

Stratasys'Object, dişçilik odaklı üç boyutlu yazıcıları da piyasaya sürmeye başlamıştır bunlardan bazıları Object EdenV ve OrthoDesk ailesindedir [30].

28 Temmuz 2014'te Amazon, üç boyutlu baskı sektöründe önemli bir yer kaplayacak '3d printing store' adını verdikleri üç boyutlu baskı dükkanını web üzerinde açtı. Belirli sayıda ve çeşitte ürün aralığına sahip firma, Sculpteo, 3DLT ve Mixee Labs partnerleriyle birlikte müşterilerin taleplerini karşılamaktadırlar. [31].

2015: Çinli bir inşaat firması ise 3D Yazıcı ile 2 büyük bina üreterek teknolojiyi bir sonraki adıma taşıdı. WinSun Dekorasyon ve Mühendislik Şirketine göre yapıların 3D Yazıcı ile üretilmesi için geri dönüştürülmüş beton kullandı. 1100 metrekare olan bina fabrikada 26 üretildikten sonra birleştirilmek üzere binanın kurulacağı yere taşındı. Uzunluğu 32, genişliği 10, yüksekliği ise 6 metreden oluşan parçalar üreten 3D Yazıcı çimento benzeri bir materyal kullanıyor. Tescilli olan bu materyal içerisinde fiberglas, beton tozu, kum ve sertleştirme malzemesi yer alıyor. Depreme karşıda oldukça dayanıklı bir malzeme olduğunu belirtiyor.[32]

2016: Şangaylı bir grup genç tasarımcı, örümcek ağlarının güçlü ve dayanıklı yapısından ilham alarak bir 3D yazıcı geliştirdiler. Robot kolun ucuna bağlı 4 adet ekstruder ile örümcek ağlarındaki gibi dalgalı ve sağlam yapıyı oluşturdular [33].

2018: Üzerinde uzun zamandır çalışılan bu üç boyutlu metal yazıcısı, Titomic'in alanda

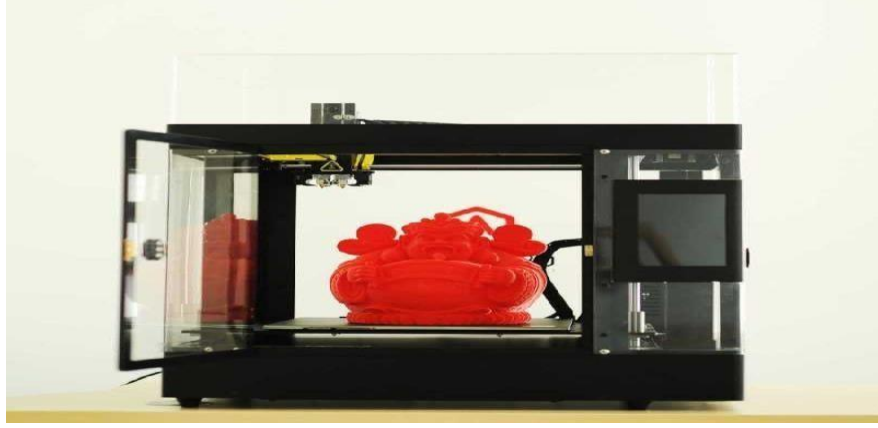
geldiği son noktayı gözler önüne seriyor. Tam 9 metre uzunluğunda 3 metre genişliğinde 1,5 metre yüksekliğinde baskı alanı bulunan teknoloji harikası, bu alana bağlı kalmak zorunda da 27 değil. Yani istenildiği zaman daha büyük baskıların alınabildiği gelen bilgiler arasında yer alıyor. 3D yazıcının çalışma mantığı da benzerlerine göre çok daha yenilikçi. Açıklandığı kadarıyla sistem metali eriterek baskı gerçekleştiriyor. Bunun yerine robot kol tarafından yüksek hızda fırlatılan metal tozu parçacıkları (Titanyum) kullanılıyor. Şirketin Kinetic Fusion adını verdiği bu teknik, süpersonik hızda fırlatma yaptığı için metal parçacıklarını mekanik olarak bir araya getiriyor. Bu sayede eklemeli üretimi mümkün kılan teknik, gerçekten hayranlık uyandırıyor. Üretim sürecinde materyal kaybı yaşatmayan 3D metal yazıcı, ısı kullanmadığı için baskıya zarar verme riskini de ortadan kaldırıyor [34].

2020:North Carolina’da bulunan Wake Forest Üniversitesi araştırmacıları kendilerinin ürettiği bir üç boyutlu yazıcı ile organ, doku ve kemik üretebilen bir makine geliştirmişlerdir. Bu gelişmeye bağlı ve teorik olarak, üretilecek bu organ, doku veya kemiklerin, yaşamakta olan insanlarda kullanılabileceğini düşünüyorlar.

2.1. 3D Yazıcı Çeşitleri

Günümüzde yaygın olarak kullanılan bazı yazıcı tiplerinden bahsedeceğim. 3D yazıcı teknolojisi yazının da başında bahsettiğim gibi “Katmanlı İmalat” tekniğine sahiptir. Yani tüm yazıcılar baskılarını katmanlar halinde çıkartıyorlar.

Baskının katmanlaştırılmasının da farklı teknikleri var ve bu teknikler 3D yazıcıların çeşitlere ayrılmasına sebep oluyor. Endüstriyel 3D yazıcılar ile ev tipi 3D yazıcılar arasındaki farklar da burada ortaya çıkıyor. 3D yazıcıları çeşitlere ayıran bu teknikleri inceleyelim.



Şekil: Bir 3D yazıcı modeli

2.1.1. Stereolithography (SLA) Teknolojisi

3D yazıcı teknolojisindeki en eski teknik olsa da günümüzde hala kullanılmakta SLA tekniği. SLA teknolojisine sahip 3D yazıcılarda akışkan foto polimer (özel bir plastik çeşidi) hammaddeler işlenerek katı forma dönüşüyor ve baskı elde ediliyor. Hammadde yarı akışkan forma gelecek şekilde eritildikten sonra katman oluşuyor. Oluşan katmanlar bilgisayar kontrollü ultraviyole ışınlar ile bütün bir yapıya dönüşüyorlar. Her bir katman için bu işlem tekrar ediliyor ve baskının sonunda 3D katı bir model ortaya çıkıyor. İşlemler hızlı gerçekleşir ve detaylı, titiz baskılar elde edilir.

2.1.2. Digital Light Processing (DLP) Teknolojisi

DLP (Dijital Işık İşleme) tekniği SLA ile birçok ortak noktaya sahiptir. 2 teknikte de baskılar, akışkan polimerler ile gerçekleşir ve ikisi de baskıyı işlerken ışıktan faydalanırlar. Bu akışkan polimerler, reçine diye de tabir edilebilir. SLA ışığı lazer ile sağlar, DLP tekniği ise özel bir projektör ile. DLP tekniği fazlasıyla hızlı işler ve SLA tekniğindeki gibi temiz ve detaylı baskılar elde edilir.

2.1.3. Fused Deposition Modelling (FDM) Teknolojisi

FDM (Birleştirmeli Yığma ile Modelleme) masaüstü 3D baskıda en yaygın kullanıma sahip tekniktir. İşleme başlamadan önce yazıcıya bir 3D model verisi girilir. Bilgisayar destekli bu tasarım verisini yazıcı okur ve işlem başlar. Termo plastik malzeme yazıcının extruder diye adlandırılan bölgesinde ısıtılarak erimiş plastik olarak X ve Y koordinatlarında

basılır. Tabanın en altından başlayarak Z koordinatı boyunca katmanlar serilir. Serilen katmanlar birleşerek katı formda bir model elde edilir.

2.1.4. Selective Laser Sintering (SLS) Teknolojisi

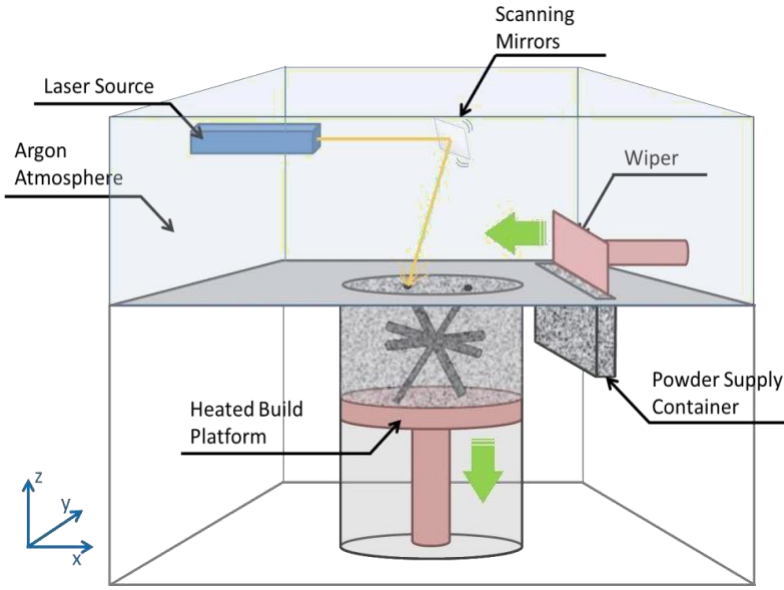


Şekil-1: Selective Laser Sintering (SLS) Teknolojisi

SLS (Seçici Lazer Sinterleme) tekniğinde SLA’de olduğu gibi işlem bir lazer ile yapılır. SLA ile aralarındaki önemli fark, SLS tekniğinde hammadde olarak akışkan yerine toz malzeme kullanır. Bu malzemelere naylon, cam, seramik, alüminyum gibi örnekler verilebilir. Bu teknik yaygın olarak endüstride ürün geliştirmede ve hızlı prototiplemede kullanılır. Sinterlemek, katılaştırmak anlamına gelmektedir.

2.1.5. SLM (Selective Laser Melting) Teknolojisi:

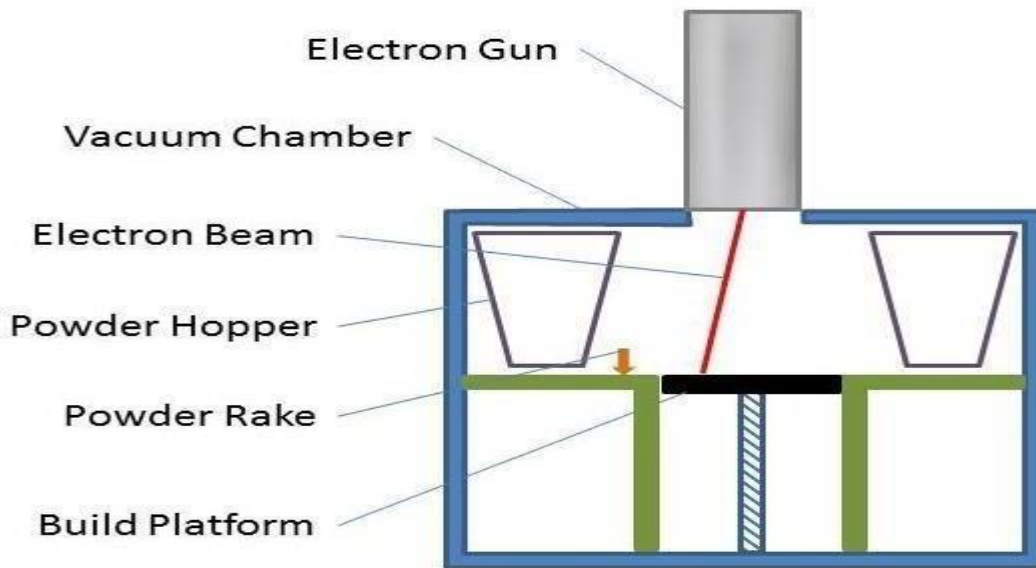
SLM (Seçici Lazer Eritme) tekniği birçok yerde SLS tekniği olarak addediliyor. Bu teknikte toz metaller yüksek güçte bir lazer ile 3D baskı haline getiriliyor. Bu teknoloji havacılık ve medikal sektörlerinde kullanılmaktadır. Alüminyum, paslanmaz çelik ve titanyum gibi malzemeler kullanılabilir.



Şekil-2: Selective Laser Melting Teknolojisi

2.1.6. Electron Beam Melting (EBM) Teknolojisi:

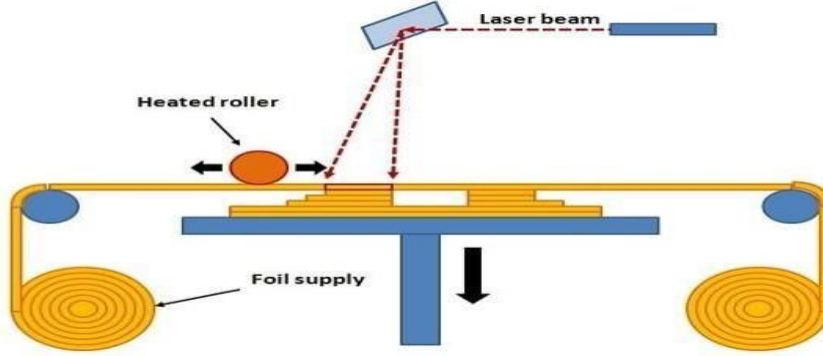
EBM (Elektron Hüzme Eritmesi) tekniği, toz taban füzyonu konusunda SLM tekniğine çok benziyor fakat iki tekniği birbirinden ayıran en önemli nokta kullanılan güç kaynakları. EBM teknolojisinde güç kaynağı olarak bir vakumun içindeki elektron demeti kullanılır ve çok yüksek sıcaklıklarda işlem yapar. Bunun haricinde SLM ile çalışma prensibi neredeyse aynıdır. EBM teknolojisinde de hammadde olarak metal kullanılır.



Şekil-3: EBM 3D Yazıcı Çalışma Prensibi

2.1.7. Laminated Object Manufacturing (LOM) Teknolojisi:

LOM (Katmanlı Mal İmalatı) tekniğinde ısı ve basınç yardımıyla üst üste birleştirilmiş kâğıt, plastik veya metal laminatlardan oluşan hammaddeler kullanılır. Hammadde ısı ve basınç ile eritilir, bilgisayar kontrollü bir bıçak veya lazer ile kesilerek şekillendirilir. Hızlı prototipleme imkânı sağlar.

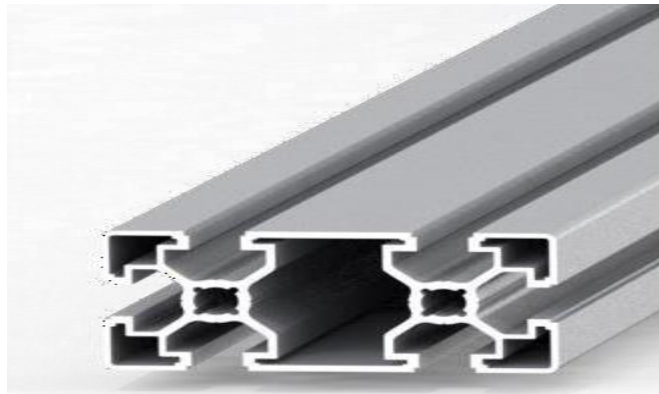


Şekil-4: Laminated Object Manufacturing Çalışma prensibi

2.2. 3D Yazıcıda Kullanılan Kontrüksiyon Malzemeleri

Bir 3D yazıcıda genel olarak bulunan parçaları inceleyelim;

- **Sigma Profiller:** 3D Yazıcının iskeletini oluştururlar.



- **Şase (alüminyum veya pleksiglas):**



- **Rulmanlar:**



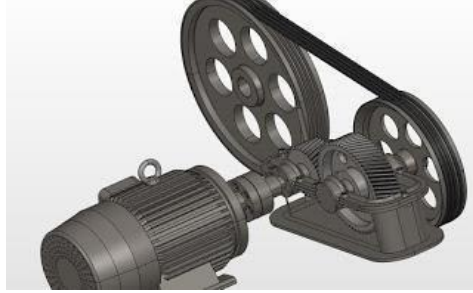
- **Kaplinler:**



- **Miller:**



- **Kayıřlar ve Kasnaklar:**



- **Nalburiye Malzemeleri (Somun, cıvata vb.)**



- **Ara Elemanlar** (İskeletin oluşması için gerekli 3D baskı, plastik veya akrilik parçalar)



- **Step Motorlar:**

X,Y,Z hareketleri ve extruder'ın itiş hareketi için kullanılırlar.



- **Fanlar:** Hava sirkülasyonunu sağlamak için kullanılırlar.



- **Termistör:** Isıyı ölçen komponenttir.



- **Isıtıcı:** Filamentin gerekli ısıya ulaşmasını sağlayan komponenttir.



- **Sıcak Tabla:** Baskının üzerine yapıldığı yüzeydir.



- **Extruder:** Filamentin eritilip, itilerek nozzle ucuna aktarıldığı bölgedir.



- **Nozzle:** Sıcak filamentin baskı için çıktığı kafa noktasıdır.



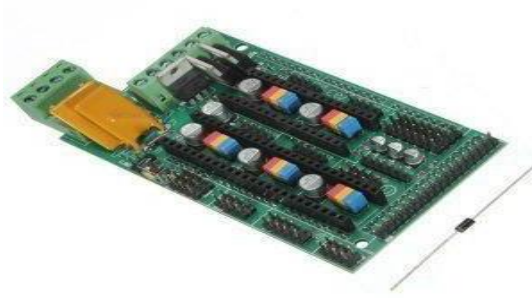
- **Limit Switch'ler** (Endstop, durdurucular): Yazıcıdaki X,Y ve Z koordinatlarındaki hareketler bu anahtarlar ile kontrol edilir.



- **Güç Kaynağı:** 220V alternatif akım enerjisini 12V veya 24V Doğru Akım enerjisine çevirerek yazıcıya enerji verir.



- **Anakart:** Yazıcıdaki elektronik işlemleri anakart gerçekleştirir.



- **LCD Ekran:** 3D Yazıcıdaki işlemler buradan kontrol edilir.



- **Filament:** Genellikle ABS ve PLA yapıdaki filamentler kullanılır.



2.3. Filament ve Çeşitleri

Filament, termoplastik malzemelerin 3D Yazıcılarda kullanılmak üzere özel olarak şekillendirilmiş halidir. Temelde granül halindeki malzemenin farklı aşamalardan geçirilerek bir plastik tel haline dönüştürülmesiyle oluşur. Plastik tel haline gelen filament bir makara üzerine özel yöntemlerle tıpkı bir bobin gibi sarılır. Temelde işlem basit görünse de granülden, filamente, filamentten sarım işlemine kadar olan tüm süreç ayrı bir özen gerektirir. Filamentin, 3D Yazıcıda kullanımı sırasında düzenli akışı ve kullanımını doğrudan imalat kalitesini etkileyen en önemli unsurlardan birisidir

Her yıl birçok filament çeşidi üretilmekle beraber teknolojinin gelişmesi ile bu çeşitlilik daha da artmıştır. Filamentler çeşitli boyutlarda (genellikle 1.75mm veya 3.00mm çapında) ve onlarca farklı renkte piyasada bulmak mümkün. Karanlıkta parlayan ve ışık altında parlıyor gibi görünmesini sağlamak için küçük metal pul parçalarına sahip

filamentler mevcuttur. Filament seçiminde dikkat etmemiz gereken en önemli noktlardan biri de gerekli filament çapı ekstrüderin boyutuna bağlıdır.

En yaygın filament türleri, polilaktik asit (PLA) ve akrilonitril bütadien stiren adı verilen plastiklerdir. Her filament türü, üretim platformları için belirli ısıtma özelliklerine ve gereksinimlerine sahiptir. Özellikle aşağıdaki bileşenler yazıcının hangi filamenti destekleyeceğini belirler.

- 1) Ekstrüderin boyutu ve ucun sıcaklığı
- 2) Karakteristik ısınma sonucundaki sıcaklık
- 3) Isıtmalı baskı yatağı desteği

2.3.1. PLA Filament nedir, özellikleri nelerdir?

PLA, filament çeşitleri arasında en popüler olanıdır. Diğer filamentlerle karşılaştırıldığında en çevreci özelliğe sahip olan PLA Filament, biyolojik olarak doğada parçalanabilen bir yapıya sahiptir ve baskı esnasında dışarıya kötü koku yaymaz. En yakın rakibi olan ABS'ye göre daha düşük sıcaklıklarda baskı alınabildiği gibi basımı da oldukça kolaydır.

2.3.2. ABS Filament nedir, özellikleri nelerdir?

PLA'dan sonra en çok kullanılan filament çeşidi ABS Filament'tir. Malzemenin mekanik özellikleri itibarıyla PLA'ya göre 3D Yazıcıda kullanımı biraz daha zor olsa da teknik özellikleri bakımından PLA'dan üstündür. Hayatımızdaki kullanım yaygınlığı PLA'dan fazla olan ABS yüksek sıcaklık ve dayanıklılığa sahiptir. Düşük esnekliğe sahiptir. Hammadde özelliği sebebiyle yiyecek ve içecekler ile kullanılması önerilmez.

2.3.3. PET Filament nedir, özellikleri nelerdir?

PET malzeme endüstride içecek şişelerinin üretiminde yoğunluklu olarak kullanılmaktadır. Gıdaya uyumlu içecek ve gıda ambalajlarının 3D Yazıcıda baskısı için oldukça uygun bir malzemedir. Katmanlar arası bağın çok güçlü olduğu, iyi yüzey kalitesine sahip ve kolaylıkla baskı alınabilecek çıktılar elde edilebilir. PET Filamentleri %100 geri dönüşümlü olduğu için birçok uygulamada çevreci özelliği ile de tercih sebebidir. PET Filamentinin şeffaf renkli malzemesi de bulunmaktadır. 3D Baskı sonrası şeffaflık olarak

yarı geçirgen baskılar elde etmek mümkündür. PET Filamentleri sızdırmazlık özelliğiyle ve PLA kadar kolay baskı alınabilirliğiyle eşsizdir.

PLA, ABS ve PET malzemeler ile çevreci, gıdaya uygun ve sızdırmaz parçalar kolaylıkla elde edilebilir

2.3.4. Antibakteriyel Filamentler

PLA katkılı bir filament çeşididir. Kullanıldıkları parça üzerinde bakteri bulundurmazlar. Teknik özellikleri bakımından hemen hemen PLA ile aynıdır. Eğitim ve gıda sektörlerinde, mutfak ve banyolarda, özellikle bakteri barındırabilecek ortamlarda kullanılırlar. Hammaddesi PLA olması dolayısı ile baskı anında da sağlığa zarar verici bir işlemden geçmezler.

