

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
SERAMİK VE CAM ANASANAT DALI

**ÜÇ BOYUTLU YAZICILARDA RENKLENDİRİLMİŞ SERAMİK ÇAMURU
KULLANIMI VE UYGULAMALARI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYBÜKE ÇİL

TEZ DANIŞMANI
DR. ÖĞR. ÜYESİ EMRE CAN

BİLECİK, 2025

10628664

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
SERAMİK VE CAM ANASANAT DALI

**ÜÇ BOYUTLU YAZICILARDA RENKLENDİRİLMİŞ SERAMİK ÇAMURU
KULLANIMI VE UYGULAMALARI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYBÜKE ÇİL

TEZ DANIŞMANI
DR. ÖĞR. ÜYESİ EMRE CAN

BİLECİK, 2025

10628664

BEYAN

Üç Boyutlu Yazıcılarda Renklendirilmiş Seramik Çamuru Kullanımı ve Uygulamaları, adlı yüksek lisans tezi hazırlık ve yazımı sırasında bilimsel araştırma ve etik kurallarına uyduğumu, başkalarının eserlerinden yararlandığım bölümlerde bilimsel kurallara uygun olarak atıfta bulunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, tezin herhangi bir kısmının Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak, aksinin tespit edileceği muhtemel durumlarda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Bu çalışmanın, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP), TÜBİTAK veya benzeri kuruluşlarca desteklenmesi durumunda; projenin ve destekleyen kurumun adı proje numarası ile birlikte, ETİK KURUL onayı alınması durumunda ise ETİK KURUL tarih karar ve sayı bilgilerinin beyan edilmesi gerekmektedir.			
DESTEK ALINMIŞTIR		DESTEK ALINMAMIŞTIR	X
Destek alındı ise;			
Destekleyen kurum;			
		Proje Numarası	
1- BAP (Bilimsel Araştırma Projesi)			
2- TÜBİTAK			
Diğer;.....			
ETİK KURUL onayı var ise;			
ETİK KURUL karar tarih/sayı:		/	

Aybüke ÇİL

Tarih

İmza

ÖN SÖZ

Tez çalışmamın, yazım sürecinde bilgisi ve tecrübesiyle bana yol gösteren, her alanda bilgi ve katkılarını benden esirgemeyen, danışmanım Dr. Öğr. Emre Can'a, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi Seramik Cam Tasarımı Bölümü hocalarıma, katkılarından dolayı sevgili jüri üyelerim Doç. Leyla Kubat'a ve Prof. Adile Feyza Özgündoğdu'ya, uzun ve emek isteyen bu süreçte bana olan inancını hiç kaybetmeden daima yanımda olarak sevgisini ve desteğini hiç esirgemeyen sevgili eşim Hüseyin Çil'e, her koşulda bana yardımcı olup destekleyen arkadaşlarıma, bu süreçte desteğini esirgemeyen babam Hasan Biçer'e annem Emine Biçer'e en içten teşekkürlerimi sunuyorum.

Aybüke ÇİL

2025

ÖZET

ÜÇ BOYUTLU YAZICILARDA RENKLENDİRİLMİŞ SERAMİK ÇAMURU KULLANIMI VE UYGULAMALARI

Seramik şekillendirmede kullanılan teknikler, başlangıçta oldukça ilkel yöntemlerle biçimlendirilen seramik çamurundan günümüze kadar gelişerek çeşitlenen ihtiyaçlara cevap veren yenilikçi teknikler haline gelmiştir. Bu bağlamda, üç boyutlu yazıcı teknolojisi, seramik üretiminde farklı bir yaklaşım sunarak geleneksel yöntemleri tamamlayıcı bir rol oynamaktadır. Özellikle, renklendirilmiş seramik çamuruyla entegrasyonu, bu teknolojinin sunduğu olanakları daha da genişletmektedir. Üç boyutlu yazıcılar, seramik çamurun katmanlar halinde hassas bir biçimde şekillendirilmesine olanak tanırken, renklendirilmiş çamurların kullanımı, estetik açıdan zengin ve özgün tasarımlar yaratma imkanı sunmaktadır. Çalışmada, üç boyutlu yazıcılarda kullanılan renklendirilmiş çamurun kullanılabilirliğini artırmak amacıyla uygun malzeme formülasyonları oluşturulmuş ve bu pigmentlerin çamur ile olan etkileşimleri, yüzeyde oluşturduğu dokular detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu çalışma, renklendirilmiş seramik çamurunun üç boyutlu baskı süreçlerine uyumunu, tasarım aşamasından üretime kadar kapsamlı bir şekilde incelemiştir. Elde edilen sonuçlar, seramik malzemenin dijital üretimde daha verimli ve estetik bir şekilde kullanılmasına dair önemli veriler sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Üç Boyutlu Yazıcı, Renkli Çamur, Pigment.

ABSTRACT

USE AND APPLICATIONS OF COLORED CERAMIC CLAY IN THREE-DIMENSIONAL PRINTERS

The techniques used in ceramic shaping have evolved from ceramic clay, which was initially shaped with very primitive methods, to the present day, and have become innovative techniques that respond to diversified needs. In this context, three-dimensional printer technology offers a different approach in ceramic production, playing both a complementary role to traditional methods. In particular, its integration with colored ceramic clay further expands the possibilities offered by this technology. While three-dimensional printers allow ceramic clay to be shaped precisely in layers, the use of colored clays offers the opportunity to create aesthetically rich and original designs. In the study, appropriate material formulations were created in order to increase the usability of colored clay used in three-dimensional printers, and the interactions of these pigments with clay and the textures they create on the surface were examined in detail. This study examined the compatibility of colored ceramic clay with three-dimensional printing processes comprehensively, from the design stage to production; the results obtained provide important data on the more efficient and aesthetic use of ceramic materials in digital production.

Keywords: 3D Printer, Colored Mud, Pigment.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖN SÖZ.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
RESİMLER LİSTESİ	vi
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM

RENKLİ ÇAMUR UYGULAMALARI

1. Renkli Çamurun Tarihsel Gelişimi	2
2. Renkli Çamurla Uygulanan Dekorlama Yöntemleri	7
2.1. Astar Tekniği	8
2.2. Aplikasyon Ekleme Tekniği (Sprigging).....	9
2.3. Mermer Tekniği (Marbling, Agate Ware)	12
2.4. Mozaik Tekniği (Lamination, Marquetry, Layering, Millefiore, Neriage)	15
3. Renklendirilmiş Seramik Çamuruyla Çalışan Sanatçılar.....	19
3.1. Zehra Çobanlı	20
3.2. Mine Poyraz.....	21
3.3. Oya Uzuner.....	22
3.4. Fenella Elms	23
3.5. Naomi Lindenfeld.....	24
3.6. Ogata Kamio.....	25
3.7. Ben Davies.....	26
3.8. Matsui Kōsei.....	27
3.9. Dorothy Feibleman	28
3.10. Çiğdem Önder Er.....	29
3.11. Miyashita Zenji.....	30

İKİNCİ BÖLÜM

ÜÇ BOYUTLU YAZICILAR VE SERAMİK ÜRETİMİNDE KULLANIMI

1. Bilgisayar Destekli Tasarım ve Bilgisayar Destekli Üretim (CAD&CAM).....	32
1.1. Eklemeli Üretim	35
1.2. Eksiltmeli Üretim	35
2. Üç Boyutlu Yazıcılar.....	38