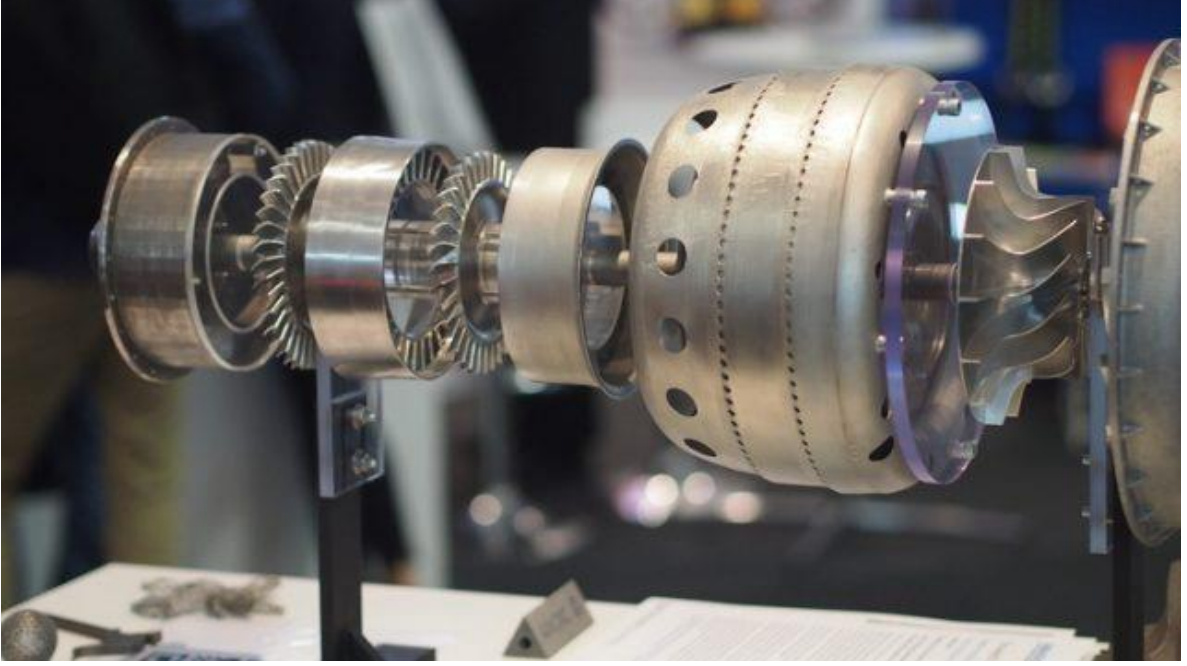
Basım sıcaklıkları 185°C–195°C arasındadır. Yatak sıcaklığının ise 60°C–70°C olması önerilir.dilebilir.

Bunların yanında PoliPropilen (PP), PoliAmid (PA), TPU, TPE, ASA gibi mühendislik filamentleri ile fonksiyonel çalışmalar yapılabildiği gibi karbon-elyaf katkılı PoliAmid, PET, Cam-Elyaf katkılı PoliPropilen ve 316L çelik filamentlerden de son kullanım ürünleri basmak mümkündür.

3. 3D YAZICININ GÜNÜMÜZDE KULLANIM ALANLARI

3.1. Havacılık Sektöründe 3 Boyutlu Yazıcılar

3 boyutlu yazıcılar (3DP)'ın getirdiği avantajlar ile havacılık ve uzay sanayisinde devrim niteliğinde gelişmeler yaşanıyor.



Şekil-5: 3DP ile üretilmiş Minyatür Jet Motoru

3 boyutlu yazıcılar (3DP), geleneksel üretim yöntemlerine kıyasla çok daha farklı teknikler kullanmaktadırlar. Geleneksel yöntemlerde (CNC vb.) hammaddeler kesilerek ya da oyularak hedeflenen ürüne ulaşılmaya çalışır. 3 boyutlu yazıcılar ise hammaddeleri toz, sıvı ya da şerit şeklinde işlemeye alarak çoklu katmanlar üzerine baskı yöntemi ile ürün elde etme prensibine sahiptir. Havacılık ve uzay sektöründe uluslararası bir kural olan “buy-to-fly” oranları ile üretim aşamaları dizayn edilmektedir. Özetle, bir ürünün ya da parçanın son haline ulaşabilmesi için materyal girdisi olarak eklenen hammadde oranları birbirine endekslenir. Farklı ürünler için farklı “buy-to-fly” oranları olmasına rağmen, havacılık ve uzay sektöründe ortalama 4:1 ile 20:1 arasında bu oranlar değişmektedir. Bu da yüksek miktarda hammadde kullanımı sebebiyle artan maliyetleri beraberinde getirmektedir.

Maliyetlerin dışında, üretim sonucu doğan atık madde miktarı ise hayli fazladır. Geleneksel yöntemlerin ekonomik ve çevresel olarak sorunlara sebep olduğu göz ardı edilemez bir problem olarak sektörde tartışılmalara sebep vermektedir. Havacılık ve uzay sektöründe üretime 3DP entegrasyonu ile bu sorunlara çözümler doğmuştur. [17]

3.1.1. 3 Boyutlu Yazıcılar (3DP) Ve Getirdikleri Çözümler

3DP, doğası gereği ile tasarruflu bir üretim yöntemidir. 3DP, üretim için yalnızca gereken miktarda hammadde girişi sağlayarak; hammadde masraflarını düşürmekte ve

üretim sonucu doğan atık madde birikimine de engel olmaktadır. Geleneksel yöntemlere kıyaslandığında, 3DP kullanımının eskiye kıyasla sadece %5 ile %10 oranları arasında değişen atık madde üretimine sebebiyet verdiği gözlemlenmektedir. 3DP için gereken materyal özellikleri hesaba katılınca, atık maddenin büyük çoğunluğu üretimde tekrar kullanılabilir seviyede ve geri dönüştürülebilir.

Üretim için gereken hammadde girdisi konusunda da, 3DP entegrasyonunun “buy-to-fly” oranlarında 1:1’e kadar verimlilik sağladığı gözlemlenmiştir. Bu verimlilik oranının havacılık ve uzay sektörü açısından getireceği ekonomik ve çevresel kazanımlar hayli fazladır. Uçaklarda ve uzay araçlarında kullanılan materyallerin kalite standartları hayli yüksek olduğu için, maliyetler de bir o kadar artmaktadır. Hammadde gereksiniminin azalması, üretim maliyetlerinde büyük düşümlere neden olmaktadır.



Şekil-6: Airbus THOR insansız hava aracı projesi

3.1.1.1. 3 Boyutlu Yazıcılar İle Hafifleyen Ürünler

3DP yöntemleri ile daha önce mümkün olmayan geometrik şekillerin üretimi mümkün hale gelmekte. İçi boş yapılar ve doğayı taklit eden (biomimicry) dizaynların üretilebilirliği ise önceki ürünlere kıyasla daha hafif, daha sağlam ve daha verimli ürünlerin oluşumuna katkı sağlamakta. Hafifleyen uçakların en büyük getirisi ise azalan yakıt tüketimi olarak öne

çıkıyor. Airbus'ın geliştirdiği THOR isimli insansız uçak sistemi, 3DP teknolojisinin başarısını test etmek amacı ile uçuş testlerine ve Ar-Ge çalışmalarına katkıda bulunmakta. Hafifleyen uçakların daha düşük yakıt tüketmeleri ise, yakıt tüketiminden doğan karbondioksit salınımlarının azaltılmasına büyük katkıda bulunacak.



Şekil-7: İHA Teknolojisinde Kullanımı

Bu getirinin uzun vadede gezegeni tehdit eden iklim değişikliğine dolaylı olarak müdahale etmesi beklentiler arasında. Havayolu şirketleri ve müşteriler için de hafifleyen uçakların getirileri bir hayli fazla. Daha düşük operasyonel maliyetler ile havayolu şirketlerinin kâr oranlarını arttırmaları mümkün. Azalan maliyetlerin tüketicilere yansımalarının ise daha ucuz uçak biletleri olması bekleniyor. General Electric, şuan için 3DP teknolojisini uçak üretiminde kullanmaya başladı. Yeni nesil uçak motorlarının üretiminde yüksek miktarda 3DP katkısı kullanılmakta. Ayrıca General Electric, 2020 sonuna kadar 100.000 uçak motoru parçasının 3DP yöntemleri ile üretilmesini hedeflediğini belirtti.

3.1.1.2. Uzay Teknolojileri ve 3 Boyutlu Yazıcılar

Uydu tasarım ve üretiminde de 3DP yöntemleri umut vaat eden gelişmeler getirmekte. Avrupa Uzay Ajansı (ESA) verilerine göre, uzaya 1 kilogramlık madde göndermenin maliyeti 20.000€ gibi maliyetlere ulaşmakta. Sadece tek bir roket fırlatma operasyonunun ise multi-milyon dolarlık maliyetleri olduğunu göz önünde bulundurursak, hafifleyen uydular ve uzay araçları çok büyük maliyet tasarruflarına yol açabilir. Havacılık ve uzay

sanayisi için 3 boyutlu yazıcı üreten firmalardan biri olan EOS, yeni uydu parçaları geliştirip test ettiklerini ve uçuş izni aldıklarını belirtti.



Şekil-8: Uzay Sektöründe Kullanımı

Yeni geliştirilen anten braketleri ile 660 gramlık ağırlık azalımı sağlamalarına ek olarak, yeni geliştirilen hafif anten braketinin ise eskisine kıyasla çok daha sağlam olduğu belirtildi. Airbus firması ise uyduların konnektör braketlerinde 1 kilogramağırlık azalımı sağlayan yeni 3DP eseri uydu parçalarını geliştirdiğini duyurdu. Ağırlık azalımına ek olarak 3DP teknolojisi ile çok daha hızlı üretimin sağlandığını belirten Airbus mühendisleri, üretimin

15 gün kısaltıldığını belirtti. 3DP teknolojisinin daha fazla uydu parçası imalatında kullanılması, yüzbinlerce dolarlık maliyet azalımına sonuç olabilir. [17]



Şekil-9: 3DP ile üretilen uydu anten braketi

3.1.2. Lojistik Alanındaki Değişimler

3DP kullanımı ile merkezi üretim ve dağıtım sistemlerine olan bağılıklar azalmakta. Buna ek olarak, havayolları acil durumlarda gereken yedek parça teminlerini kendi bünyelerinde elde edebilecekleri 3 boyutlu yazıcılar ile yapabilme kabiliyetine sahipler. Dijital üretimin getirilerinden birisi olarak, tedarikçi firmalar dijital üretim planlarını kullanıcı firmalar ile paylaşarak yedek parça üretim ve tedarik giderlerinden kurtulabilirler. Bunun kullanıcı firmalara getirisi ise yedek parça tedarikçisinin pahalı olması ve uzunsürmesi gibi sorunlarla da başa çıkılması olarak ön plana çıkıyor. Uzun vade de önemli hava ulaşımı merkezlerinin bu teknik kabiliyete sahip olması beklenmekte. Ekonomik getirilerin yanı sıra, lojistik süreçlerde yaşanan hasarlar, bekleme süreleri ve taşımaya bağlı karbondioksit salınımının da önüne geçilmesi diğer faydalar arasında sayılıyor.

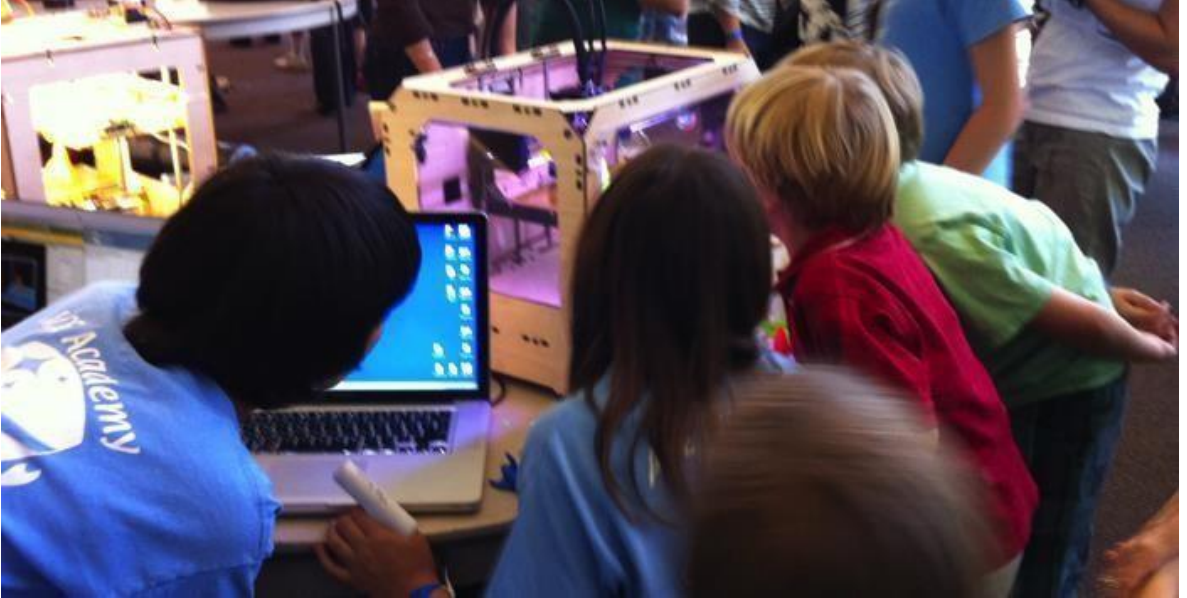
Özetle, 3DP teknolojilerinin pek çok sektörde büyük değişimlere sebebiyet vermesi beklenmekte. Maliyetlerin düşürülmesinin ve çevresel katkıların sağlanmasının, 3DP teknolojilerinin entegrasyonunu hızlandırması bekleniyor. Orta vadede daha fazla 3DP uygulamalarının sektörü etkilemesi beklenirken, tedarikçi şirketlerin de işletme stratejilerinde buna odaklı olarak değişim yapmaları kaçınılmaz olacak. Daha iyi bir gezegende yaşamamıza katkıda bulunan 3DP teknolojilerinin daha ne gibi getirileri olacağını zamanla göreceğiz.

3.1.3. Eğitimde 3D Yazıcı Teknolojisi

3 boyutlu (3D) yazıcı teknolojisini birçok alanda kullanmak mümkün. Endüstriyel imalat, tıp ve sağlık, havacılık ve uzay, mimarlık ve inşaat, askeri uygulamalar, tekstil, gıda, eğitim ve diğer birçok alan buna örnek olarak verilebilir. Eğitim başlığı 3 boyutlu (3D) yazıcılar için stratejik bir öneme sahiptir. İnteraktif olarak geçen, mekanik ve teknik derslerdeki yaratıcılığın artırılmasında önemli bir araç olarak görülmektedir. Bu teknolojinin eğitim ortamında etkin bir şekilde kullanımı ile çok farklı alanlarda farklı deneyimler yaşanabilmektedir. İlköğretimden üniversiteye kadar, okullar kullanılan 3D yazıcılar güven arttıran ve öğrencilerin hayal gücünü artıran yeni ve yeni öğrenme fırsatları sunan bir teknolojidir. Bu teknoloji eleştirel düşünme açısından paradigmayı değiştirirken, öğrencileri mantık ve mantık kullanarak sorunları çözen fiziksel nesnelere yaratma yetkisi vermektedir. Etkileşimli, mekanik ve teknik dersler oluşturmak için bazı okullarda 3D baskı teknolojileri kullanılmaktadır. Bu, genç akıllara ilham vererek ve öğrenmeyi daha eğlenceli hale getirmektedir. Mimarlık eğitimi, sanat eğitimi, biyoloji eğitimi, kimya eğitimi, jeoloji eğitimi, tarih eğitimi, matematik eğitimi, bilim ve mühendislik eğitimi gibi alanlarda 3D yazıcı teknolojilerinin kullanımı görülmektedir. 1950'lerde yaygın olarak tepegöz ve slaytlar üzerinden anlatılan matematik, fizik vb. dersler, 1970'lerin ortalarına gelindiğinde yeni teknolojiler ile farklı bir öğrenme yapısına kavuşmuştur. Günümüze değin gelişerek devam eden bilgisayar, projeksiyon vb. teknolojilerin yanına artık eğitim alanı için yeni bir teknoloji olan 3D yazıcılar da dahil olmuştur. 3D baskı, özellikle havacılık ve savunma sektörleri ile popüler olan prototipleme ve üretim için iyi kurulmuş bir endüstriyel teknolojidir. Eklemeli imalat olarak da bilinen 3D baskı, katı bir 3D nesnenin dijital bilgisayar destekli tasarım (CAD) dosyasından yapılması işlemidir. Yazıcı, son nesne oluşturuluncaya kadar art arda malzeme katmanları ekler. CNC vb. teknolojilerde katı bir bloktan parça uzaklaştırma prensibi kullanılırken 3D yazmada tam tersine üst üste katı ekleme prensibi ile üretim yapılmaktadır. 3D yazma sürecinde, minimum atık malzeme ile hızlı bir üretim, tasarım esnekliği ve kullanıcıların düşük maliyetle tasarım nesnelere üretebilmelerine olanak vermektedir.

Günümüzde özellikle Avrupa'daki okulların birçoğu 3D baskı projeleri geliştirmekte ve bu da öğrencilerin ders motivasyonunu arttırmaktadır. 3D yazıcıların yeni teknolojiler ve daha az maliyetle üretilmesiyle kullanım alanında büyük bir gelişme yaşanmıştır. Büyük miktarda yatırım yapmadan yaklaşık 300 dolar gibi bir fiyatla okulların bu teknolojiyi eğitim

materyalleri arasına katması artık mümkün. Bu gelişme ile öğretmenlere ve diğer eğitim profesyonellerine etkin bir araç kazandırmıştır. Öğretmenler artık tasarım yazılımı indirebilir ve tabletler ve cep telefonları aracılığıyla erişebilir, öğrencileriyle beraber tasarım yapabilir ve bunu 3D olarak yazdırabilirler. Bu uygulamalar tasarım platformlarını kullanarak öğrencilerin öğrenme sürecini ve becerilerini geliştirir. 3D baskıyı bir üretim yöntemi olarak kullanmak, öğrencilerin bir fikri kavramından fiziksel bir nesneye nispeten kolaylıkla geçmelerini sağlar. Fiziksel bir nesneyi sorgulamak, öğrencilerin tasarımlardaki hataları tespit etmelerini kolaylaştırabilir. Bu onların yaratıcı, pratik bir şekilde değerli problem çözme becerilerini kazanmalarını sağlar; Prototipleri bastırma yeteneği olmadan, öğrencilerin tasarımlarındaki zayıflıkları tespit etmeleri ve bunları geliştirmeleri çok daha zor olacaktır.

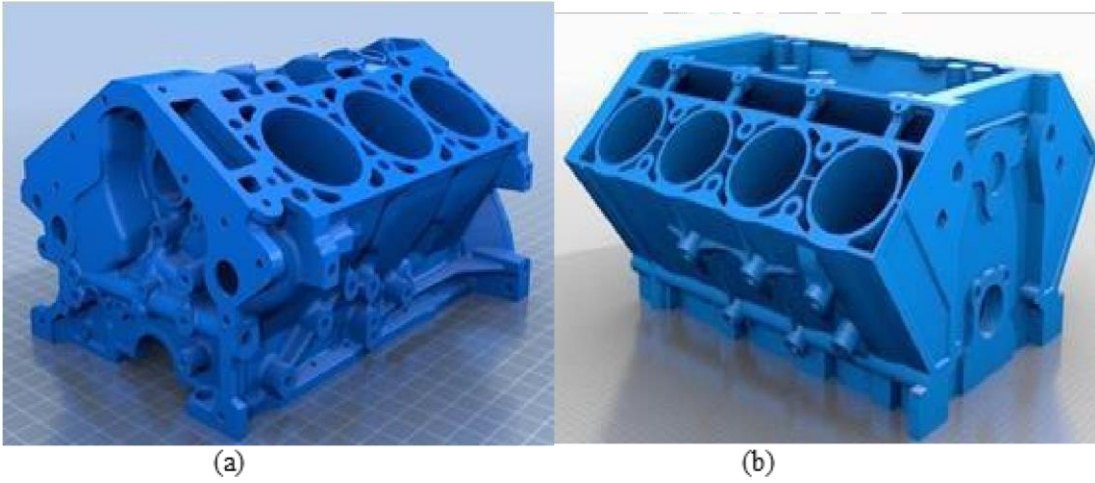


Şekil-10: Eğitim sektöründe üç boyutlu yazıcı

3.1.4. Otomobil Sektöründe Kullanılan Üç Boyutlu Yazıcılar

Otomotiv ve otomotiv yedek parça sektöründe de 3 boyutlu yazıcılar, bu yetenekleri doğrultusunda daha düşük maliyetler ile esnek üretim sağlayabildikleri için günümüzde tercih sebebi olmaktadır. Otomotiv sektörü oldukça farklı komponentler ve malzemeler ile disiplinler arası çalışmaktadır. Ortalama olarak bir araç içerisinde 30.000’den fazla parça bir araya gelerek bir aracı oluşturduğunu düşünürsek, üretim metodu olarak da farklı malzemeler ile çalışabilmek burada önemli bir parametre olmaktadır.

Örneğin, tasarım aşamasında olan bir aracın prototiplenmesi ve gerçeğe en uygun şekilde üreterek gerekli kontrollerin seri üretim öncesi yapılması gerekmektedir. Burada FDM (Fused Deposition Modelling) teknolojisine sahip 3 boyutlu yazıcılar devreye girerek, kompleks geometrilerdeki tampon, ızgara, çamurluk ve benzeri gibi plastik dış aksamaları ABS malzeme ile üretilmektedir. Yazıcılardan çıkan malzemelerin dış yüzeyinde kolaylıkla ardıl işlem yapılabilirdiği için üretim yöntemi dolayısıyla katmanlı olan yüzeyler, pürüzsüz ve kusursuz hale getirebilmektedir. Bu sayede parçalı üretim yapılırsa bile, birleştirme ve ardıl işlemler ile sınırsız boyutlarda parçalar üretebilmek mümkün olmaktadır.



Şekil-11: Otomotiv endüstrisindeki 3 boyutlu katmanlı örnek motor imalat uygulamaları (a) V6 Ford motor bloğu, (b) ZR1 V8 Chevrolet motor bloğu

3.1.4.1. Kompleks Geometride Parçaların Üretimi

Otomotivde diğer önemli ihtiyaçlardan biri ise yüksek mukavemette parça üretebilmektir. Araç yapısı itibari ile bazı aksamlar kompleks yapıda tasarlanmaktadır. İç kanalları bulunan, ters açılı veya ince geometrili parçaların üretiminde geleneksel yöntemler mümkün olmamaktadır ya da oldukça zor ve maliyetli olmaktadır. Bu kompleks yapıların üretimi için de 3 boyutlu yazıcılar tercih edilmektedir. Kompleks yapıların PA12 malzemedeki 0.1mm hassasiyeti ile hızlı bir şekilde üretilmesi hem tasarımcı mühendislerin işini kolaylaştırmakta hem de üretim sürecini hızlandırıp, maliyetleri düşürmektedir. HP MJF teknolojisi sayesinde, seri imalat süreci başlamadan önce, ön seri imalat yapılarak 1000-

1500 âdete kadar parça üretimi mümkündür. Üretim âdeti ve malzeme yapısı sayesinde montaj ve çalışma fonksiyonları için gerekli testler yapılabilmekte ve olası doğabilecek hataların üretim öncesi önüne geçilebilmektedir.