3. Üç Boyutlu Modelleme Programları	39
3.1. Rhinoceros	39
3.2. 3D Max	40
3.3. Solidworks	41
3.4. Siemens NX	42
3.5. Z-Brush	43
4. Üç Boyutlu Yazıcı Dilimleme Programları	44
4.1. Cura	44
4.2. Repetier	45
4.3. Slic3r	46
5. Seramik Üretim Sürecinde Kullanılan Üç Boyutlu Yazıcılar	47
6. Seramik Malzeme ile Çalışma Prensibine Sahip Üç Boyutlu Yazıcılar	49
6.1. Harç Yığılma Yöntemi FDM	50
6.2. Toz Bağlama (Powder Binding)	53
6.3. SLA Tipi Yazıcılar	55
7. Seramik Üç Boyutlu Yazıcıların Avantajları ve Sınırlayıcıları	56
8. Üç Boyutlu Yazıcılarda Renkli Çamur Kullanımı	58
8.1. Harç Yığılma Yönteminde Çift Nozzle Başlığı ile Renkli Çamur Kullanımı	59
9. Seramik Üretim Sürecinde Üç Boyutlu Yazıcı Renkli Çamur Kullanan Sanatçılar	59
9.1. Emre Can	59
9.2. Piotr Wasniowski	60
9.3. Jack Hardie	61
9.4. Oliver Van Herpt	62
9.5. Sanver Özgüven	63
9.6. Timea Tihanyi	64
9.7. Brian Peters	65
9.8. Hilda Piazzolla	66
9.9. Tom Lauerman	67
9.10. Eran Gal-Or	68

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

KİŞİSEL UYGULAMALAR

1. Çamur Hazırlama Süreci	70
2. Modelleme ve Dilimleme	73
3. Baskı Aşaması	76

4. Sarı.....	79
5. Sarı-Yeşil-Beyaz.....	84
6. Mavi-Beyaz.....	92
7. Sarı-Yeşil-Kırmızı.....	107
SONUÇ.....	112
KAYNAKÇA.....	114



RESİMLER LİSTESİ

Sayfa

Resim 1.1. Antik Mısır Uygarlığı, Antik Mısır Çamuru Tekniğinde Su Aygırı Figürü, Metropolitan Müzesi	3
Resim 1.2. Hacılar Dönemine Ait Kap	4
Resim 1.3. Antik Yunan Koşan Atletleri Temsil Eden Siyah Figürlü Vazo	5
Resim 1.4. Josiah Jasperware, Neoklasik Wedgwood Plaka Örneği.....	6
Resim 1.5. Leyla Kubat Renkli Astar Uygulaması.....	9
Resim 1.6. Tasarımı John Flaxman’a Ait, Wedgwood Fabrikasında Üretilmiş Mavi ve Beyaz Jasperware	10
Resim 1.7. Wedgwood Jasperware Örneği.....	11
Resim 1.8. Buruşuk Yüzeyli Mermer Görünümlü Çömlek, Şaişu Ozaki, 37x39 cm, 2023	13
Resim 1.9. Mermer Tekniği (Agateware).....	14
Resim 1.10. Agateware Tekniği ile Yapılmış Kapaklı Kap, İki Sevinçli Saksağan.....	14
Resim 1.11. Porselen Çamuru Laminasyon Tekniği Örneği, Dorothy Feibleman	15
Resim 1.12. Vince Pitelka, Galonluk Sürahi, 2000	16
Resim 1.13. Layering Tekniği ile Yapılmış Bir Vazo	17
Resim 1.14. Millefiori Tekniği ile Yapılmış Bir Tabak	18
Resim 1.15. Neriage Tekniği ile Yapılmış Seramik Kase	19
Resim 1.16. Nerikomi Tekniği ile Yapılmış Bir Kase, Judy Mckenzie	20
Resim 1.17. Zehra Çobanlı, Seramik Kap, 14x14 cm.....	21
Resim 1.18. Zehra Çobanlı, Renkli Seramik Kap.....	21
Resim 1.19. Mine Poyraz, Seramik Ajur Tekniği, 57x34x37 Cm, 2023.....	22
Resim 1.20. Renkli Çamur Ebru, Marküteri, Raku, 40 cm, 2000.....	23
Resim 1.21. Millefiori Tekniği	24
Resim 1.22. Neriage Tekniği ile Yapılmış Bir Form, 8x 2,5 cm.....	25