Şekil-12: Kompleks geometrikten üretilmiş araba parçası

3.1.5. Üç Boyutlu Yazıcılar Ve Sağlık

Hızlı prototipleme teknolojisindeki yaygınlaşma diğer tüm sektörlerde olduğu gibi sağlık sektöründe de öne çıkmaktadır. Üç boyutlu yazıcılar ile ilgili sektörel gelişmelerin, ekonomik verilerin yıllık olarak değerlendirilip yayınlandığı ‘Wohler Raporu’nda 2012 yılında üç boyutlu yazıcıların sağlık alanında kullanımı, tüm kullanım alanlarını kapsayan 2,2 milyar dolarlık sektör içinde 361 milyon dolar ile altıncı sırayı almıştır. 2020 yılı itibariyle üç boyutlu yazıcı piyasasının 8,4 milyar dolarlık bir ekonomik büyüklüğe ulaşacağı düşünülmektedir. Hızlı prototipleme ve baskı teknolojisi sağlıkta çok farklı alanlarda kullanılmaktadır. Kişi ya da ihtiyaca özel üretim yapılabilmesi nedeniyle bir anlamda ‘butik üretim’ olarak da tanımlanabilir.

3.1.5.1. Doku ve Organ Üretimi

Rejeneratif tıp, 1990lı yılların başında Langer ve Vacanti tarafından “doku mühendisliği” tanımı yapılmasından itibaren kullanıma girmiş bir kavramdır . Doku ve organların normal fonksiyonlarının insan hücrelerinden üretilmiş yeni dokular ile devam edebilmesini ifade eder. Bioprint ise doku mühendisliği ile üretilmiş hücre ya da dokuların bir biyolojik iskelet üzerine oturtulması anlamına gelir.



Şekil-13: Seciçi lazer sinterleme (SIS) yöntemi ile çalışan üç boyutlu profesyonel yazıcı ve SIS yöntemi ile üretilmiş tıbbi model.

3.1.5.2. Ortez-Protez-İmplant Üretim

Hastanın kendi dijital görüntülerinin kullanılarak kısa sürede, kişiye özel, ucuz implant ve protez üretebilme imkanı dişçilik, ortopedi, plastik cerrahi, nöroşirurji, göğüs cerrahisi ve kalp cerrahisi alanlarında oldukça popülerleşmiş ve günlük kullanıma girmiştir. Diş, kemik ve kıkırdak yapılar bilgisayarlı tomografi (BT) ve manyetik rezonans (MR) görüntüleme herhangi bir “ince ayar” (post production-fine tuning) işleminden geçirmeye gereksinim duymadan hacimlendirilebildiğinden özellikle kemik ve kıkırdak defektlere yönelik hızlı üretim yapılabilmektedir.



Şekil-14: Bileşimli yığma yöntemi (FDM) ile Pla filament kullanarak baskı yapan bir masaüstü üç boyutlu yazıcı ve FDM yöntemi kullanılarak üretilmiş kalp maketi.

3.1.5.3. Cerrahi Planlama Ve Radyolojik Uygulamalar

Özellikle onkolojik cerrahi, travma cerrahisi ve rekonstruktif cerrahide operasyon öncesi planlama, rezektabilite değerlendirilmesi, operasyona özgü klavuz, demonstratif kopya oluşturma ve oluşacak defektlerin ne şekilde onarılacağını planlamada faydalı olduğu bildirilmektedir. Karmaşık anatomik özelliklerin operasyon öncesi dönemde anlaşılması, olası risklerin hesaplanması, planlanan girişimin simüle edilmesi ve cerrahi ekip tarafından tartışılması gibi avantajları olduğu bildirilmektedir.

3.1.5.4. Farmakolojik Uygulamalar

Üç boyutlu yazıcıların ilgi çekici kullanım alanlarından biri de ilaç sektörüdür. Bu alandaki çalışmalar ağırlıklı olarak kişiye özgü dozların hazırlanması, birçok ilacın aynı anda alınmasını sağlayan çok katmanlı (multilayer) ilaç hazırlanması ve ilaçların homojenize formlar haline dönüştürülmesi üzerinedir.

3.1.5.5. Cerrahi Enstrüman Üretimi

Hızlı prototipleme sayesinde işleme özgü, cerrahın ihtiyacını gidermeye yönelik, düşük maliyetli ve ergonomik enstrüman üretimi mümkün olmaktadır. Kullanılan baskı yöntemi ve materyale göre maliyet, baskı süresi ve enstrüman dayanıklılığı değişmektedir.

3.1.6. Moda ve Tekstil Sektöründe Üç Boyutlu Yazıcılar

Moda ve tekstil tasarımında bu yazıcıların kullanımını iki amaçla/şekilde olmaktadır. İlk olarak giysi bütün olarak bu yöntemle üretilebilmekte, ikinci olarak da tekstil yüzeyinde temel teşkil eden dokuma veya örme ile oluşturulmuş yüzeylere alternatif olabilecek, farklı bağlantı şekilleriyle bilinen dokuma ve örme kumaşlara alternatif yüzeyler elde edilebilmektedir.

3.1.6.1. Tekstil Ve Giysi Tasarımında Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojilerinin Kullanımı

Moda ve tekstil alanlarında 3 boyutlu yazıcılar, malzeme, tasarım ve üretim süreçlerini birleştiren bir teknolojik yeniliktir. Özellikle bu yöntemle tasarımın kişisel özellikleri tamamen karşılayacak şekilde yapılabilmesi ve buna göre ürün geliştirilebilmesi; giyilebilir teknolojiden, tıbbi alanlara, sanatsal ve yaratıcı haute couture ürünlerden henüz çok

yaygınlaşmamış olsa da, hazır giyim koleksiyonlarına 3B yazıcılarla yapılmış tasarımların önünü açmaktadır. 3B yazıcılarla ilk kez 2000 yılında giyilebilir bir örnek olarak, endüstri mühendisi Jiri Evenhuis ve endüstriyel tasarımcı Janne Kyttänen tarafından Siyah Drape Elbise geliştirilmiştir(Quinn,2010:50). Üretimde SLS tipi 3B yazıcı teknolojisi kullanılmıştır. Elbise New York'ta MOMA (Museum of Modern Art) müzesinde bulunmaktadır.



Şekil-15: Siyah Drape Elbise ve Freedom of Creation tarafından tasarlanmış çeşitli yüzeyler

Janne Kyttänen, 2005 yılında “Freedom of Creation”adıyla araştırma ve tasarım için 3 boyutlu sistemler kullanan özel bir grup kurmuştur, şirket bu gün dünyanın en büyük üç boyutlu tasarım firmaları arasında yer almaktadır. 3B yazıcı teknolojileri ile hem tek, eşsiz ürünler yaratılabildiğine hem de bunu reprint ile kolayca tekrar üretilebildiğine vurgu yapan Kyttänen’in Beyaz Drape Elbise’si de New York Teknoloji enstitüsünde bulunmakta, aynı zamanda kopyalar internet üzerinden satılmaktadır.

3.1.7. Mimarlıkta Üç Boyutlu Yazıcılar

Eğitimden ticarete, otomotivden tıp alanına kadar çok farklı alanlarda kullanılmasıyla adından söz ettiren üç boyutlu yazıcı teknolojisi, modellemenin en yoğun şekilde yapıldığı alan olan mimari alanda 3d yazıcılar yoğun bir şekilde kullanılabilir. Evlerin modellenmesinden bütün bir şehir modellemesine kadar istenilen her türlü yapının rahatlıkla çıkarılmasını sağlayan 3D yazıcılar sayesinde mimarlık alanındaki çalışmaların daha kolay bir şekilde sonuçlandırılması da sağlanabilir. Gelişen teknoloji ile birlikte bugün pek çok mimarlık ofisinin hali hazırda 3 boyutlu yazıcıların teknolojisini kullanıyor olması ilerleyen zamanlarda bu teknolojinin ne kadar ilerleyebileceği hakkında fikir edinilmesini de sağlıyor.

Mimarlık alanında daha iyi sonuçlar almak adına hızlı bir şekilde çalışma performansı beklenen üç boyutlu yazıcı ürünleri daha çok yüksek maliyetli ve hacim bakımından da büyük makineler oluyor. Bu durumda mimarlık ofislerinde bulunarak kullanılmakta olan bu araçlar farklı kullanım avantajlarıyla geliyor. Bunların başında ise bu makinelerin uzaktan kontrol edilebilir olması geliyor. Bu sayede bir mimar çizimini yapmak istediği 3 boyutlu bir modeli ofisine gitmeden de evinden uzaktan kontrol teknolojisini kullanarak ofisinde yazdırmaya başlayabilir. Bu sayede çok daha verimli bir şekilde çalışmak mümkün olurken çalışma zamanlarında esneklikler yaratmak da söz konusu olabiliyor.



Şekil-16: Üç boyutlu yazıcı ile üretilmiş mimari tasarım

3.2. 3D Yazıcıların Avantajları

- 3d yazıcılar kullanılarak, klasik üretim yöntemleri ile üretilmeyecek karmaşıklığıdaki ürünler üretilebilir. Bu durum sağlık gibi sektörlerde kişiye ve duruma özel üretim yapılmasını kolaylaştırmaktadır.

- 2. 3d yazıcılar, klasik yöntemlere göre daha ucuza ve hızlı olarak prototip üretilmesini sağlar. Böylece üretim için gerekli kalıp, metal, işçi ücreti gibi harcamalara gerek kalmadan, yapılan tasarımın prototipini inceleme ve test etme imkanı sağlar. Ayrıca yapılacak olan geliştirmeler prototip üzerinde kolayca uygulanıp, sonucu görülebilir.

- 3d yazıcılar kişisel kullanım ve hobi amaçlı çalışmalar için kolaylık sağlamaktadır. Yapılan kişisel çalışmalarda farklı üretim yöntemleri için harcama yapmadan, ihtiyaç duyulan ürünlerin belirli miktarlarda üretimi yapılabilir.

- 3d yazıcılarda geri dönüşüm gerektiren atık materyal minimum düzeydedir. Böylece atık malzemeden dolayı oluşan maliyetten tasarruf edilmiş olur.

- 3d yazıcılar klasik üretim yöntemlerinden farklı olduğundan, hem mühendisler hem de 3d teknolojisi ile uğraşanlar için yeni iş sahaları ve kariyer fırsatları oluşturacaktır.

- Birinci madde de belirtildiği gibi özellikle sağlık alanında kişiye özel yapılacak olan protez, platin vb. uygulamalar protezi kullanacak kişiye bire bir uyacak şekilde üretilmesini sağlar.

- Klasik yöntemler ile birçok parçadan oluşan ürünler, tek parça halinde ve daha dayanıklı olarak üretilmektedir. Ayrıca katmanlı üretim yapabilmemesinden dolayı, üretilen ürün farklı dayanım isteklerine karşılık verebilmektedir.

3.2.1. 3D Yazıcıların Dezavantajları

- 3d yazıcıların seri üretimlerde kullanılmaya başlaması yüksek teknoloji olmadan üretim yapılan ülkelerde iş alanlarını ve klasik üretim yapan fabrikaları etkileyecektir. Ayrıca düşük yetenek gerektiren işlerde çalışan işçilerin işsiz kalmasına neden olacaktır.

- 3d yazıcılar ile genel olarak küçük boyutlu ürünler üretilmektedir. 3d yazıcı teknolojisinin gelişmesiyle bu sorun aşılabilecek olsa da günümüzde büyük boyutlu üretim için klasik yöntemlerin tercih edilmesine neden olmaktadır.

- Üretim yapılan malzemeler kısıtlıdır. 3d yazıcılarda özellikle plastik ve türevleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Buna ek olarak bazı metaller ile de üretim yapılabilmektedir. Fakat yeterli çeşitlilik sağlanamamaktadır.

- 3d yazıcılar insan sağlığı için zararlı olan radyasyon ve polimer maddeler yayabilmektedir. Bu durum her ne kadar kısıtlı olsa da bazı araştırmalar 3d yazıcıların zararlı etkilerinin olabileceğini söylemektedir.

- 3d yazıcılarda kullanılan malzemelerin eritilmesi için yüksek enerji gereklidir. Bu yüzden çoklu üretimlerde maliyeti arttıran bir unsurdur.

- Erişimi kolay olan 3d yazıcılar ile amacı kötü olan kişiler tehlikeli alet ve silah üretimi yapabilir. Bu durum kayıt altına alınamayan kesici ve delici aletlerin hatta silahların üretilmesine neden olabilir.

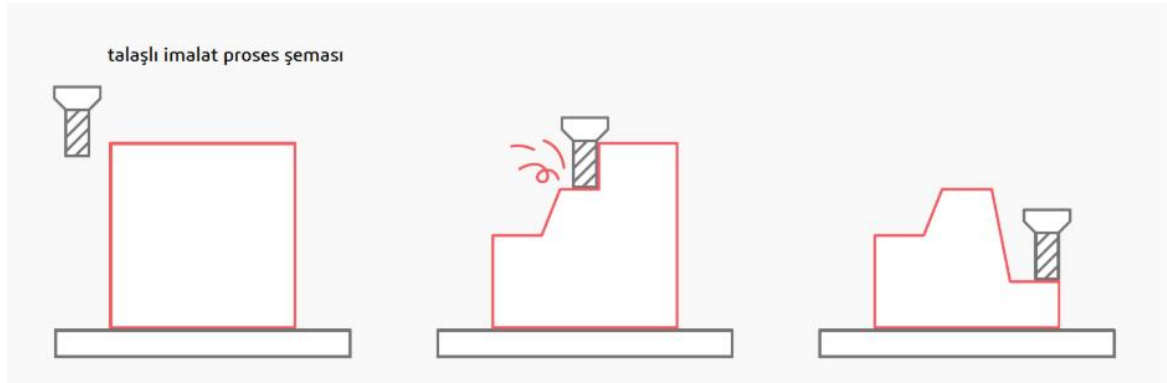
- Yüksek özellikli üretim sayesinde parmak izi gibi kişiye özel tanıma sistemleri kopyalanabilir. Bu durum dolandırıcılık faaliyetlerine ve hırsızlıklara neden olabilir. Ayrıca güvenlik sektörünün bu tür olaylara önlem alması için ciddi maliyetlerin altına girmesine neden olabilir

•Şu anki teknolojik seviyesinde 3d yazıcılar seri üretime uygun değildir ve klasik yöntemlere göre daha pahalıdır. Bu nedenle daha pahalı bir teknolojidir.

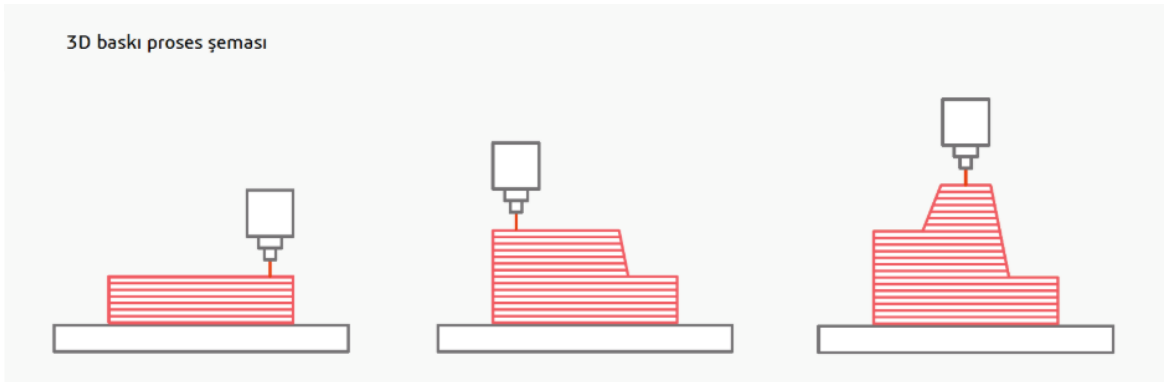
3.3. 3D Baskı İle Talaşlı İmalat Arasındaki Farklar

Bilgisayar destekli imalat (CNC) , sanayide ortak bir üretim teknolojisidir. 3D baskıdan başlıca farkı, tipik olarak dolu bir malzeme bloğu ile başlar ve çeşitli hareketler yaparak dönen kesiciler kullanarak gerekli son şekli elde etmek için blok üzerinden malzeme çıkartarak uygulanmasıdır.

CNC teknolojisi; hem küçük, hem de orta ila yüksek hacimli üretim için en popüler üretim yöntemlerinden biridir. Mükemmel tekrarlanabilirlik, yüksek doğruluk oranı, geniş malzeme yelpazesi ve yüzey pürüzlülüğü sunar.



3D baskı yöntemi, her seferinde bir katman ekleyerek yapıları oluşturur. 3D baskılar özel bir alet veya fikstür gerektirmez. Bu nedenle başlangıç maliyetleri minimumda tutulur.



Şekil-17:Katmanlı İmalat Prosesi

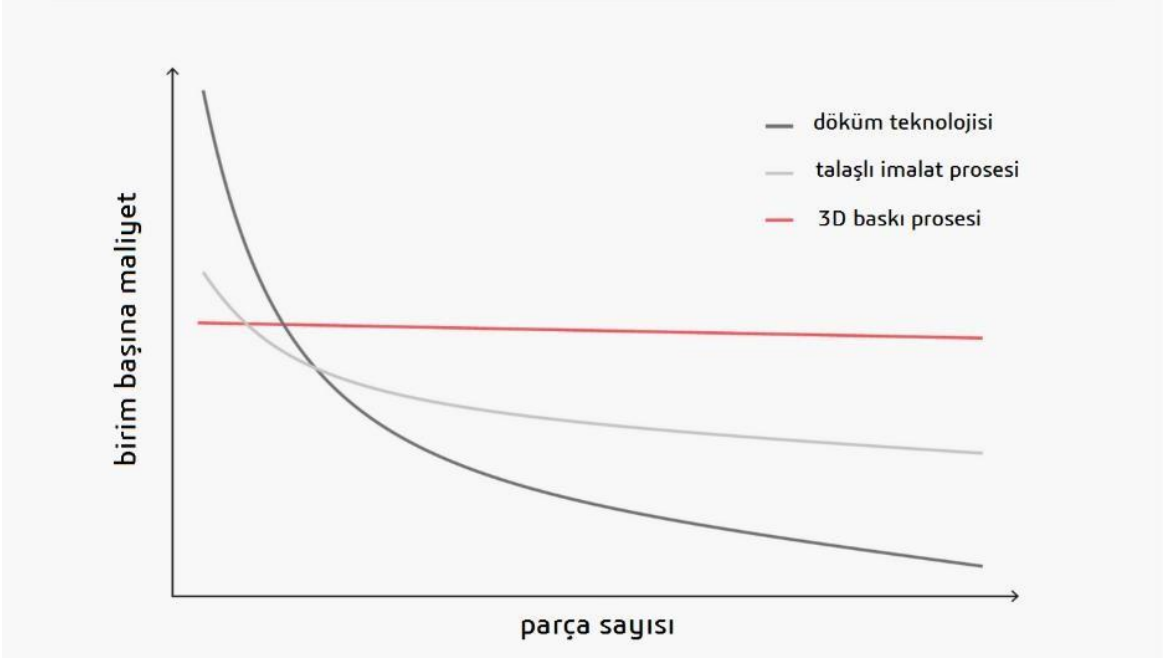
3D baskı ve CNC teknolojisi arasında seçim yaparken, karar verme sürecinde uygulanabilecek birkaç basit yönerge vardır.

Kural olarak, eksiltmeli şekillendirme işlemlerinde az çaba ile imal edilebilen tüm parçalar CNC ile işlenmelidir. Genellikle aşağıdaki durumlarda 3D baskıyı kullanmak mantıklıdır.



- Geleneksel yöntemler parçayı üretmediğinde; örneğin son derece karmaşık, topoloji açısından optimize edilmiş geometriler için,
- Üretim süresi kritik olduğunda; 3D basılmış parçalar 24 saat içerisinde teslim edilebilir,
- Düşük maliyetli olması gerekli olduğunda; küçük hacimler için, 3D baskı genellikle CNC teknolojisinden daha ucuzdur.
- CNC daha fazla boyutsal doğruluk sunar ve her 3 boyutta daha iyi mekanik özelliklere sahip parçalar üretir. Ancak bu hacimler küçük olduğunda büyük bir maliyet ortaya çıkar.

Daha yüksek miktarlarda ürüne (yüzlerce veya daha fazla) ihtiyaç duyulursa, ne CNC ne 3D baskı maliyet rekabetçisi olabilir. Döküm veya enjeksiyon gibi geleneksel şekillendirme teknolojileri, yüksek ölçülü üretim mekanizmalarından ötürü genellikle en ekonomik seçenektir.



Şekil-18: imalata göre birim başına maliyetler

3.4. Kompleks Geometriler

Takım boşlukları, tutucu veya montaj noktaları ve takım geometrisine bağlı olarak kare köşeler işlenememesi de dahil olmak üzere, CNC işleme için parçaları tasarlarken göz önüne alınması gereken bazı sınırlamalar vardır.

Takım bir bileşenin tüm yüzeylerine erişemediğinden bazı geometrilerin CNC makinelerinde hatta 5 eksenli CNC sistemlerinde bile işlenmesi imkansız olabilir. Çoğu takım, parçanın farklı taraflara erişmesi için parçaya hareket vermeyi gerektirir. Yeniden konumlandırma ve işlemenin dezavantajı proses süresini arttırması ve bir iş hacmi oluşturmasıdır. Ayrıca nihai fiyatı etkileyen özel fikstürler vb. gerekli olabilir.

3D baskı CNC'ye göre çok az geometri kısıtlamasına sahiptir. Destek yapıları kullanarak bu kısıtlamaları ortadan kaldırır. Oldukça karmaşık geometrileri üretebilme özelliği, 3B baskının en önemli özelliklerinden biridir.

3.5. Üretim İş Akışı

CNC'de uzman bir operatör veya mühendis, öncelikle takım seçimini, iş mili hızını, takım yolunu ve parçayı yeniden konumlandırmayı göz önünde bulundurmalıdır. Bu

faktörlerin hepsi nihai parça kalitesini ve hazırlama süresini büyük ölçüde etkiler. Parça, makineye manuel olarak ayarlanması gerektiği zaman üretim işlemi çok fazla çalışma süresi gerektirir. Parça işleme işleminden sonra bileşenler kullanıma hazır hale getirilir veya tekrar işleme tabi tutulur.

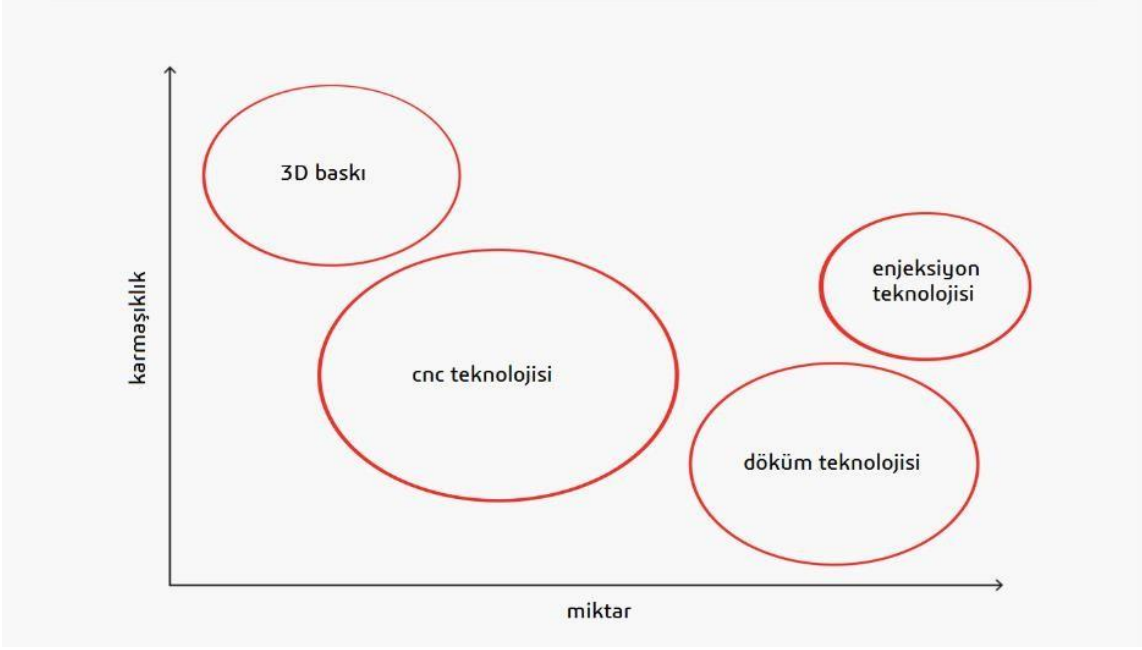
3D yazdırmada, makine operatörü önce dijital dosyayı hazırlar (yönlendirme seçer ve destek ekler) ve daha sonra küçük bir insan müdahalesi ile makineye gönderir. Yazdırma işlemi tamamlandığında, parçanın temizlenmesi ve işleme tabi tutulması gerekir; bu, 3D baskı üretim iş akışının en yoğun olanıdır.

CNC ve metal 3D baskı, kritik noktalarda hem organik şekle hem de çok sıkı toleranslara sahip parçalar üretmek üzere kombine edilebilir.

3.6. Doğru Seçim İçin Başlıca Kurallar

Uygulamanız için doğru teknolojiyi seçmek çok önemlidir. Aşağıdaki kurallar doğru seçime yardımcı olur ;

- CNC teknolojisi, orta ila yüksek miktarlarda (250-500 parça daha az) ve nispeten basit geometriler için en uygundur.
- 3D baskı, genellikle düşük miktarlarda (veya bir defalık prototipler) ve karmaşık geometriler için en iyisidir.
- Metal düşünürken, CNC düşük miktarlarda bile fiyatta rekabet edebilir, ancak geometri sınırlamaları halen geçerlidir.
- Miktarlar yüksek olduğunda (250'den fazla 500 parça) diğer şekillendirme teknolojileri daha uygundur



3.7. 3D Yazıcıların Endüstri 4.0'a Katkısı

Endüstri 4.0'ın en büyük hedefinin, üretimde insan emeği ve katkısını minimuma indirmeye olduğunu ve kullanıldıkları alanlarda insan emeğini neredeyse sıfıra indirdiklerini giriş bölümünde zaten belirtmiştik. Yukarıda verdiğim inşaat sektörü örneğine geri dönersek, 3D yazıcılar ile üretilecek bir villada, yazılımcı ve baskıyı yapan operatör hariç, neredeyse hiç insan emeği olmayacaktır. Buna karşın, insanların üretim esnasında yapabilecekleri hatalar da olmayacaktır. Ayrıca, emek tasarrufundan dolayı inşaatın maliyeti de düşecektir.

Hatırlanacağı üzere, Endüstri 4.0'ın bir başka hedefi de, talebe göre dinamik üretim yaparak, stokları sıfırlamaktır. Üç boyutlu yazıcılar nesnelere interneti üzerinden yaptığı veri iletişimi sayesinde gerçekleştirdiği spot üretimle ürün stoklanmasının önüne geçmektedir. Talebe göre üretim mantığında çok fazla ürün parça stokuna da ihtiyaç kalmamaktadır.

3D yazıcıların bir başka yararı da nakliye masraflarını minimuma indirecek olmasıdır. Antarktika'da araştırma yapan bilim insanlarının çok basit bir vidaya ihtiyaç duyduklarını ve bu vidanın da o araştırma için hayati önemde olduğunu varsayalım. Bu vidayı Antarktika'ya ulaştırmanın maliyetini bir düşünsenize! Oysa Antarktika'daki 3D yazıcıya

internet üzerinden yollanacak veriler ile ihtiyaç duyulan nesne son derece hızlı ve yok denecek bir maliyetle üretilebilir.

Bir başka yaşanmış örnekle konunun önemini pekiştirelim; NASA uzay istasyonlarında 13 tona yakın yedek parça bulunmaktaydı. Ayrıca her sene yaklaşık 3 ton yedek parça bu istasyonlara yollanmakta ve 17 ton yedek parça da ihtiyaç halinde yollanmak üzere Dünya'da hazır bekletilmekteydi.

NASA 2014 yılında, uzay istasyonuna bir 3D yazıcı koydurdu. Bu yazıcı sayesinde, ihtiyaç duyulan parçaların doğrudan uzay istasyonunda üretilmesini sağladı. İlk uygulama ise, istasyon dışında tamir yapan astronotlardan birinin elindeki somun anahtarını uzaya düşürmesi sonucunda gerçekleşti. Uzaya düşen anahtarın yerine yenisinin gönderileceği bir sonraki sevkiyatı beklemek yerine, Dünya'daki üsten yollanılan verilerin 3D yazıcıya yüklenmesi ile yeni anahtar uzay istasyonunda anında üretildi. Bu örnekten de görüldüğü gibi yukarıda bahsettiğimiz büyük miktar ve ağırlıktaki yedek parçaların uzay istasyonuna gönderilebilmesi için atılması gereken taşıyıcı roket sayısını ve maliyetini düşününce, 3D yazıcının getirdiği faydanın ne kadar önemli olduğu çok açık şekilde ortaya çıkıyor.

Üç boyutlu yazıcılar seri üretim yapabilir hale geldiklerinde ürünlerin nakliye sorunu da ortadan kalkacak. Örneğin Çin'den ABD'ye ihraç edilen herhangi bir ürünü düşünelim; bu ürünün satış maliyetleri içinde önemli kalemlerinden biri de nakliye süresidir. Çin'den ABD'ye gemi ile ihraç yapmanın maliyeti oldukça yüksektir. Oysa 3D yazıcıların seri üretime geçmesi ile bu sorun ortadan kalkacak, ürün tasarımını yapan şirketler sadece internet üzerinden ürünün müşteriye en yakın teslim noktasındaki yazıcılarına yükleyecekleri tasarımlarla üretimi yapabileceklerinden, ürünlerin pazarlama ve satış alanları genişleyecektir.

3D yazıcıların mevcut üretim sistemlerine göre avantajı, tasarımınızın 3 boyutlu modeli üzerinde inceleme yapabilmesi ve muhtemel hatalar, delikler, gereksiz çıkıntılar, hatalı kesişme ve birleşmeler gerçek üretime geçmeden önce giderilebilmesidir.

Endüstri 4.0'ın önemli bir özelliği de, üretimin, bireylerin ihtiyaç, beğeni ve bütçelerine göre şekilleniyor olmasıdır. Dolayısıyla seri üretimden vazgeçilip, bireysel talebe göre üretime geçmenin planları yapılmaktadır. Üç boyutlu yazıcılar bu yeni üretim sistemi için biçilmiş kaftanlardır. Şimdi yeni evli bir çiftin evlerini dekore ettiklerini hayal edelim. Bu çiftin başkalarında olmayan aksesuarlara sahip olmak istediklerini varsayalım.

Yapacakları şey, CAD türü programları kullanmayı biliyorlarsa, hayal ettikleri aydınlatma türlerini, banyo aksesuarlarını, biblolarını vb, kendileri tasarımılayacak ve internet üzerinden yollayacakları bu tasarımların 3D yazıcılarda basılmasını isteyeceklerdir.

Söz konusu programları bilmeyenlerin de işi kolay; hayal ettikleri ürünü, üretici firmanın mühendisleri ile iletişime geçerek, birlikte tasarlayabilecek ve 3D yazıcılara yollayacaklardır. Gerisi 3D yazıcıların işi.

Ya da internet üzerinden beğendikleri ürünleri, kendi beğeni ve ihtiyaçlarına uygun olarak değiştirip, firmadan bu değişiklikleri dikkate alarak ürünü üretip, yollamalarını isteyebileceklerdir. Bu değişikliklerin günümüzde olduğu gibi ekstra maliyet doğurmayacak olması da 3D yazıcılar sayesinde olacaktır.

Böylece, 3D yazıcı teknolojileri; endüstrilerin geçmişten günümüze kadar gerçekleştirmek için çaba gösterdikleri sıfır stok yaklaşımını mümkün hale getirebilecektir. Bu makineler sayesinde bilgisayar ortamında tasarımılanmış ürünlerden istendiği zaman ve istendiği kadar üretilebileceğinden stok tutmanın gerekliliği ortadan kalkacaktır. Bunun doğal bir sonucu olarak, üretim ve tedarik maliyetleri azaltılabilecek, elde edilecek toplam fayda önemli ölçüde artırılacaktır.

Zamanla, 3D yazıcıların günümüz üretim teknolojileri ve sistemlerini kökten değiştireceği aşıkârdır. Özellikle, üretimin girdilerinde oluşacak değişiklikler pek çok alt sektörü ve onların alt sektörleri ile birlikte tüm çalışanlarına olan ihtiyacı yok edecektir. Yukarıda da bahsettiğimiz inşaat örneğine geri dönersek; 270 sanayi dalı inşaat sektörüne girdi sağlamaktadır. 3D yazıcıların üreteceği yapılar bu 270 sektörün önemli bir kısmının tarihe karışmasına neden olacak. Elbette bu sektörlerle birlikte pek çok meslek dalı da yok olacaktır.

3.8. RepRap” 3D Yazıcı Nedir?

Kelime anlamı itibariyle Replicating(kopyalama);Rapid(seri,çabuk) yani seri kopyalama anlamına gelmektedir. Açık kaynak kodlu bir 3-D yazıcıdır.”Reprap” öncelikli amacı seri üretim yapmak olan bir prototiptir.Eğer bir “RepRap”ınız varsa pekçok kullanışlı malzeme üretebilir hatta arkadaşlarınız için başka bir “RepRap” basabilirsiniz...”RepRap”lar 3-D yazıcılardan boyut olarak daha küçük ve ağırlık olarak daha hafiftir.3-D yazıcılar kadar hassas değildir.Termoplastik formda çıktı verir ve farklı

tiplerde plastikler (PLA,ABS,Akrilik vb...) kullanabilir. Reprap.org isimli bir websitesi var.Wikipediaya benzeyen bu sitede “RepRap”la ilgili detaylı bilgi alabilir ve projelerinizi paylaşabilirsiniz.Düşük maliyeti, açık kaynak kodlu olması ve özellikle kendini kopyalayabilmesi 3-D yazıcı alanında bir devrim niteliğindedir.



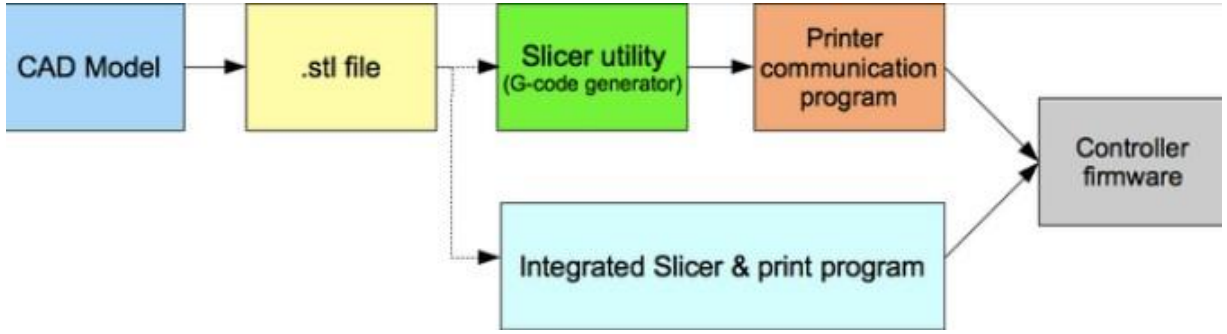
Şekil-19: “RepRap”la basılmış örnek parça

3.9. Metodoloji

1-Üretim yapılmadan önce objenin her boyutunun ölçüsü ayarlanır.ölçülerin olabildiğince kusursuz olması gerekmektedir.Daha sonra CAD(Computer Added design) Tools. (e.g TinkerCAD, Google Sketchup, AutoCAD) programları kullanılarak 3-D modelleme yapılır.Son olarak 3-D modellemeyi yaptıktan sonra gerekli bilgiyi Gen6 mikrodnetleyiciye göndererek baskı yapılabilir.

Not: Gen6 mikrodnetleyiciler “Reprap” için özel olarak üretilmiş bir mikrodnetleyicidir.

Yazılım Aracı Zinciri:Bir RepRap yazılım araç zinciri 3d model oluşturmak için gerekli tüm yazılım elemanlarından oluşur



Şekil-20: 3D Yazıcı Tasarım Aşamaları

1-Tasarımın geometrisini bir .stl dosyası olarak çıktı alınır.

2-Baskı makinesiyle bağlantı kurmak için bir GCODE yazılım paketi kullanılır (örn; printrun, reprsnap, replicatorG).

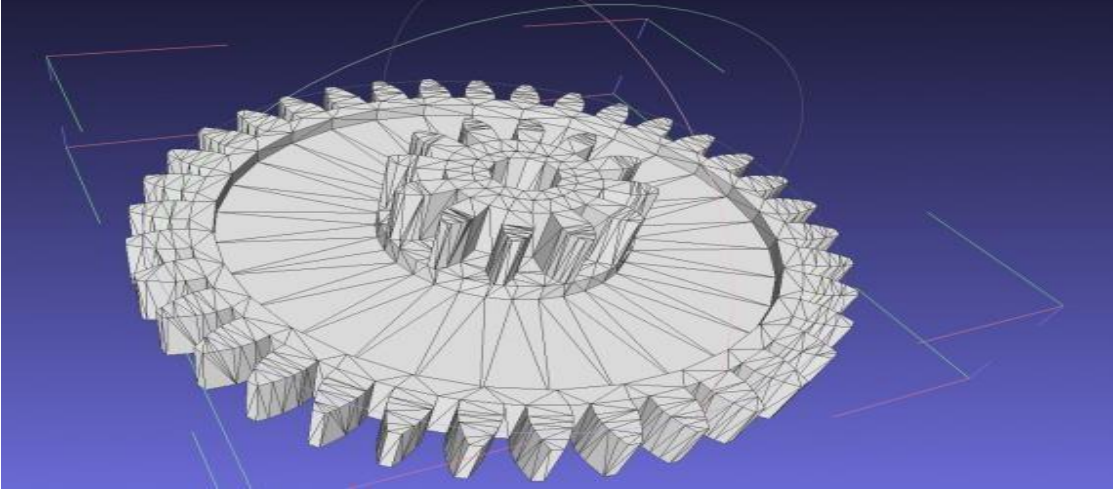
3-Yazıcının GCODE'ye karşı tepkisini belirlenir ve uygun programı seçilir (FiveD, Sprinter, Teacup).

4. 3D PRINTER İLE UYUMLU CAD PROGRAMLARI:

SolidWorks, AutoCad, Rhino,3ds Max, Maya, Zbrush , Blender, Inventor, Mudbox

4.1. STL Nedir Ve Nasıl Oluşturulur?

STL en yaygın kullanılan 3D baskı dosyası formatıdır. Kısa ve kolay tanımıyla STL dosyaları 3D modellerin hacim bilgisini saklar. Bu format üç boyutlu bir nesnenin hacim bilgisini yalnızca herhangi bir renk, doku veya malzeme bilgisi içermeksizin saklanmasına ve aktarılmasına imkan vermektedir.



Şekil-21: STL programıyla tasarlanmış dişli

STL formatlı 3 boyutlu model daha sonra dilimleyici (Slicer) program kullanılarak katmanlara bölünür. Bu katmanların oluşturulabilmesi için gerekli iş yolu bilgisi ise Dilimleyici tarafından Gcode' a dönüştürülür ve üç boyutlu yazıcıya aktarılır.

STL dosya formatı 3D modellerin üçgenler ile tanımlanmasıdır. Yukarıda görüldüğü gibi bir katı model üçgenler halinde kaydedilir.

Katı model bilgisini saklayabilen ve 3D Baskıya uygun halde aktarabilen 30'dan fazla dosya formatı bulunmaktadır. Bunun yanında en yaygın olarak kullanılan format STL'dir. İnternette STL olarak kaydedilmiş pek çok hazır modele ulaşabilir, neredeyse tüm modern CAD yazılımlarından bu formatla çıktı alabilirsiniz.

4.1.1. STL Dosyası Oluşturma

Kullandığımız CAD programına bağlı olmakla birlikte, "Dışa Aktar(Export)" ve ya "Farklı Kaydet" seçeneklerine tıkladıktan sonra STL uzantısını seçerek parçanızı STL formatında kolaylıkla kaydedebilirsiniz. CAD programlarıyla oluşturduğunuz modeli birkaç farklı parametreyi kontrol ederek STL formatına dönüştürmeniz de mümkündür. CAD programları veya harici bir programla bir katı model STL' e dönüştürülürken çözünürlük gibi kontrol edilmesi gereken bazı parametreler bulunmaktadır.

Bu parametreler basitçe şöyledir:

4.1.2. STL Çözünürlüğü

STL dosyasını oluştururken modelin yüzeyinde oluşturacağınız üçgen sayısı arttıkça modelin çözünürlüğü artmaktadır. Ancak beraberinde dosyanın boyutu da büyür. Bu iki parametre göz önünde bulundurularak bir STL çözünürlüğü belirlenmelidir. STL çözünürlüğünün çok düşük olması durumunda ise yaşanacak problemi bir çemberin çokgene dönüşmesi gibi hayal etmek mümkündür.

STL dosyasının çözünürlüğünü çok fazla artırmanın belli bir noktadan sonra 3D yazıcının teknolojik bariyerlerinden dolayı baskı kalitesini arttırmadığını da belirtelim. (Çözünürlük baskı çözünürlüğüyle sınırlanmıştır). 3D Baskı için STL modeli oluştururken sık yapılan bir hatadır. Bu sebeple fazla artıracacağınız çözünürlük, belli bir çözünürlük seviyesinden sonra dosya boyutundan fazlasını vermeyecektir. Dosyalarınızı kaydederken bunlara dikkat etmenizde fayda var.

Çözünürlükle ilgili manuel olarak kontrol edilebilen ve optimize edebileceğiniz önemli parametreler şu şekildedir:

4.1.3. Akor Toleransı / Sapma

Çözünürlüğe etki eden ve değiştirebileceğiniz faktörlerden biri akor yüksekliğidir. Bu parametre modelin yüzeyi ile STL dosyasının oluşturduğu üçgenler arası mesafeyi sınırlar. Bu parametre küçüldükçe STL yüzeyi modelde bulunan yüzeye yaklaşacaktır. Önerilen yükseklik değeri 0.01 ile 0.001 mm arasındadır. Bu değeri daha küçük bir değere indirseniz de 3D yazıcılar böyle bir hassasiyete sahip olmadıkları için üründe bir değişime sebep olmayacaktır

4.1.4. Açı Kontrolü

Açısal tolerans oluşturulan üçgenlerin normali ile bitişik üçgenler arasındaki açıyı limitler. Toleransı azaltmak baskı çözünürlüğünü geliştirir. Varsayılan değer genelde 15 ila 0 derece arasındadır. Bu aralıkta kullanılması önerilir.

4.1.5. Binary (İkili Kod) veya ASCII

Binary dosyalar boyut olarak daha küçük dosyalardır. İnternet üzerinden, hızlıca gönderilmesi gereken dosyalarda veya online hızlı fiyatlandırma sistemiyle üretilecek ürünler için kolaylık sağlamaktadırlar

4.2. Baskıya Uygunluk

Oluşturduğunuz STL dosyası modelleme esnasında yapılan bazı yanlışlar sebebiyle baskıya uygun olmayabilir. Meshmixer ve Netfabb gibi problemler kullanarak modelinizin baskıya uygunluğunu kontrol edebilir, bazı hataları ortadan kaldırebilirsiniz. Bu programların da yetersiz olduğu durumlarda sıkıntınızı çözmek ve en iyi sonucu alabilmek için CAD dosyanıza dönüp modelinizde bulunan hataları düzeltmeniz gerekmektedir.

4.3. Anahtar Bilgiler

Modelinizin çözünürlüğünü ayarlarken dosya büyüklüğüne dikkat edilir

Modeli oluştururken parametreleri önerilen değerlerin dışına çıkmamaya gayret gösterilir

STL dosyası oluşturduktan sonra baskının uygunluğu kontrol edilir.

4.4. Mikrodenetleyiciler

Bir mikrodenetleyici, komple bir bilgisayarın (Merkezi işlem birimi, hafıza ve giriş - çıkışlar) tek bir tümleşik devre üzerinde üretilmiş halidir

Kısıtlı miktarda olmakla birlikte, yeterince hafıza birimlerine ve giriş – çıkış uçlarına sahip olmaları sayesinde tek başlarına çalışabildikleri gibi, donanımı oluşturan diğer elektronik devrelerle irtibat kurabilirler, uygulamanın gerektirdiği fonksiyonları gerçekleştirebilirler

4.4.1. Mikrodenetleyicilerin Avantajları

Ayrıca mikrodenetleyiciler sıradan bilgisayarlara nazaran aşağıda listelenen 4 temel avantajları sayesinde elektronik sanayinde günümüzde oldukça büyük bir uygulama alanına sahiptirler

Oldukça küçük boyutludurlar, Çok düşük güç tüketimine sahiptirler, Düşük maliyetlidirler, Yüksek performansa sahiptirler.