	Sayfa
Resim 1.23. Neriage Kap, 2017, 25x25x25 cm	26
Resim 1.24. Nerikomi Tekniği ile Yapılmış Kaplar	26
Resim 1.25. Nerikomi Tekniği ile Yapılmış Kaplar	27
Resim 1.26. Mermer Desenli Vazo.....	27
Resim 1.27. Yeşil ve Siyah Zikzak Desenle Lamine Edilmiş Kase	28
Resim 1.28. Çiğdem Önder Er Kişisel Arşiv	29
Resim 1.29. Uzak, Renklendirilmiş Çamur ile Şekillendirilmiş Seramik, 14x13 cm, 2002 ...	30
Resim 2.1. Auto Cad Üç ve İki Boyutlu Çizim Örneği	32
Resim 2.2. CNC ile Alçı Kalıp Üretim Süreci	32
Resim 2.3. Eklemeli Üretim	34
Resim 2.4. Eksiltmeli Üretim	34
Resim 2.5. CNC Eksiltmeli Üretim	37
Resim 2.6. Rhino Arayüz.....	40
Resim 2.7. 3D Max Arayüz	41
Resim 2.8. Solidworks Arayüz	42
Resim 2.9. Siemens NX Arayüz	40
Resim 2.10. Z-Brush Arayüz	41
Resim 2.11. Cura Arayüz.....	42
Resim 2.12. Repetier Arayüz.....	43
Resim 2.13. Slic3r Arayüz.....	47
Resim 2.14. Butik Atölyede Üç Boyutlu Yazıcı ile Üretilmiş Kupa.....	49
Resim 2.15. Kartezyan ve Delta Tipi Printer	51
Resim 2.16. Kartezyan Tipi Yazıcı.....	52
Resim 2.17. Delta Tipi Yazıcı Wasp	50

Resim 2.18. Toz Bağlama Yöntemiyle Şekillendirme Aşaması, Zcorp Makine.....	51
Resim 2.19. Tethon 3D Toz Bağlama Yöntemiyle Şekillendirilmiş Form, 11x21x21 cm.....	52
Resim 2.20 Tethon 3D Firmasında Sla Tipi Yazıcıda Şekillendirme Aşaması.....	53
Resim 2.21. Tethon 3D Tarafından Geliştirilmiş Porcelite Malzeme ile Sla Tipi Üç Boyutlu Yazıcıda Şekillendirilmiş Formun Pişmiş ve Pişmemiş Halleri	54
Resim 2.22. Çift Renkli Nozzle Başlığı ile Şekillendirilen Form	59
Resim 2.23. Selçuklu Buz Mavisi, Üç Boyutlu Yazıcı Baskı ve Elle Şekillendirme.....	60
Resim 2.24. Renkli Seramik Çamur Üç Boyutlu Yazıcı Baskı Örneği	61
Resim 2.25. Renkli Seramik Çamurunun Üç Boyutlu Yazıcı Baskı Örneği	60
Resim 2.26. Üç Boyutlu Yazıcı Baskılı Mavi Beyaz Porselen Çamur, 2017.....	61
Resim 2.27. Mavi Beyaz Çiçek Kase, 8x21x21	61
Resim 2.28. Üç Boyutlu Yazıcı Baskılı Mavi Beyaz Porselen Çamur.....	62
Resim 2.29. Renkli Seramik Çamur Üç Boyutlu Yazıcı Baskı Örneği	66
Resim 2.30. Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirilmiş Form	67
Resim 2.31. Üç Boyutlu Seramik Yazıcı ile Şekillendirilmiş Renkli Form	68
Resim 2.32. Üç Boyutlu Yazıcıda Şekillendirilmiş Renkli Porselen Baskı	69
Resim 3. 1. Renklendirilmiş Çamurun Hazırlık Aşaması.....	71
Resim 3.2. Çamurun Değirmende Renklendirilme Aşaması, Yeşil Pigment	71
Resim 3.3. Çamurların Tartılma Aşaması	72
Resim 3.4. Çamurun Tank İçerisine Yerleştirilmesi.....	72
Resim 3.5. Çamurun Tank İçerisine Yerleştirilmesi.....	73
Resim 3.6. NX Modelleme Aşaması	74
Resim 3.7. NX Modelleme Aşaması	74
Resim 3.8. Bilgisayar Ortamında Çizilen Model Üzerinde Dilimleyici Ayarlarının Yapılması	75