4.4.2. Arduino Nedir ?



Şekil-22 Arduinio Mega mikrodenetleyici

Arduino, kullanımı kolay, açık kaynak kodlu yazılım ve donanıma sahip bir mikrodenetleyici prototipleme platformudur. Açık kaynak ifadesi, yazılımın kaynak koduna ve donanım bilgilerine erişiminin serbest olması ve isteğe göre değiştirilebilmesi anlamındadır. Baskılı devresi, şematik tasarımı, PC üzerinde çalışan derleyicisi, kütüphaneleri ve tüm detayları ile internet ortamında paylaşılmaktadır. Arduino platformunda Atmega ailesinden mikrodenetleyiciler kullanılır.

Arduino platformu, alt seviye mikroişlemci bilgisi gerektirmemesi ve zengin bir kütüphane desteği olması sebebiyle kolaylık sağlar.

4.4.3. Arduino ile Ne Yapılabilir?



Giyilebilir Uygulamalar
(Bisikletçinin arkasındaki dönüş sinyalleri.)



Medikal Uygulamalar
(Kalp sinyali izleme)



RFID Uygulamalar
(Kimlik Giriş Sistemleri)



Askeri Uygulamalar
(Mini drone'lar)



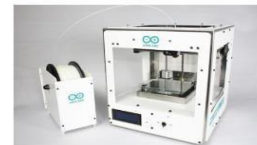
Tarımsal Uygulamalar



Robotik Uygulamalar



Ev Güvenliği ve Otomasyonu Uygulamaları



3 Boyutlu Yazıcı Uygulamaları



Mobil Uygulamalar

4.4.4. Neden Arduino Kullanılır?

•Hem donanımı, hem de yazılımı açık kaynaklıdır, bu sebeple ucuzdur ve erişilebilirdir, deneysel amaçlı yapılacak işler için uygun fiyatlı geliştirme ortamı sunar.

•Zengin kütüphane desteği sayesinde ileri teknolojileri Arduino Boarda kolayca entegre edebilirsiniz. USB ve Bluetooth gibi evrensel iletişim haberleşme sistemlerini kullanabilir.

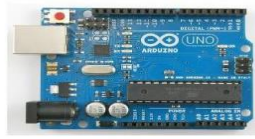
•İşlemci ile veri giriş çıkışları kolaylıkla sağlanabilir. Bu ise, serigrafi ile kart yapma ihtiyacını ortadan kaldırmıştır.

•Alt seviye mikroişlemci bilgisi gerektirmez.

4.4.5. Çeşitli Arduino Kartları



Arduino Diecimila



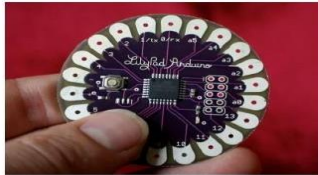
Arduino Uno



Arduino Mega



Arduino Duemilanove



Arduino LilyPad



Arduino Nano



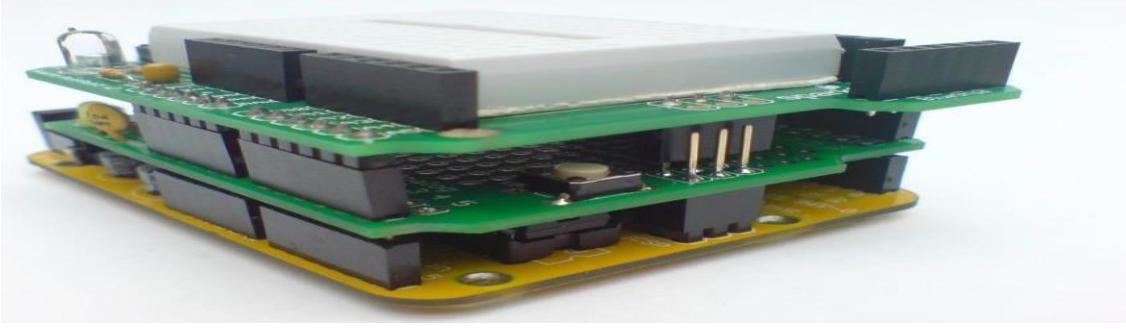
Arduino Mini



Arduino Primo

Arduino mikrodnetleyicilerin işlevselliğini arttıran giriş ve çıkış portlarının gelen bilgiyi işleme kapasitesini arttıran modüller mikrodnetleyici kartının üzerine katman olarak ilgili bağlantı jaklarından bağlanarak eklenebilir. Böylelikle kompakt yapıda ve hem işlevselliği hem de kapasitesi arttırılmış modüller elde edilebilir.

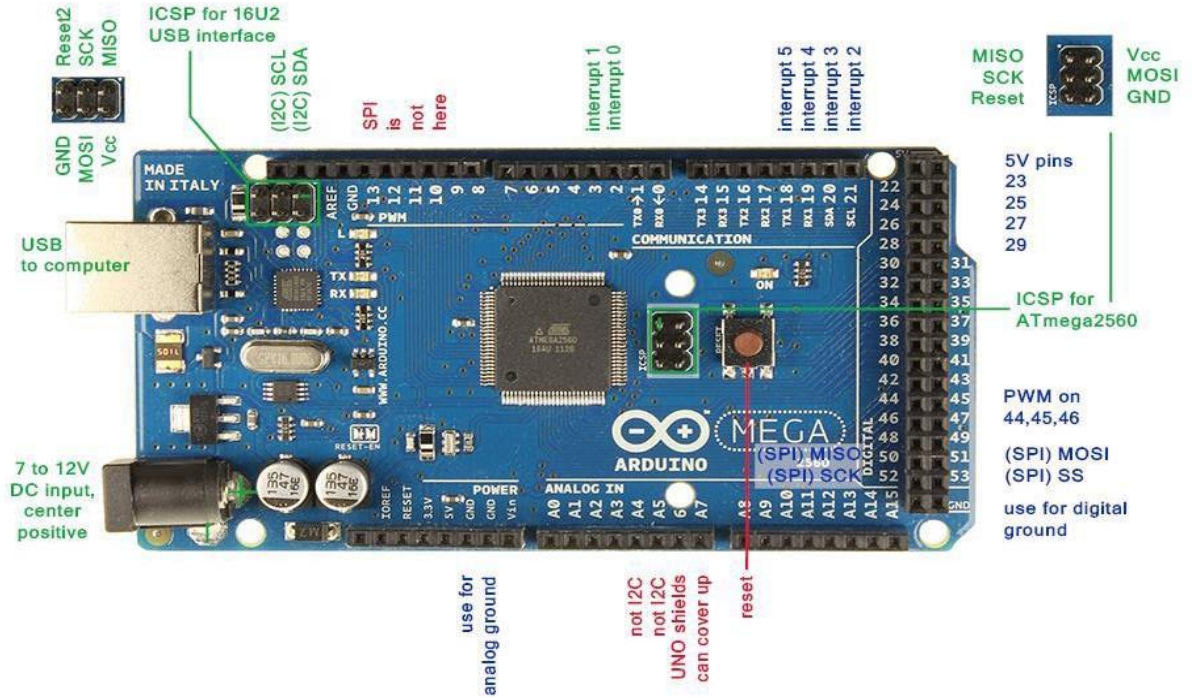
-Örneğin Arduino mikrodnetleyici kartı üzerindeki dijital çıkışların akım kapasiteleri genellikle bir servo veya step motor sürmeye yetmez dolayısıyla bir sürücü katmanı mikrodnetleyiciye eklenebilir.



Şeki-23 Arduino katmanlarının üst üste montajlanması

4.4.6. Arduino Mega

- Atmega2560 işlemcisini kullanır.
- Daha fazla dijital çıkışı (54 adet) ve bunlar içinde 14 PWM çıkışı vardır.
- USB-seri iletişim dönüştürücü olarak ATmega8U2 veya ATmega16U2kullanır. Bu daha hızlı aktarıma olanak sağlar.
- Bellek olarak daha yüksektir. ATmega2560 “ya yükseltilmesi sayesinde 256k flash memory’ ye yükselmiştir.



4.4.7. Arduino Mega 2560 Giriş Çıkışları

Dijital giriş çıkış pinlerinin hepsi pinMode(), digitalWrite(), ve digitalRead() fonksiyonları kullanılarak giriş veya çıkış olarak kullanılabilir. 5 voltta çalışırlar ve her pin maksimum 40mA giriş veya çıkış sağlar. Pinlerde 20-50 kOhm pull-up dirençleri (normalde bağlantısız) vardır. Bu pinlerin haricinde özel görevi olan pinler de mevcuttur:

- Seri: 0 (RX) ve 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) ve 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) ve 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) ve 14 (TX). Seri data almak (RX) ve göndermek (TX) için kullanılır. 0 and 1 pinleri aynı zamanda ATmega16U2 USB-to-TTL seri entegresinin(bkz. bir üst başlık) alakalı pinlerine bağlıdır.
- Harici Kesme: 2 (interrupt 0), 3 (interrupt 1), 18 (interrupt 5), 19 (interrupt 4), 20 (interrupt 3), and 21 (interrupt 2). Bu pinler harici kesmeler için kullanılır, düşen kenar, yükselen kenar kesmeleri, interrupt on change kesmeleri gibi... attachInterrupt() fonksiyonunun kullanılarak hangi interruptın ne şekilde kullanılacağı belirtilir.
- PWM: 0 to 13. 8-bit PWM çıkış verir. analogWrite() fonksiyonu kullanılır.
- SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS). Bu pinler [SPI](#) kütüphanesi kullanılarak SPI iletişim kurulmasını sağlar. SPI pinleri aynı zamanda ICSP headerdan da kullanılır.
- LED: 13. 13 nolu pinde bir LED bulunmaktadır. Çıkış High edildiğinde LED yanar, LOW edildiğinde söner.
- TWI: 20 (SDA) and 21 (SCL). [Wire](#) kütüphanesi kullanılarak TWI iletişim sağlayabilir.

Mega2560'm her biri 10 bit çözünürlükte 16 analog girişi bulunur. Default olarak 0-5V aralığında çalışırlar ama AREF pini ve analogReference() fonksiyonuyla referans gerilim aralığı değiştirilebilir.

4.4.8. Arduino Mega 2560 Programlaması

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

Arduino programlamada C/C++/ Java tabanlı bir dil kullanılmaktadır. Baş tasarımcılarının (Massimo Banzi ve David Cuartielles) İtalyan olmaları nedeniyle cihazın adı da doğal olarak İtalyancadan seçilmiştir. Kelime “Sıkı arkadaş” anlamına gelen bir erkek isimdir.

Wikipedia kaynağına göre Arduino'ya ilham veren Wiring platformu, Ivrea Tasarım Enstitüsü'nde Hernando Barragan tarafından geliştirilmiştir. Ivrea'lı Arduin ise bu enstitünün bulunduğu kasabaya ait tarihi bir karakterdir.

4.4.8.1. Marlin Yazılımı

3 boyutlu yazıcılar için hazırlanmış bir çok açık kaynaklı fw mevcuttur. Temelde hepsi aynıdır, mantığını kavranırsa hepsinde istenilen ayarlamalar yapılabilir. Yazılımda Arduino IDE programı kullanılır. Resimde görüldüğü gibi “Configuration.h” sekmesine gelinir. Eğer düzenlediğimiz satırların başında // varsa silinir. Örn. `##define CUSTOM_MACHINE_NAME` “Ktu3d” ise bunu `#define CUSTOM_MACHINE_NAME` “Ktu3d” olarak değiştirilmesi gerekli. Aksi takdirde satır kullanıma girmez.



Şekil-24: Marlin Yazılımı

4.4.8.2. İletişim Hızı

`#define BAUDRATE 250000` genelde kullanılan değerdir ama kullanımda sıkıntılar nedeniyle bir alt bölümü olan 115200 olarak ayarlanır.

4.4.8.3. Makine Adı

`#define CUSTOM_MACHINE_NAME` “Makinenize İsim Verin” – Tırnak içerisinde istenilen isim yazılabilir.

4.4.8.4. Extruder Sayısı

3d yazıcılarda birden fazla extruder kullanımı mevcuttur. #define EXTRUDERS 1 – Kaç tane extruder kullanılırsa bu bölümde değiştirilebilir.

4.4.8.5. Güç Kaynağı

#define POWER_SUPPLY 1 – Standart bir güç kaynağı kullanıldığı için 1’i seçilir, 0 olursa kullanılmadığı, 2 olursa modlanmış adaptörlerden birini kullanıldığı anlamına gelir, modlanmış adaptörler başka tür bağlantı yerlerine sahiptir.

4.4.8.6. Termal Ayarlar

Kullanılan ısı ölçere göre bir seçim yapılır. Genelde yazılımda açıklaması yapılmış 100k thermistor kullanılır. En doğru ayarı, kullanılan tablanıyı ısıtıp hem lcd’den ısıya bakıp hemde lazerli ısı ölçerlerle ölçerek yapılabilir.

Buradaki ayarlar şöyledir;

```
#define      TEMP_SENSOR_0      1      >Extruderımız      1.olan
#define TEMP_SENSOR_1 0 > 1den 4’e kadar olanlarda +4 extruder için ama bu çalışmada
kullanılmayacağı için 0 yapılır.
#defineTEMP_SENSOR_2      0
#defineTEMP_SENSOR_3      0
#defineTEMP_SENSOR_4      0
#define TEMP_SENSOR_BED 1 -> Kullanılan tabla
```

4.4.8.7. Maksimum Isılar

Isıların en fazla kaç dereceye çıkmasını istenirse heater ve bed (tabla) olarak ısı ayarı yapılır

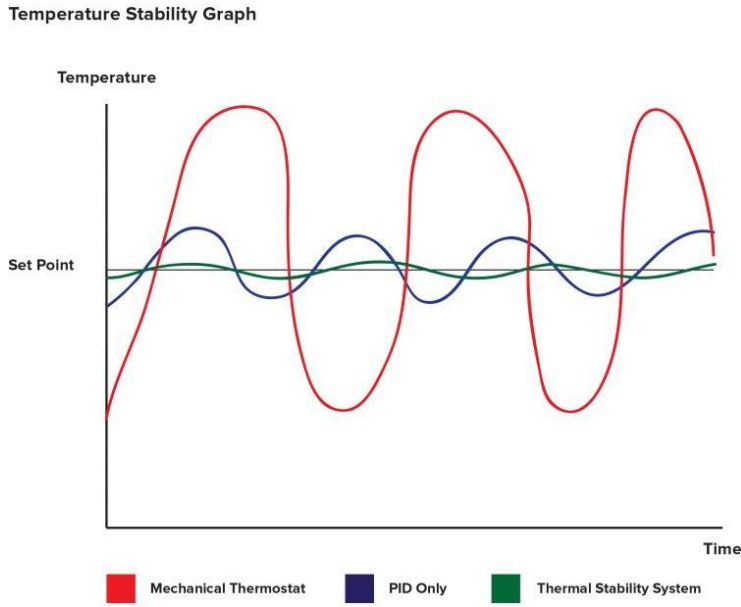
```
#defineHEATER_0_MAXTEMP240
#defineHEATER_1_MAXTEMP240
#defineHEATER_2_MAXTEMP240
#defineHEATER_3_MAXTEMP240
```

```
#define HEATER_4_MAXTEMP 240
```

```
#define BED_MAXTEMP 120
```

4.4.8.8. Isı PID Ayarları

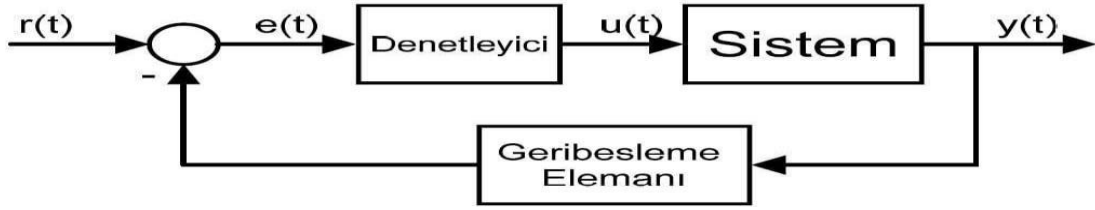
PID (proportional, integral, derivative) orantısal, integral ve türev ile kontrol yöntemidir.



Şekil-25: PID (proportional, integral, derivative) zamana göre sıcaklıklar

Tüm sistemi istenen değerde tutmak için, örnek olarak bir motorun hızı ya da ısısını kontrol altında tutmak için kullanılır. istenmeyen etkilerden sistemin etkilenmemesi, dış etkenlere maruz kalmış sistemin en kısa sürede istenen değere gelmesi için kullanılır.

Bir otomatik kontrol sisteminden bahsetmek için kapalı sistem ya da geri beslemeli sistem olmalıdır. Açık sistemlerde kontrol otomatik olamaz, aşağıda geri beslemeli bir sistemin diyagramı verilmiştir.



Şekil-26: PID Yazılımında kullanılan Geri Beslemeli Kontrol Devresi

Çalışan bir sistemimizde giriş ‘r’ değeri, çıkış ‘y’ değeri zamana bağlıdır. sistem başlangıç noktasına bir geribesleme elemanı ile veri vermektedir(kapalı sistem). Bu geri beslemeden gelen veri ve ilk değer olan ‘r’ toplanarak sistemin denetleyici elemanına girmekte ve bu veriler işlenerek istenen çıkış değerine ulaşmak için sisteme ‘u’ değeri verilmektedir. Bu sistemde tüm değerler zamana bağlı birer fonksiyonlardır.PID kontrol sistemdeki hatayı(P); hatanın miktarı(I), hatadaki değişim hızı(D) ve yapılan toplam hatayı hesaplayarak giderme yöntemidir. Bu değerlerin etkisini kontrol etmek için katsayılar kullanılır.

P orantısal ” $P = K_p \cdot (\text{hata})$ ”

Sistemde ki sapma miktarını (hata) sabit bir değerle çarpıp tekrar sisteme verilerek sağlanır. Hata hızlıca düzeltilir ama istenen denge sağlanamayabilir.

I integral ” $I = K_i \int (\text{hata}) \cdot dt$ ”

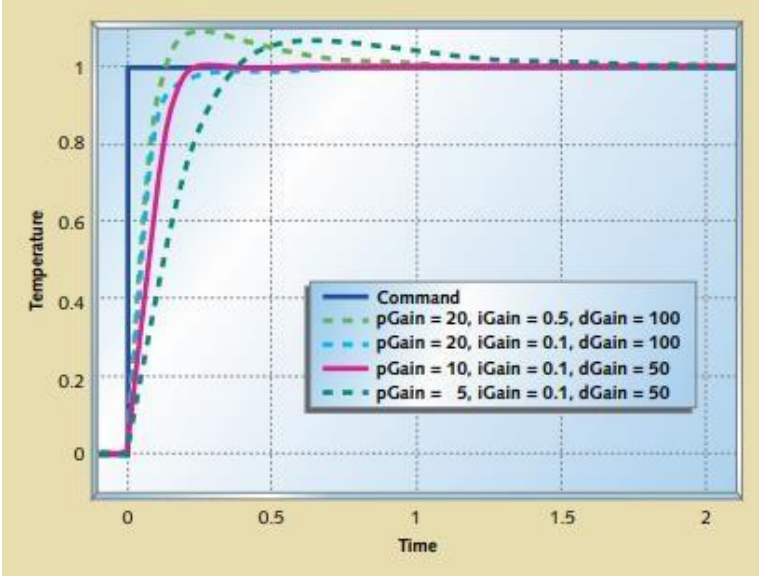
İntegral bildiğimiz üzere alan ile alakalı olup sistemde integral kullanılarak anlık tüm değerlerin sonuca etki etmesi sağlanır. Sistemin tepki süresi ve dengeleme oranı yüksek olacağından sistem istenen değerlerin üstüne çıkabilir.

D Türev “ $D = K_d \cdot (de/dt)$ ”

Sistemin istenen değer üstüne çıkmaması için kullanılır. Türev zamana bağlı değer değişimi ile ilgilidir. Sistemde yaşanmış değişimden, yaşanacak değişimi farkederek ve sistemi istenen değer üstüne çıkmaması için yavaşlatır. Hata miktarında değişim olmaz ise kullanılmaz.PID kontrolde önemli olan P I ve D değerlerinin belirlenmesidir. Gözlem ve deneysel olarak bu değerler belirlenmekte ve en uygun değerler kullanılmaktadır.

Örnek PID ısı ayarı için yazılımda bu değerler girilir;


```
// Hephestos i3
#define DEFAULT_Kp 23.05
#define DEFAULT_Ki 2.00
#define DEFAULT_Kd 66.47
```



Yukarıda ki grafikte istenen sıcaklık değeri 1 birim olarak işaretlenmiş. P,I ve D değerlerine göre sistemin 1 birim sıcaklığa ulaşma zamanı grafikte gösterilmiş.

PID kontrol ile kendi kendini dengeleyen robotlar vb. uygulamalar yapılmaktadır. Aşağıdaki videoda gerçek bir sisteme olan etkisini izleyebiliriz.

4.4.8.9. EndStop(Limit switch) Ayarları

Kullanılan birden fazla switch, makinenin minimum noktalarına koyulduğu için buradan tüm eksenleri minimum değerler seçilir, kullanılan switch yönleri ve yerleri değiştirebilir.

Örnek switch ayarı;

```
#define USE_XMIN_PLUG
#define USE_YMIN_PLUG
#define USE_ZMIN_PLUG
//#define USE_XMAX_PLUG
```

```
//#define USE_YMAX_PLUG
//#define USE_ZMAX_PLUG
```

Alt kısımda gösterilen örnekte “true” olarak değiştirilir. Sebebi ise endstop’ların çalışma mantığını ters çevirmektir, yani basılı iken mi sınırlasın yoksa basılı değilken mi? False yapılırsa, basılı iken motorlar hareket eder.

```
#define X_MIN_ENDSTOP_INVERTING true
#define Y_MIN_ENDSTOP_INVERTING true
#define Z_MIN_ENDSTOP_INVERTING true
#define X_MAX_ENDSTOP_INVERTING true
#define Y_MAX_ENDSTOP_INVERTING true
#define Z_MAX_ENDSTOP_INVERTING true
#define Z_MIN_PROBE_ENDSTOP_INVERTING true
```

4.4.8.10. Adım Ayarları – Kalibrasyon

```
#define DEFAULT_AXIS_STEPS_PER_UNIT
```

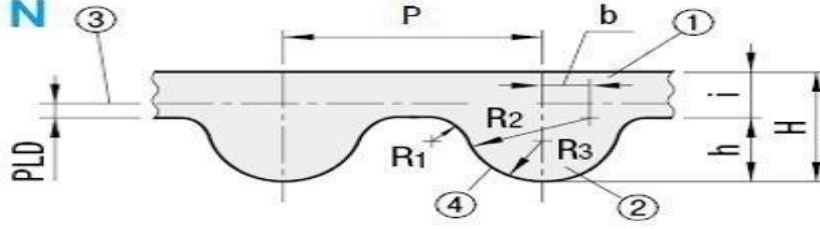
X ve Y eksenini için => (adım sayısı * driver mikro adım) / (kayış adımı * kasnak diş sayısı)

Adım Sayısı: Kullanılan motorların data bilgilerinden adım sayısına bakılır, genelde 200 adımdır.

Driver Mikro Adım: Genelde 16 alınır step motora göre değişir.

Kayış Adımı: Bunu kullanılan kayışın bilgilerine bakarak bulabilir veya ölçülebilir.

TYPE	P	R ₁	R ₂	R ₃	b	H	h	i	PLD
2GT	2	0.15	1.00	0.555	0.40	1.38	0.75	0.63	0.254
3GT	3	0.25	1.52	0.85	0.61	2.40	1.14	1.26	0.381



TOLERANCES			
belt type	think (H:mm)	width (mm)	pitch length
3GT-5	2.4 ± 0.15	5 ± 0.2	± 0.66mm/m
2GT-5	1.38 ± 0.15	5 ± 0.2	± 0.66mm/m
3GT-240-9	2.4 ± 0.15	9 ± 0.4	± 0.4mm

Şekil-27: Kasnak Dişlileri için Hesaplama Çizelgeleri

Örnek;

NEMA 17 motor ile T2 kayış ve 16 diş kasnak: $(200 \cdot 16) / (2 \cdot 16) = 80.0$

Z eksenini için => (adım sayısı * driver mikro adım) / vidalı mil adımı

Kasnak Diş Sayısı: 3D printer da genel de kullanılan GT2 için olanlar 20 dir.

Vidalı Mil Adımı: Vida adımı yani, kullanılan mile göre değişir veya burada Z ve X ekseninde bulunduğu gibi kayış/kasnak sisteminde de kullanılabilir, hesaplamalar yukarıdaki gibi yapılır.

Örnek;

NEMA 17 ile standart M5 sonsuz vida: (prusa i3 için) => $(200 \cdot 16) / 0.8 = 4000$

NEMA 17 ile standart M8 sonsuz vida: (prusa i3 ya da herhangi bir yazıcıda m8 sonsuz vida

Kullanılacaksa) =>> $(200 \cdot 16) / 1.25 = 2560$

4.4.8.11. Extruder Ayarı ve Kalibrasyon

2 çeşit extruder vardır, Bowden (Direct Drive, Doğrudan) ve Gear Reduction (Dolaylı, Dişli), ikisi içinde hesaplamalar şu şekildedir;

Bowden =>> (adım sayısı * driver mikro adım) / (hob efektif çap * pi)

Hob Efektif Çapı: Filamenti itecek olan hobbed bolt'un çapı. Bowden/direct drive extruderlarda "Drive Gear" olarak geçer ve piyasada MK7, MK8 gibi isimleri vardır.



Şekil-28: hobbed bolt (civata)

Pi: 3,1415857143 alınır.

Gear Reduction = >>>(adım sayısı * driver mikro adım) * (büyük dişli diş sayısı / küçük dişli diş sayısı) / (hob efektif çap * pi)

Örnek: (büyük dişli diş sayısı / küçük dişli diş sayısı)= 45/11

hobbed bolt çapı= 6mm

mm/s = (200 * 16) * (45 / 11) / (6 * 3,1415857143) => mm/s = 3200 * 4,09 / 18,849514286
=> 694.34149875

4.4.8.12. Hız Ayarları

Maksimum hız için; #define DEFAULT_MAX_FEEDRATE { 200, 200, 3.3, 25 }

Maksimum ivme; #define DEFAULT_MAX_ACCELERATION { 1100, 1100, 100, 10000 }

İlki baskı hareket hızları, ikincisi geri çekme hızı, üçüncüsü ise baskı yokken ki gezi hızıdır. Bunlar varsayılan ayarlardır. Dilimleme programı (slicer) üzerinden her seferde de ayarlanılabilir.

```
#define DEFAULT_ACCELERATION 650 // X, Y, Z and E acceleration for printing moves
#define DEFAULT_RETRACT_ACCELERATION 1000 // E acceleration for retracts
#define DEFAULT_TRAVEL_ACCELERATION 1000 // X, Y, Z acceleration for travel
(non printing) moves
```

Minimum sarsıntılı hız ayarı;

```
#define DEFAULT_XJERK 10.0
#define DEFAULT_YJERK 10.0
#define DEFAULT_ZJERK 0.4
#define DEFAULT_EJERK 5.0
```

Z eksenini Ayarı;

```
#define Z_MIN_PROBE_ENDSTOP
```

Orjin belirlemek için Z eksenini için endstop (limit switch) kullanılır

4.4.8.13. Motor Yönleri

Eğer step motorları ters yöne gidiyorsa kablolarını söküp ters çevirmek yerine bu ayarı kullanabilir. True iken ters ise false yapılır.

```
#define INVERT_X_DIR true
#define INVERT_Y_DIR false
#define INVERT_Z_DIR true
```

Home gidiş yönleri için kullandığımız ayar kısmı;

1=Maksimuma git, -1=Minimuma git. Minimumlara end switch koyuldu.

```
#define X_HOME_DIR -1
```

```
#define Y_HOME_DIR -1
```

```
#define Z_HOME_DIR -1
```

4.4.8.14. Tabla Büyüklük Ayarı

Minimum noktalarda end switch'ler olduğundan 0 olur, maksimumlar ise makinenin tabla genişliği ne ise ona göre mm olarak ayarlanır. Örnek tabla ölçüleri;

```
#define X_MIN_POS 0
```

```
#define Y_MIN_POS 0
```

```
#define Z_MIN_POS 0
```

```
#define X_MAX_POS 215
```

```
#define Y_MAX_POS 210
```

```
#define Z_MAX_POS 180
```

4.4.8.15. Eve Gitme Hızı

```
// Homing speeds (mm/m)
```

```
#define HOMING_FEEDRATE_XY 2000
```

```
#define HOMING_FEEDRATE_Z 150
```

4.4.8.16. Ön Isıtma Ayarları

PLA için; (Poliaktik Asit Flamenti)

```
#define PREHEAT_1_TEMP_HOTEND 200
```

```
#define PREHEAT_1_TEMP_BED 70
```

```
#define PREHEAT_1_FAN_SPEED 255 // Value from 0 to 255
```

ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene filament) termoplastik;

```
#define PREHEAT_2_TEMP_HOTEND 230
#define PREHEAT_2_TEMP_BED 100
#define PREHEAT_2_FAN_SPEED 255 // Value from 0 to 255
```

4.4.8.17. LCD & SD Kart:

Kullanılan lcd ye göre ayarlamalar değişir. Öncelikle LCD dil ayarını yapılır. Buradan en yazan kısmı tr yapılırsa language.h sekmesindeki Türkçe kısmı aktif edecektir.

```
#define LCD_LANGUAGE en
#define LCD_LANGUAGE tr
#define DISPLAY_CHARSET_HD44780
```

Sonrasında başından // silerek SD kart ayarı yapılır

- D CARD
- SD Cardx support is disabled by default. If your controller has an SD slot,
- you must uncomment the following option or it won't work.

```
#define SDSUPPORT
```

Sonra devam ederek başından // silerek kullanıma açılır

```
#define REPRAP_DISCOUNT_FULL_GRAPHIC_SMART_CONTROLLER
```

4.5. 3D Yazıcılar İçin Dilimleme Yazılımları (3D SLİCER)

3d modelleme yazılımı, 3d tasarım yazılım veya CAD yazılımlarının hepsi aynı mantıkta çalışır, bilgisayarda 3d modeller tasarlamayı sağlarlar. Bir tornavidadan bir araba modeline kadar neredeyse her şey tasarlanabilir.3d yazıcının hatasız çalışabilmesi için mevcut olan en iyi dilimleme yazılımlarından biri kullanılması gerekir.

Bir 3D model dilimleyicisi,3d yazıcısının için seçilen modeli hazırlar ve yaygın olarak kullanılan bir sayısal kontrol(numerical control-NC) proglamlama dili olan G-Code üretir. Bir çoğu ücretsiz olan çok sayıda dilimleme yazılım vardır.

4.6. Dilimleme Yazılımı (3D Slicer) Nasıl Çalışır?

3D model dilimleyici, bilgisayarda çalışan bir yazılımdır. 3D yazıcı için tercüman olarak görev yapar. Bu dilimleme yazılımları genellikle; Standart Triangle Language(STL),M3F veya OBJ gibi üç boyutlu koordinatları tanımlayan 3D dosya formatlarını okurlar.

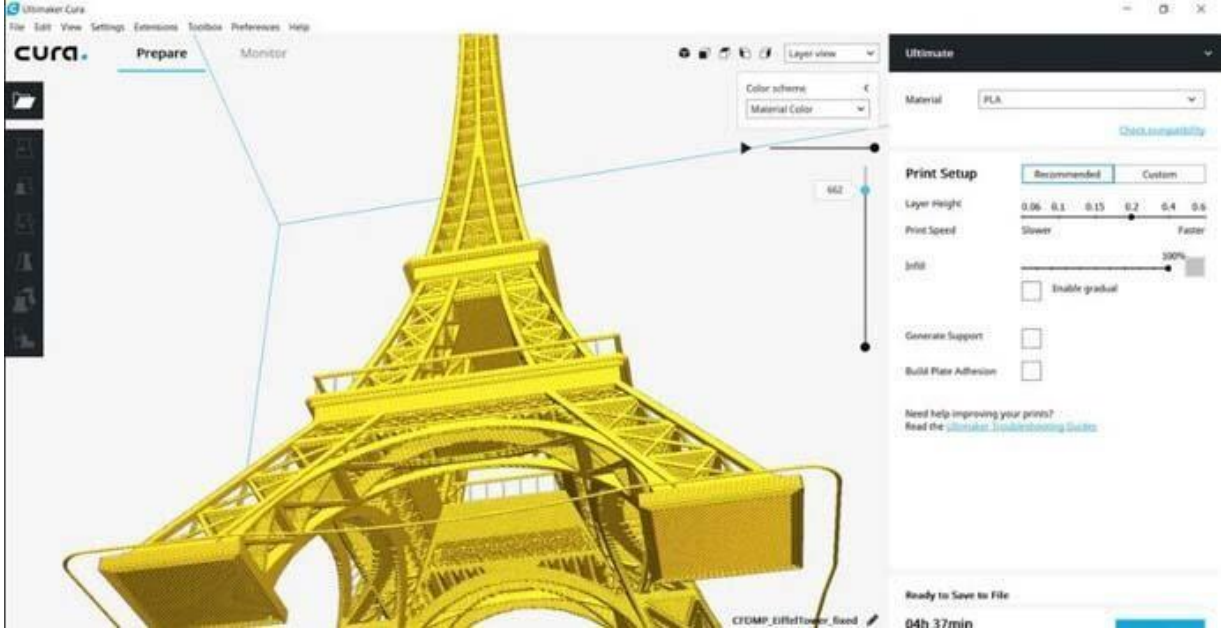
STL dosya formatı, 3D yazıcılar için endüstri standartta sahip bir dosya türüdür.Katı bir modelin yüzeylerini temsil etmek için bir dizi üçgen kullanır. Tüm modern CAD yazılımları, yerel dosya formatlarını STL'ye aktarmasınca izin verir. 3D model daha sonra dilimleme adı verilen bir işlemle makine diline(G-Code) dönüştürülür ve yazdırmaya hazır hale getirilir. Dilimleme yazılımı, üç boyutlu nesneyi birçok yatay katmanda dilimlere ayırır ve bir 3D yazıcı kafasını (extruder) satır satır, katman şeklinde izleyebileceği yolları oluşturur.



Şekil-29: Yazıcıda Kullanılan Programların Aşamaları

Herhangi bir dilimleme yazılımı;

- 1.STL dosya formatına sahip 3D modeli temel alan bir takım extruder hareket yollarını
- 2.3D baskının süresinden ve filament miktarından tasarruf etmek için modelin iç dolgu (infill) yüzdesini,
- 3.Geometrinin basılması zor ise destek(support) malzemesinin yapısı ve yoğunluğunu oluşturur.



3D tasarımın STL dosyasını analiz ettikten ve sana ayarları sunduktan sonra yazılım, kullanılan 3D yazıcı için uyarlanmış bir G-Code dosyası oluşturur. Koordinatları, nozzle ve yatak sıcaklıklarını, soğutma fan kontrolünü, baskı kafası hızını ve diğer değişkenleri ayarlar.

4.7. İyi bir Dilimleme Yazılımının Farkları Nelerdir?

3D yazıcı için en iyi dilimleme yazılımı aranıyorsa aşağıdaki maddelere dikkat edilmesi gerekir:

4.7.1. STL Dosyasını İşleme Hızı: büyük bir sorun gibi görünmese de karmaşık modelleri yavaş bir bilgisayarda açmaya kalkılırsa dakikalarca beklenmesi gerekebilir. Hatta yazılım kilitlenip hata bile verebilir.

4.7.2. Görüntüme Özellikleri: 3D modelinin herhangi bir noktasını kusursuz ve hızlı bir şekilde döndürme ve yakınlaştırma imkanı sunmalıdır.

4.7.3. STL Dosyasını Düzeltme: İyi bir 3D dilimleme yazılımı, modelinde hatalar varsa bunları gösterir ve ideal olarak bunları otomatik olarak düzeltir.

4.7.4. Kullanılabilirlik: 3D dilimleme yazılımının kullanımı,değişiklerin yapıldığı geçmiş, dosyaların yerel olarak depolanması, iş akışı, yinele özellikleri olarak detaylı arama yapılır.,

4.7.5. Önizleme

İyi bir 3D yazılımı, baskı süresi ve kullanılacak filament miktarı hakkında tahminlerde bulunur. Bu tahminler gerçeğe ne kadar yakınsa, zamanı ve malzeme giderini verimli kullanmak için o kadar önemlidir.

4.8. Dilimleme Yazılımı Ayarlarında Bilinmesi Gerekenler

Doğru 3D dilimleme ayarları, başarılı bir baskı ile başarısız bir baskı arasındaki fark için çok kritiktir. Bu nedenle, dilimleme yazılımlarının nasıl çalıştığını ve her farklı ayarın sonuçlarını nasıl etkileyeceğini bilmek çok önemlidir.

Aşağıdaki resim, 3D dilimleme ayarlarının baskıda sahip olabileceği farkın basit ama etkili örneğini göstermektedir;



Şekil-30: 3D Yazıcı Basım Kalitesi

Sorunun bir kısmı, optimum dilimleme yazılımı ayarlarının hangi tasarımı yazdırdığına ve hangi filament kullanıldığını bağlı olmasıdır. Bu nedenle herkese uyan tek bir ayar yoktur veya mükemmel bir ayar yoktur.

Dilimleme yazılımının temel özelliklerinden bazılarını gözden geçirilirse;

4.8.1. Katman Yüksekliği (Layer Height)

Katman yüksekliğini ayarını, modelin çözünürlüğü olarak düşünülürse, bu ayarın baskıdaki her filament katmanını yüksekliğini belirtir. Daha ince katmanlarla yapılan

baskılar, tek tek filament katmanlarını görmeyen zor olduğu pürüzsüz bir yüzeye sahip olurlar. Daha ince katmanlar ile baskı almak, bir modeli daha fazla sürede yazdırılmasının, modeli oluşturan katman sayısını artmasına neden olacaktır.

Ayrıntıya önem verilmediği bir model yazdırılacaksa daha kalın-yüksek bir katman ile baskıları daha hızlı yazdırılabilir. Ancak, daha pürüzlü bir yüzeye, katmanların daha görünür hale gelmesine neden olacaktır. Düşük çözünürlüklü baskı, ayrıntıların önemli olmadığı prototipler için hızlı bir çözümdür.

Karmaşık detaylara sahip bir model yazdırılmak isteniyorsa, daha ince bir katman yüksekliği ile en iyi baskı elde edilebilir.



Şekil-31: 3d Yazıcı ile Basılmış Örnek Parça

Orta çözünürlüklü tasarımlar için genellikle katman kalınlığı 0.1 mm önerilmektedir. Çok fazla ayrıntı içeren bir şey basılmıyorsa, orta ayarların, spiral satranç seti gibi bazı detay düzeylerinde birçok tasarım için mükemmel çalışacaktır.



Şekil-32: Spiral Satranç Seti

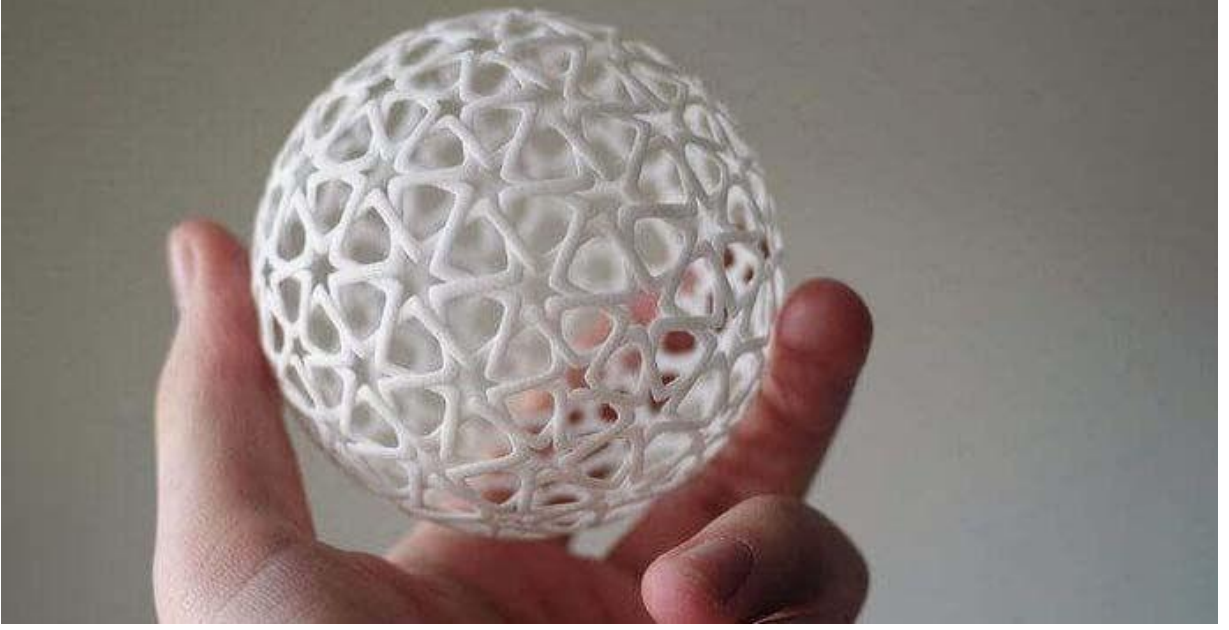
Daha büyük katmanlar, çok fazla ayrıntıya sahip olmayan baskılar için en iyi sonucu verir. Genellikle çok düşük çözünürlükte baskılar için 0.2 mm önerilmektedir.

4.8.2. Kabuk Kalınlığı (Shell Thickness)

Tasarımının içi boş bölümlerine başlamadan önce tasarımın dış duvarlarının 3D yazıcı tarafından kaç adet kabuktan oluşacağını belirtir Bu, yan duvarların kalınlığını tanımlar ve baskının mukavemete sahip olmasındaki en büyük faktörlerinden biridir. Bu sayının artırılması, daha kalın duvarlar oluşturulacak ve baskının gücünü arttıracaktır. Dilimleme yazılımlarında otomatik olarak bu değer 0,8 mm olarak ayarlanmıştır. Bu nedenle, dekoratif baskılar için bunu değiştirmeye gerek yoktur. Daha fazla dayanıklılık gerektiren bir model basılıyorsa veya su geçirmez bir şey basılmak isteniyorsa kabuk kalınlığı artırılmalıdır.

4.8.3. Filament Geri Çekme (Retraction)

3D yazıcıya, filamentin nozzle'dan geri çekmeye ve aşağıdaki resimde bulunan modeldeki gibi baskıda süresiz yüzeyler olduğunda filamentin akışını durdurmasını sağlar.



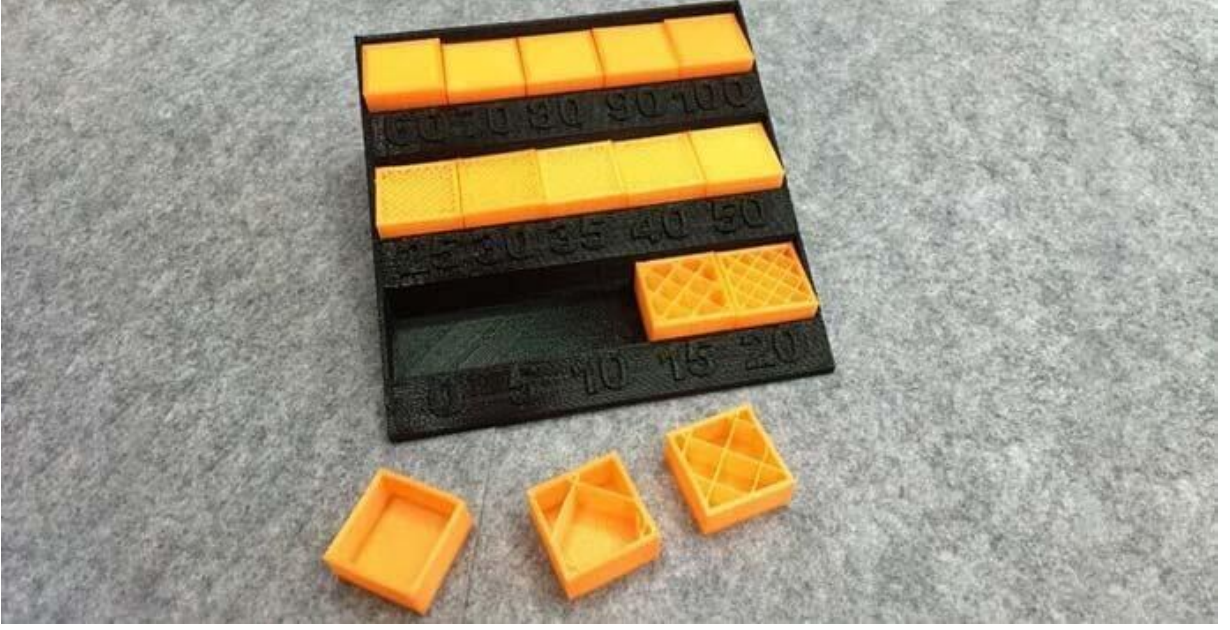
Şekil-33: Filament Akışı Durdurulmuş Yapı

Modelin süreksiz veya köprü yapılı yüzeyler yoksa geri çekme özelliği genellikle her zaman açıktır. Bu ayar, bazen baskı sırasında filamentin nozzle tıkamasına neden olabilir, bu durumda muhtemelen bu özelliği devre dışı bırakılabilir. Nozzle'ın ucundan çıkan çok fazla filament olduğu görülürse, baskının dış kenarlarında bir demet ip veya kümeler bırakıyorsa, geri çekme (retraction) özelliğinin açık olması gerekir.