Resim 3.9. Bilgisayar Ortamında Çizilen Model Üzerinde Dilimleyici Ayarlarının Yapılması	75
Resim 3.10. Üç Boyutlu Yazıcıyla Üretim Aşaması, FDM Yöntemi.....	77
Resim 3.11. Üç Boyutlu Yazıcıyla Üretim Aşaması, FDM Yöntemi.....	78
Resim 3.12. Üç Boyutlu Yazıcıyla Üretim Aşaması, FDM Yöntemi.....	78
Resim 3.13. Üç Boyutlu Yazıcıyla Üretim Aşaması, FDM Yöntemi.....	79
Resim 3.14. Rüya, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Sarı Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 2 mm Nozzle Uç, 1200°C	80
Resim 3.15. Rüya, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Sarı Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 2 mm Nozzle Uç, 1200°C	80
Resim 3.16. Rüya, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Sarı Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 2 mm Nozzle Uç, 1200°C	81
Resim 3.17. Rüya, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Sarı Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 2 mm Nozzle Uç, 1200°C	82
Resim 3.18. Rüya, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Sarı Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 2 mm Nozzle Uç, 1200°C	82
Resim 3.19. Rüya, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Sarı Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C	83
Resim 3.20. Rüya, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Sarı Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C	83
Resim 3.21. Üç Boyutlu Yazıcıyla Üretim Aşaması, FDM Yöntemi.....	84
Resim 3.22. Üç Boyutlu Yazıcıyla Üretim Aşaması, FDM Yöntemi.....	85
Resim 3.23. Üç Boyutlu Yazıcıyla Üretim Aşaması, FDM Yöntemi.....	85
Resim 3.24. Üç Boyutlu Yazıcıyla Üretim Aşaması, FDM Yöntemi.....	86
Resim 3.25. Üç Boyutlu Yazıcıyla Üretim Aşaması, FDM Yöntemi.....	86
Resim 3.26. Üç Boyutlu Yazıcıyla Üretim Aşaması Detay, FDM Yöntemi	87

Resim 3.27. Toprağın Yeşili, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Yeşil Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C.....	87
Resim 3.28. Toprağın Yeşili, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Yeşil Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C.....	88
Resim 3.29. Toprağın Yeşili, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Yeşil Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C.....	89
Resim 3.30. Toprağın Yeşili, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Yeşil Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C.....	89
Resim 3.31. Toprağın Yeşili, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Yeşil Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C.....	90
Resim 3.32. Toprağın Yeşili, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Yeşil Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C.....	91
Resim 3.33. Toprağın Yeşili, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Yeşil Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C.....	91
Resim 3.34. Üç Boyutlu Yazıcıyla Üretim Aşaması, FDM Yöntemi.....	92
Resim 3.35. Üç Boyutlu Yazıcıyla Üretim Aşaması, FDM Yöntemi.....	93
Resim 3.36. Üç Boyutlu Yazıcıyla Üretim Aşaması, FDM Yöntemi.....	93
Resim 3.37. Üç Boyutlu Yazıcıyla Üretim Aşaması, FDM Yöntemi.....	94
Resim 3.38. Üç Boyutlu Yazıcıyla Üretim Aşaması, FDM Yöntemi.....	94
Resim 3.39. Üç Boyutlu Yazıcıyla Üretim Aşaması, FDM Yöntemi.....	95
Resim 3.40. Üç Boyutlu Yazıcıyla Üretim Aşaması, FDM Yöntemi.....	95
Resim 3.41. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C.....	96
Resim 3.42. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C.....	97
Resim 3.43. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 2 mm Nozzle Uç, 1200°C.....	97