4.8.4. İç Dolgu Oranı (Fill Density)

Bir modelin dış kabuğundaki boşluğun yoğunluğunu belirtir. Bunun katman yüksekliği gibi mm yerine % cinsinden ayarlandığını fark edilecektir. Bir model, %100 iç dolgu oranı ile yazdırılıyorsa, iç kısmı tamamen katı olacaktır. Dolgu yüzdesi ne kadar yüksek olursa, nesne o kadar güçlü ve ağır olur. Yazdırılması için daha fazla zaman ve filament gerekir. Her seferinde %100 dolguyla yazdırıyorsan, bu işlem pahalı ve zaman alabilir. Bu nedenle, modelin kullanım yerine göre hangi iç dolgu oranında kullanılacağına karar verilmesi gerekir.

Görüntü amaçlı bir model üretiliyorsa, %10-20 iç dolgu önerilir. Daha işlevsel ve sağlam olmasını istediğin bir parçaya ihtiyacın varsa, %75-100 iç dolgu oranı daha uygundur.



Şekil-34: İç Dolgu Yüzdesine Göre Modeller

4.8.5. Baskı Hızı (Print Speed)

Extruder, filamenti ittirirken hareket ettiği hızı ifade eder. En uygun hız ayarı, hangi modeli yazdırıldığına, kullanılan filament çeşidine, 3D yazıcının kabiliyetlerine ve katman yüksekliğine bağlıdır. Çok hızlı baskılar komplikasyonlara ve karışık görünümlü hatalı baskılara neden olabilir.

Karmaşık detaylı baskılar için daha düşük bir hız sana daha kaliteli bir baskı imkanı sunacaktır. Genellikle önerilen iyi bir başlangıç hızı, 50mm/s'dir.

4.8.6. Destek Yapıları (Supports)

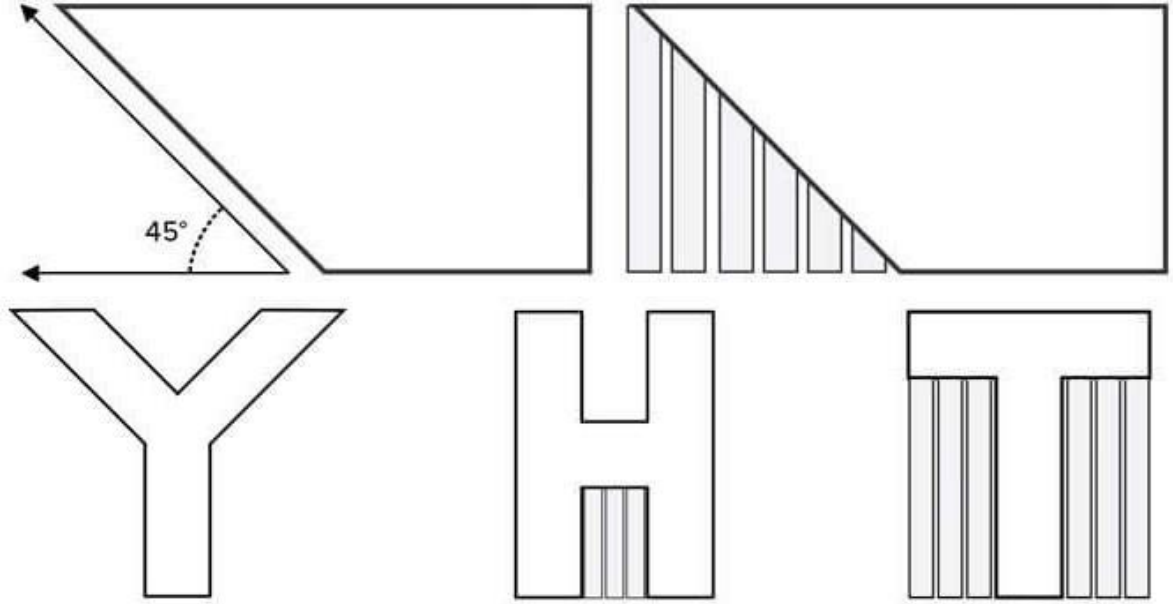
Destek yapıları yazdırıldıkları zaman oluşturulacak kadar temel malzemeye sahip olmayan modelleri 3D yazıcının yatağında sabit tutmaya yardımcı olan yapılardır. Modeller katman katman yazdırıldığından dolayı, 45 derece ve daha düşük açılı bölgeler ilk katman ile bağlantısı olmayan kısımlar olur. Bu bölgelere çıkıntı denir ve desteksiz olan kısımlar sarkık görünüm yaratabilir.

4.9. Destek Yapısı Gerekip Gerekmediği Nasıl Anlaşılabilir ?

-‘Y’ şeklindeki herhangi bir şey desteksiz olarak basılabilir, çünkü sarkmasını engellemek için altında hala yeterli malzeme bulunan kademeli bir eğim mevcuttur. Genel

olarak, 45 dereceden daha büyük bir eğime sahip çıkıntılarının destek gerektireceğini öngöre 45 Derece Kuralını düşünmenin başka yoludur.- Orta çıkıntının her iki tarafına da bağlandığı 'H' şeklinde ortasındaki bölümlere köprüleme denir. Sarkma veya dağınık bir yazdırmayı önlemek için herhangi bir köprü türünde destek yapısı gereklidir.

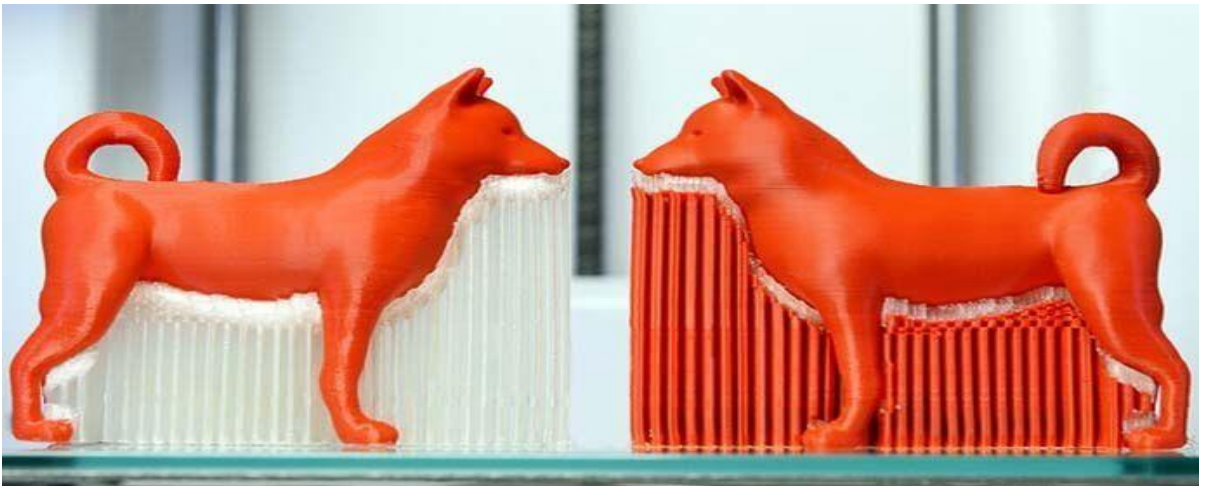
-'T' şeklinde bir çıkıntıya sahip herhangi bir şeyin destek yapısına ihtiyacı vardır.



Şekil-35: Örnek Destek Yapıları

4.9.1. Yapı Plakasına Dokun (Touching Build Plate):

Desteğe ihtiyaç duyan tasarım bölümünün aşağıdaki gibi yapı plakasına sahip bağlanabileceği tasarımlar içindir.



4.9.2. Her Yere Destek Yapısı Yap

3D yazıcı yatağındaki bir tabana bağlanmayan bölgelerin sarkmaması için oluşturulan desteklerdir. Bu özellik, modelin bir bölgede sarkan bir katmanı olabileceği daha karmaşık tasarımlar içindir.

4.9.3. Baskı Tablasına Yapışma Tipi

Dilimleme yazılımında yapılacak ayarlar, modelin baskı tablasına yapışmasını etkiler. Bir tasarımın alt kısmında oluşan kalkmalar, baskı tablasına yapışmayan baskılar için ana neden olabilir, ancak baskı tablasına yapışmasına yardımcı olmak için ayarlanabilecek iki ayar vardır;

1. **Raft:** Tablaya yapışmak ve üst katmanlara daha sağlam çıkmak için bir platform görevi gören ve modelin altına giren yatay bir ızgara yapısıdır.
2. **Brim:** Modelin alt kısmında iz bırakmadan, modelin köşelerine tutunur. Bu yapı sayesinde modeli baskı tablasına yapışması sağlanabilir.

İlk Katman Kalınlığı (Initial Layer Thickness)

Dilimleme yazılımında gelişmiş ayarlarda bulunur ve ilk katın baskı tablasındaki kalınlığını belirler. 3D baskı için daha sağlam bir taban isteniyorsa, ilk katmanı daha kalın yapılır. Genellikle inşa edilmesi kolay ve platforma iyi yapışan katman kalınlığı 0.3 mm olarak belirlenmiştir.

4.10. Dilimleme Yazılımları (3D Slicer)

1-Cura

2-Simplify3D

3-Slic3r

4-Meshmixer

4.10.1. Meshmixer

Diğer CAD veya 3d yazıcı programlarına göre benzersizdir. Parametrik modelleme yerine Meshmixer, taban şekli ile başlanılan ve oradan inşa edilen bir ortam kullanır.

5.Mühendislik Hesaplamaları

7.1.Vida Hesabı

Trapez vida; Tr8x2 => $d_1=6,5$ mm, $d_2=7,25$ mm

NEMA 17HS4401 için tutunma torku 420 Nmm.

$$M_{stop}=M_{s1}+M_{s2}$$

Hareket vidasında somun başı sürtünmesi ve yatak sürtünmesi yoktur => $M_{s2}=0$

$$M_{s1}=F_{\text{ön}}*d_2/2*\tan(\beta+\rho')$$

trapez vida için sürtünme değeri => $\mu=0,21$

$$\mu'=0,21/\cos(30/2)=0,1553$$

$$\mu'=\tan\rho' \Rightarrow \rho'=12,26^\circ$$

$$\tan \beta=h/(\pi*d_2)=2/(\pi*7,25)=0,08785 \Rightarrow \beta=5^\circ$$

$$\Rightarrow M_{s1}=420\text{Nmm}=F_{\text{ön}}*(7,25/2)*\tan(5^\circ+12,26^\circ) \Rightarrow F_{\text{ön}}=372 \text{ N}$$

7.1.1. Çekme-Basma Kontrolü

İndüksiyonlu Krom Kaplı Mil – CK 45

Emniyet Katsayısı: $S=2$

Çentik Kat sayısı: $\beta\text{ç}=2$

$$\sigma_{Ak}=320 \text{ N/mm}^2$$

$\tau_{Ak}=0,7*\sigma_{Ak}=224 \text{ N/mm}^2$; Sementasyon Çeliği

$$\sigma_{\text{ç-b}}=1.3*F_{\text{ön}}*4/(\pi*d_1^2)=372*4/(\pi*6,5^2)=14,7 \text{ N/mm}^2$$

7.1.2. Burulma Kontrolü

$$\tau_b=M_{s1}/W_b \Rightarrow \tau_b=420*16/(\pi*6,5^3)=7,8 \text{ N/mm}^2$$

7.1.3. Eşdeğer Gerilme

$$\sigma_b=\sqrt{(\sigma_{\text{ç-b}}^2+3*\tau_b^2)}=(14,7^2+3*7,8^2)=20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{em}=\sigma_{Ak}/(S*\beta\text{ç})=320/4=80 \text{ N/mm}^2$$

$\sigma_b \leq \sigma_{em} \Rightarrow 20 \text{ N/mm}^2 \leq 80 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow$ Tr 8x2 çekme ve burulma açısından emniyetlidir.

7.1.4. Burkulma Kontrolü

$$\lambda = \lambda_1/4 = 6.5 \quad \lambda_2/4 = 1.625 \quad \lambda_3$$

$$L_k = L = 330 \text{ mm}$$

$$\lambda = \lambda_1/\lambda_2 = 330 / 1.625$$

$$\lambda_2 = 203,1 \quad \sigma_E = 0,8^*$$

$$\sigma_{Ak} = 0,8 * 320 = 256 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda_0 = \pi * \sqrt{(E/\sigma_E)} = \pi * \sqrt{(210000/256)} = 89,9$$

$\lambda > \lambda_0$ olduğundan EULER DENKLEMİ kullanılır.

$$\lambda_{\text{BR}} = \lambda^2 / \lambda_2^2 = \lambda^2 / (210 * 10^3 * 203,1) \cong 50,2 \quad \lambda_2^2$$

$$\lambda_{\text{BR}} = \lambda / \lambda_2 = \lambda_{\text{ön}}^4 / (\lambda^2 * d^2) = 372^4 / (\lambda^2 * 8^2) = 7,4 \quad \lambda_2^2$$

$$7,4 \quad \lambda_2^2 \leq 50,2 \quad \lambda_2^2 / S \Rightarrow S = 6,78$$

Vidalarda $S \geq 3$ olması gerekir $S = 6,78 \geq 3$ olduğundan burkulma açısından emniyetlidir.

8-YAPILAN ÇALIŞMALAR

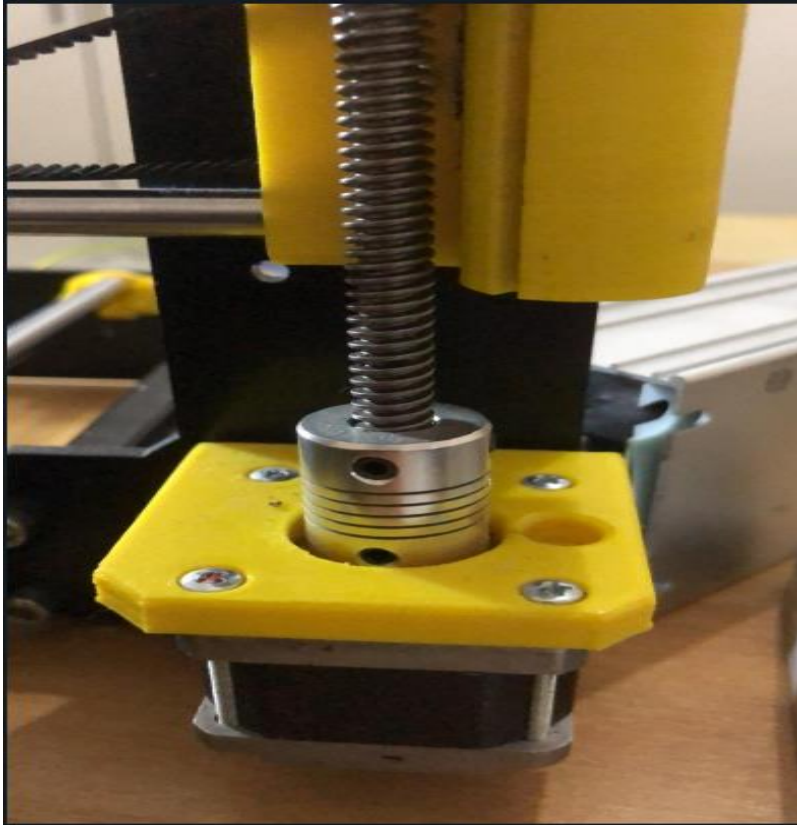
8.1.Mekanik montaj

Tasarımı ve prototip imalatı gerçekleştirilen 3 boyutlu yazıcıya ait teknik mekanik montaj şeması kaba olarak şöyle anlatılabilir; Yazıcı gövdesi sistemi motorların, millerin, vidaların, rulmanların, bağlantı elemanlarının ve diğer parçaların ağırlığını taşıyacak şekilde üretilmiştir. Bu sebeple yazıcı gövdesinde 4 adet 20x20x390 mm boyutunda sigma profiller kullanılmıştır. X ekseninde eriyik serme kafasını taşımaktadır. Bu eksen Y eksenine üzerine monte edilmiş olup x eksenine ile senkronize hareket etmesi sağlanmıştır. Bu ekseninde motor ve motor miline bağlanan kasnak ve bu kasnak ile çalışan kayış yardımıyla eriyik serme kafasının x ekseninde hareketi sağlanmaktadır. Eriyik serme kafası 2 adet indüksiyonlu mil üzerinde lineer rulmanlar yardımıyla hareket etmektedir.

Y eksenine hareketi motordan kayış kasnak ile aktarılır. Y ekseninde bulunan miller, sabit yataklar ile sisteme yerleştirilmiştir. Modelin yapıldığı tabla z ekseninde hareket etmektedir. Vidalı milin kaplin yardımıyla motora bağlanması ile hareket z eksenine aktarılır. Vidalı mil ile birlikte çalışan somun tabla taşıyıcı plakaya montaj edilmiştir. Sistemde ki vidalı milin haricinde 2 adet indüksiyonlu mil kullanılarak hareketin rijitliği sağlanmıştır. Bu miller tabla taşıyıcı plakaya lineer rulmanlar ile yataklanmıştır. Eriyik serme kafasının görevi erimiş haldeki plastik malzemenin nozulun ucundan akışını sağlamaktır. Malzeme beslemesi için bir adet step motor kullanılmıştır. Eriyik serme kafasının gövdesine montajlanmış makara ve motor ucuna montajlanan dişli kasnak ile nozul ucuna 1.75 mm çapında ki plastik telin iletimi sağlanmıştır. Üç boyutlu yazıcı için kontrol kartı, adım motoru, adım motoru sürücü devresi, ısıtıcı uç, ısıtıcı tabla gibi elektronik ekipmanlar kullanılmıştır.

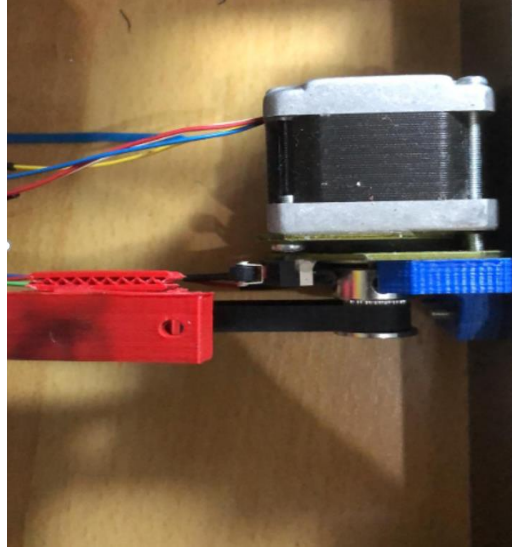


Şekil 36; Ana gövdeyi oluşturmak için sigma profil ve saç levhaları bağlantı elemanları kullanılarak montajın gerçekleştirilir.



Şekil 37 ; Trapez vidanın gövde ve z ekseni krom mille bağlantısı

Z eksenini oluşturmak için baskısını aldığımız polimer malzemeyi kullanarak step motorlarımızı yazıcın sağ ve sol kısmına montajını yaparız. Daha sonra bunun üzerine z eksenini vidalı milimizin montajı için kaplinleri monte ederiz.



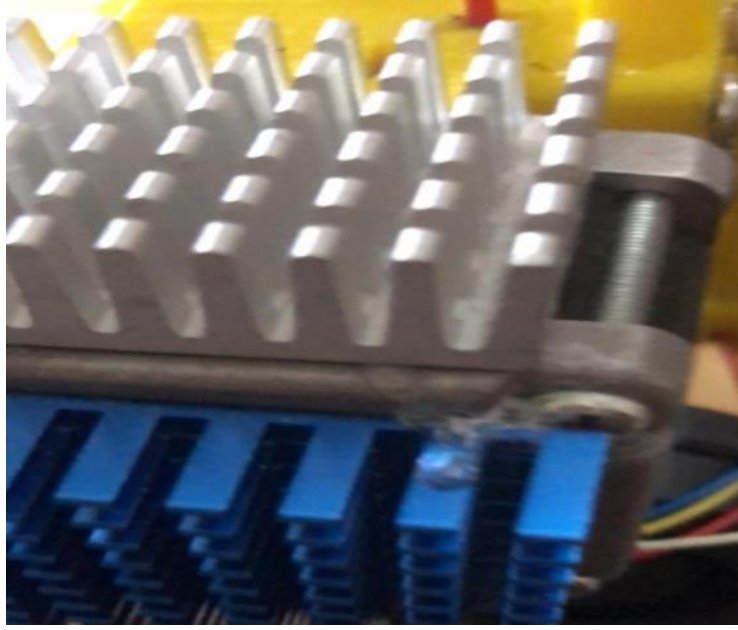
Şekil 38 ; Motor Kayış Bağlantısı

Step Motordaki dairesel hareketi kayışa aktarılabilmesi için motora bir adet dişli kasnak monte edilmiştir. Burada 20 diş ve 5mm'lik iç çapa sahip kasnak kullanılmıştır. Kayış daha önce krom millere monte ettiğimiz rulmanlar vasıtasıyla tablanın Y eksenini hareket kabiliyetini sağlamış olur .



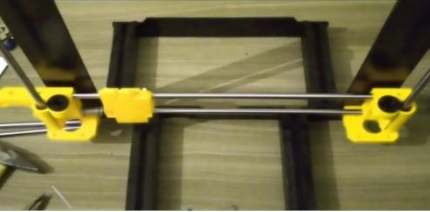
Şekil 94 ; Lineer rulmanın krom mile takılması

Lineer rulmanların üzerine baskısını aldığımız destek elemanı monte edilir. Bu elemana da tabla sabitlenir.

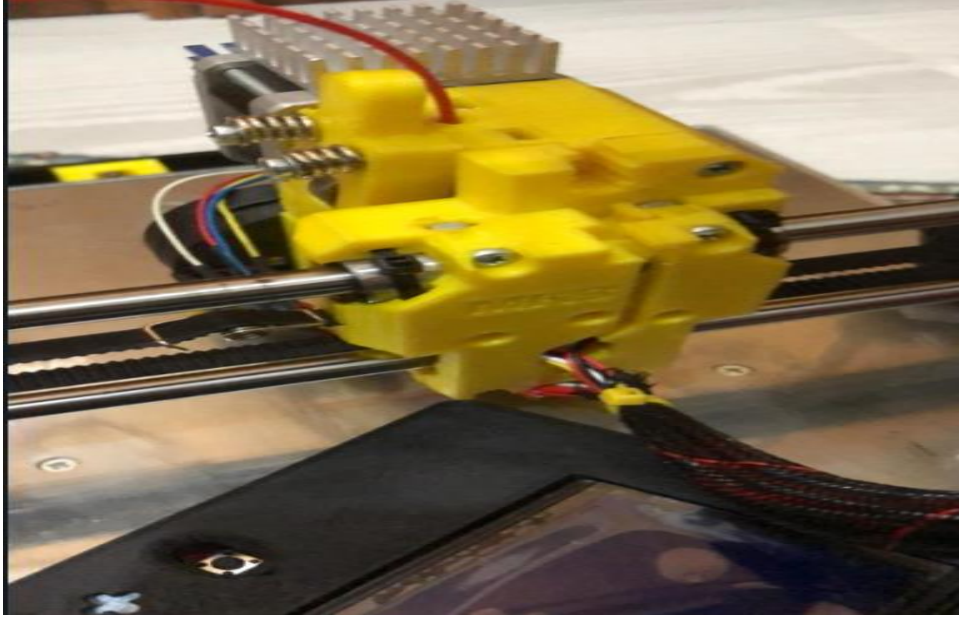


Şekil 40 ; Alüminyum soğutucu montajı

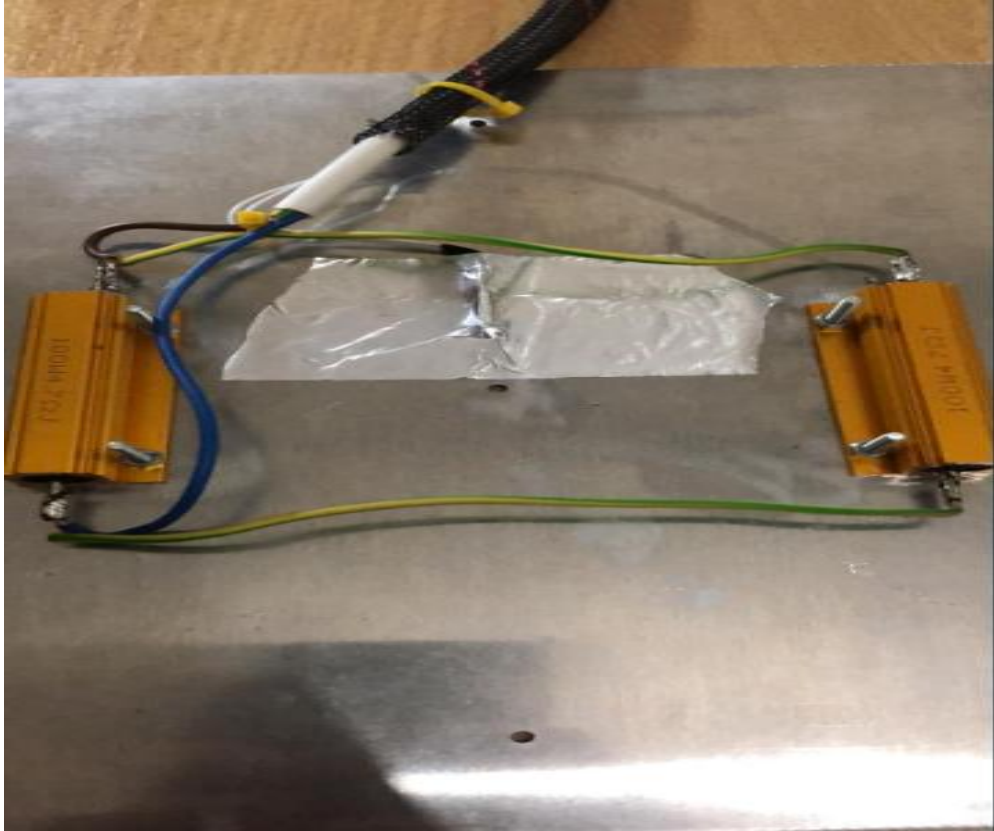
Bunlar , sıcaklığın yukarılara sirayet edip , plastiği zamanından önce erimesini önleyerek , filamentin sevkini kolaylaştırırlar.



Z ekseni üzerindeki motor, miller ve tabla yerleştirilmiştir. Z eksenin kayışının diğer tarafına rulman yerleştirilmiştir. Millere lineer rulman takılmıştır.



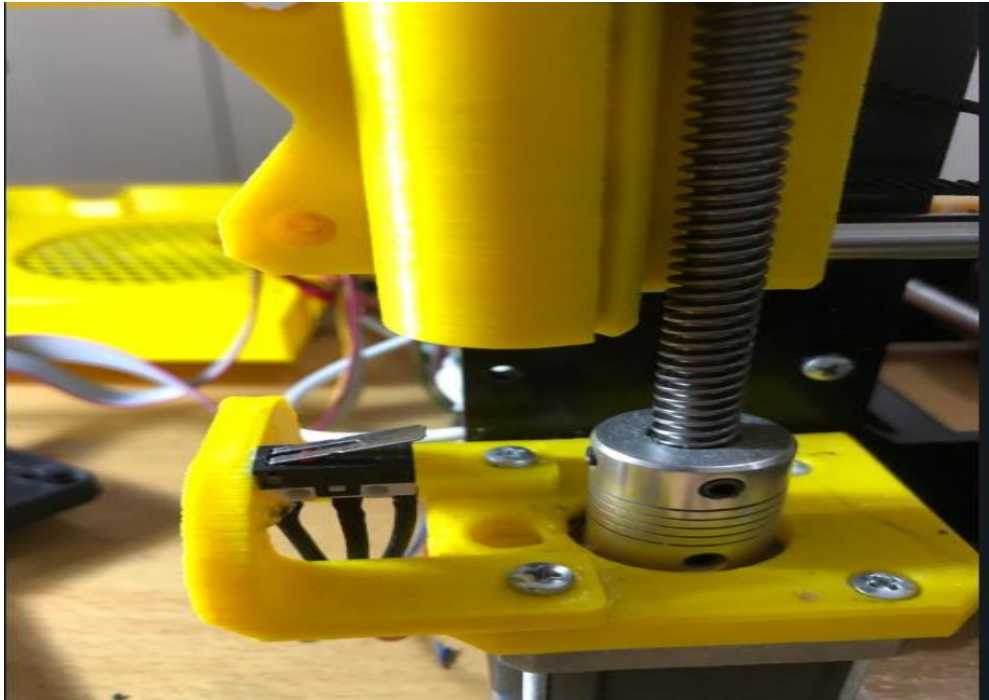
Şekil 41 : Extruder montajı



Şekil 42 ; Isıtıcının takılması



Şekil 43 ; Power'n NEMA motorlara ve Arduino'ya bağlantı yapılması



Şekil 44 ; Z ekseni limit switch montajının yapılması

8.2. Elektronik montaj

Günümüzde kullanılan üç boyutlu yazıcıların kontrol kartları çoğunlukla Arduino'ya dayanmaktadır. Bu kontrol kartlarının en temel görevleri step motorları, ısıtıcı nozul ve ısıtıcı tablayı kontrol etmektir. RAMPS (RepRap Arduino Mega Pololu Shield) elektronik kontrol kartı Arduino ek kartıdır. Üç boyutlu yazıcı için ihtiyaç duyulan tüm elektronik kontrol işlevini yerine getirmek için tasarlanmıştır. Üç eksenin kontrolü için birer adet, filament besleme kısmı için bir adet olmak üzere toplamda dört adet adım motoru kullanılmıştır. Adım motor sürücüsü üç boyutlu yazıcıda kullanılan adım motorlarının hareketini sağlamak üzere kullanılır. Isıtıcı tabla baskı esnasında malzemenin yüzeye yapışmasını, çarpılmasını önlemek amacıyla kullanılmaktadır. PLA malzeme için ısıtıcı zeminin kullanılması çok gerekmemekle birlikte ABS ve kompozit malzemenin baskısı esnasında mutlaka kullanılması gerekmektedir.



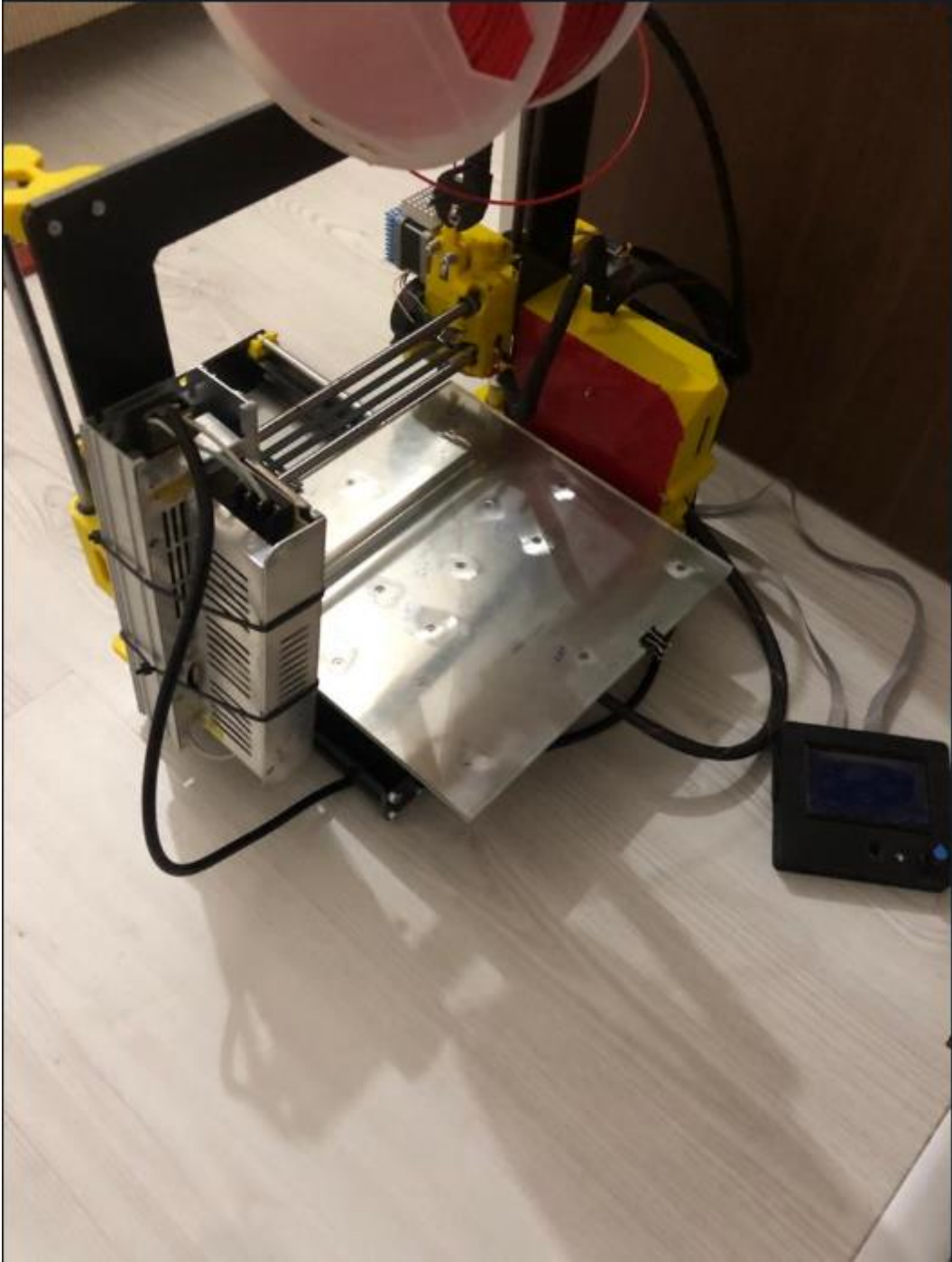
Hot End, end stop'lar takılmıştır. Ekstruder ile hot end'in arasına filament aktatımı için boru takılmıştır. Sıcak tabla takılıp kalibrasyonu yapılmıştır.

Arduino üzerinde 54 adet G/Ç pimi bulunuyor; bu pimler 5V ile çalışıyor ve 40 mA lik giriş ya da çıkış sağlıyor. Bu pim girişlerine RAMPS in alt kısmında bulunan pimler takılır ve gerekli olan veri akışı sağlanır. RAMPS 'ı Aduino üzerine tam olarak oturttüğünüzde

bundan sonraki aşamada RAMPS üzerine motor sürücüleri yerleştirdik. Motor sürücüler de RAMPS üzerine yerleştirilir ve üzerlerine soğutucuları takılmıştır.

Ve son olarak sıcak tablaya , motorlara ekstruder ve güç kaynağına; Arduino ile ramps kitinin bağlantılarını yapılmıştır.

Elektronik ve Mekanik montaj sonunda projenin nihai hali şu şekildedir ;



Şekil 44; Yazıcının Son Hali

6.3. Maliyet Hesabı

Malzeme	Fiyat
RepRap Ramps 1.4 Uyumlu 4x20 LCD Ekran Kiti - Smart Controller	83,08 TL
RepRap Ramps 1.4 3D Printer Kontrol Kartı	50,03 TL
3B Yazıcı Extruder - Reprap Uyumlu Step Motorlu Extruder	222,92 TL
NEMA 17 Step Motorlar için L Dirseği - PL-2266—(4-ADET)	41,54 *4 TL
RepRap J-Head Extruder Hotend Nozzle 1.75/0.4 mm - Fan Bağlantılı	77,54 TL
100K NTC Sensör / Termistör	6,46 TL
TB6612FNG Step Motor Sürücü / DC Motor Sürücü- (4-ADET)	15,69 *4 TL
3B Yazıcı Limit Switch	6,46 TL
Mini Soğutucu (A4988 ile Uyumlu)-- (3-ADET)	1,38 *3 TL
3 Boyutlu Yazıcı Isıtıcı Tablası - MK2A REPRAP PCB Heatbed	76,62 TL
Alüminyum Isıtıcı Bloğu - MK7 MK8 20x16x12 mm	8,86 TL
GT2 Kasnak, 20 Diş-(2-ADET)	8,40 *2 TL
Arduino MEGA 2560 R3 Klon	70,45 TL
12v 30a Adaptör Orjinal Led Adaptörü Let Trafosu Güç Kaynağı	90,00 TL
20x20 Sigma Profil 32cm –4 ADET	179,2 TL
8 mm Krom Mil (34cmx2adet,36cmx2adet,42cmx2adet)	67,2 TL
Cıvata/Vidalar	115,8 TL
Ayaklar—(4-ADET)	30 TL
Yazıcıda Kullanılacak 3D İle Basılmış Parçalar	155 TL
LM8 Rulman—(4-ADET)	24,8 TL
LM8LUU Rulman	18,12 TL
3D Yazıcı Vidalı Mil Somun—(2-ADET)	40,3 TL
TOPLAM	1572,78 TL

7. ÖNERİLER

Bu çalışmada 3D yazıcılarla ilgili olarak mevcut sistemler, patentler ve literatür araştırması yapılmıştır.

Günümüzde makine aksanı olarak kullanılan metal parçalar genelde talaşlı imalat ve ısıtılma şekillendirme(dövme, presleme) yoluyla ham maddeden yarı mamul ve dolayısı mamul olarak üretimi yaygındır. Bu şekilde üretilen parçalarda madde israfı %80' i geçmektedir. Katmanlı imalat yöntemlerinde ise, kullanılan teknolojinin yardımıyla talep edilen parçaları üretirken, parçalarda hammaddeden kayıp olmadığı için daha ekonomiktir. Bu üretime örnek olarak havacılık ve savunma ürünlerinde türbin kanatları, roket çekirdeğinde ateşleyici nozuller ve üretilme aşamasında olan milli muharip savaş uçağımızda (MMU) üretilen en önemli parçalarından biri motorları tutacak olan bulkhead parçasıdır.

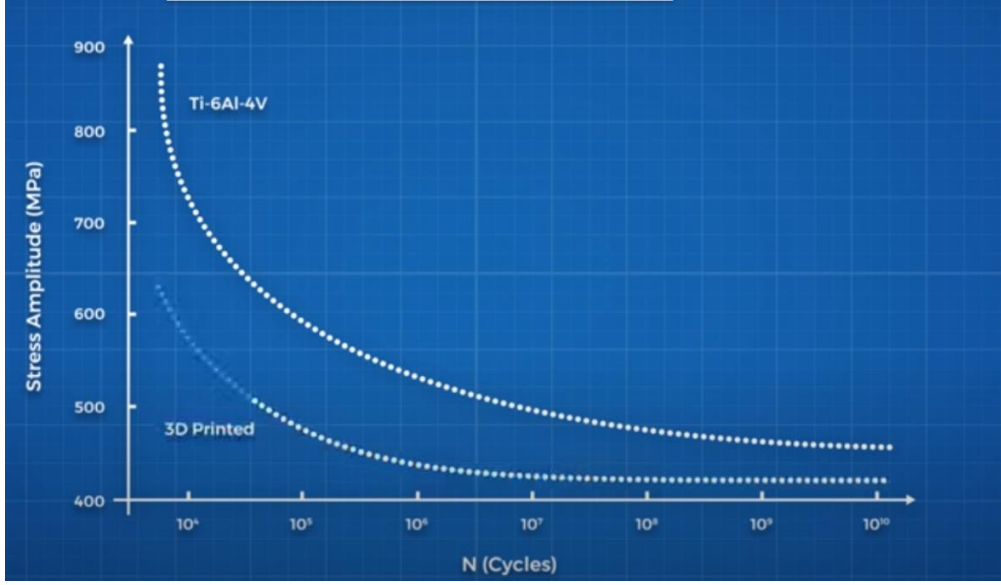


Şekil... Motor Tutucu(Bulkhead)

Şekilde görülen parça preslenerek ve ısıtılma işlemi uygulanarak üretilmektedir. 5 metreye 3 metrelik bir kalıba ihtiyaç duyan bu parça dünya genelinde çok az firma üretebilmektedir.

Ülkemize uygulanan amborgolar sonucu bu tür parçaların üretimini preslenerek yapılamamaktadır. Bu gelişmeler sonucu 3D ile vakum altında parçanın üretilmesinin yolu bulunmuştur ve 3D yazıcı teknolojinin gelecekte ne kadar önemli olduğu görülmüştür.

Katmanlı imalat yöntemi ile üretilen parçaların genel olarak dezavantajı, üretilen parçanın preslenerek ve sonrasında ısıtılma işlemi uygulanarak elde edilen parçaların mukavemet değerlerinden düşük olmasıdır.



Şekil Örnek Titanyum Alaşımının Her iki İmalat Sonucu Devire Göre Mukavemet Değerleri(Wöhler Eğrisi) [<https://www.youtube.com/watch?v=fzBRYsiyxjI>]

Şekilde de görüleceği gibi 3D ile üretilen parçanın malzeme üzerinde dinamik kuvvetlerin etkisi sonucu yorulma ömürlerinin daha düşük olmasıdır.

İki üretim arasında oluşan gerilme farklarının azaltılmasında yeni teknolojiler bulunmuştur. Bunlar, vakum altında üretim ve sıcak isostatik presleme yapılmasıdır. Parçanın tanecik boyutlarını birbirine daha fazla yakınlaştıran bu yöntemler dinamik yükler altında mukavemet değerlerini artırmıştır.

Eklemeli imalatın dezavantajları eşitlenmesi durumunda talaşlı imalatta oluşan yüksek hammadde kayıplarının önüne geçilmiş olacaktır

8. SONUÇLAR

Tasarım seri üretim için kullanılmayacaktır eğitim için hazırlanmıştır. Cihaza özel tasarlanmış parçalar bulunmuyor oluşu, kullanıcı bir hata yaptığı takdirde kolayca makinayı yeniden çalışır hale getirmesine müsaade etmektedir.

Sistemde kullanılan elemanların, çalışan bir yazıcı ortaya çıkınca 3D yazıcıyla bu parçaların iyileştirilmesi yapılmıştır. Örneğin mil yatakları, ayaklar, Extruder'de kullanılan destek parçalarıdır.

Profesyonel 3D yazıcı sistemlerine kıyasla risk faktörünün bu kadar düşük oluşu, öğrenme için gereken eşiği düşürüp 3D yazıcı sistemlerini kullanabilme deneyiminin daha çok insana yayılmasına olanak tanıyacaktır. Örnek olarak Arduinio gibi firmaların seri üretim yaparak bu tür sistemlerin çok kolay yapılabilir kılmaktadır.

6. KAYNAKÇA VE EKLER

- [1]-<https://bicisim.com/blog/stl-dosyasi-nedir-ve-nasil-kullanilir>,29.10.2019
- [2]-<https://kisi.deu.edu.tr/asli.ergun/arduinoileprogramlama.pdf> Aslı Ergün,2018
- ARDUINO REFERANS KAYNAKLARI
- [3]-<http://blog.robomore.com/?cat=6&paged>,Aslı Ergün,2020
- [4]-https://labitat.dk/wiki/Arduino_beginners_workshop ,05.02.2016
- [5]-<http://coopermaa2nd.blogspot.com/>
- [6]-<http://arduino.cc/en/Tutorial/HomePage> ,2019
- [7]-<http://shieldlist.org/> , Jonathan Oxar,2020
- [8]-Fritzing-Çizim programı: Fritzing-Çizim programı:
<http://fritzing.org/download/>,2007
- [9]-<http://www.123dapp.com/circuits> ,19.12.2019

PID KONTROL:

- [10]-Benjamin C. Kuo, Automatic Control Systems,1987
- [11]-Wescott Tim, PID Without a PhD,2018
- [12]-<https://www.boyutkat.com/bilgi-bankasi/3d-modelleme/3d-yazicilar-icin-dilimleme-yazilimlari-slicer/#dilimleme-yaz%C4%B1%C4%B1m%C4%B1-3d-slicer-ne-yapar> ,2020

Hesaplamalar için;

- [13]-Makine Elemanları Cilt-1 (Prof. Dr. Talat TEVRÜZ),2015
- [14]-Makine Elemanları Hesap Şekillendirme (Tezcan ŞEKERCİOĞLU),2018

- [15]-<https://blog.armadayazilim.com/2020/05/04/3d-baski-ile-talasli-imalat-arasindaki-farklar/>, Metehan Çetin,2020
- [16]-<https://www.maktoloji.com/2018/12/3d-yazclarn-avantajlar-ve-dezavantajlar.html>,2021
- [17]-<https://www.onlinefilament.com/blog/icerik/filament-nedir-filament-cesitleri-nelerdir>,2020
- [18]-<https://maker.robotistan.com/3d-yazici-printer/#3D-Yazici-Nedir-Ne-Ise-Yarar>,2020
- [19]-[3 boyutlu yazıcılar havacılık ve uzay sektöründe çığır açtı!](#) (indigodergisi.com) , Alican Yıldızalp,2020
- [20]-<https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/624966>
S.Kökhan,U.Özcan,2018
- [21]-<https://www.tridi.co/blog/3d-yazicilarin-otomotiv-sektorunde-kullanimi>,2020
- [23]-https://jag.journalagent.com/cocukcerrahisi/pdfs/CCD_29_3_77_82.pdf
,Ş.Emre,Musa B.Yolcu,S.Celayir,2015
- [24]-[ModaGiyimSektöründeBoyutluYazıcılarlaTasarımVeretimMineyldran.pdf](#)
- [25]-<https://www.ucboyutlu yazici.com/mimari-alanda-3d-yazicilar-on-planda/>
,2018
- [26]<http://libgen.rs/book/index.php?md5=9E5DAA09D7BCBBA7990645B15FFCC7F0> Patrick Hood-Daniel, James Floyd Kelly,2011
- [27]-<https://www.wiley.com/en-us/Fabricated%3A+The+New+World+of+3D+Printing-p-9781118350638>Hod Lipson , Melba Kurman,2013