Resim 3.44. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme Detay, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 2 mm Nozzle Uç, 1200°C.....	98
Resim 3.45. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 2 mm Nozzle Uç, 1200°C.....	98
Resim 3.46. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme Detay, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 2 mm Nozzle Uç, 1200°C.....	99
Resim 3.47. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme Detay, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 2 mm Nozzle Uç, 1200°C.....	100
Resim 3.48. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C.....	100
Resim 3.49. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C.....	101
Resim 3.50. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C.....	101
Resim 3.51. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C.....	102
Resim 3.52. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C.....	102
Resim 3.53. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C.....	103
Resim 3.54. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 2 mm Nozzle Uç, 1200°C.....	103
Resim 3.55. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 2 mm Nozzle Uç, 1200°C.....	104
Resim 3.56. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 2 mm Nozzle Uç, 1200°C.....	105
Resim 3.57. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 2 mm Nozzle Uç, 1200°C.....	105

Resim 3.58. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 2 mm Nozzle Uç, 1200°C.....	106
Resim 3.59. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 2 mm Nozzle Uç, 1200°C.....	106
Resim 3.60. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 2 mm Nozzle Uç, 1200°C.....	107
Resim 3.61. Sonbahar Kodları, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Sarı, Kırmızı ve Yeşil Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C	108
Resim 3.62. Sonbahar Kodları, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Sarı, Kırmızı ve Yeşil Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C	108
Resim 3.63. Sonbahar Kodları, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Sarı, Kırmızı ve Yeşil Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C	109
Resim 3.64. Sonbahar Kodları, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Sarı, Kırmızı ve Yeşil Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C	110
Resim 3.65. Sonbahar Kodları, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Sarı, Kırmızı ve Yeşil Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C	110
Resim 3.66. Sonbahar Kodları, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme Detay, Sarı, Kırmızı ve Yeşil Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C.....	111

GİRİŞ

Günümüz teknolojik gelişmeleri, geleneksel üretim yöntemlerinin sınırlarını zorlayarak yenilikçi çözümler sunmaktadır. Üç boyutlu yazıcı teknolojisi, endüstriyel üretimden sanata, sağlık sektöründen mimariye kadar geniş bir yelpazede kullanılarak, çağımızın en dikkat çekici yeniliklerinden biri haline gelmiştir. Özellikle seramik malzemelerin üç boyutlu yazıcılarla işlenmesi, hem tasarım hem de üretim süreçlerine farklı bir boyut kazandırmıştır.

Seramik malzemeler, dayanıklılıkları, estetik görünümleri ve fonksiyonel özellikleri sayesinde tarih boyunca önemli bir yere sahip olmuştur. Ancak bu malzemelerin geleneksel yöntemlerle şekillendirilmesi zaman alıcı ve sınırlı bir esneklik sunmaktadır. Üç boyutlu yazıcıların seramik çamur ile uyumlu hale getirilmesi, karmaşık geometrilerin kolayca üretilmesini sağlamakla kalmamış, aynı zamanda bu malzemenin potansiyel kullanım alanlarını genişletmiştir.

Bu bağlamda, renklendirilmiş seramik çamurların üç boyutlu yazıcı teknolojileri ile birleşimi hem estetik hem de işlevsel anlamda yeni imkanlar sunmaktadır. Renkli çamurlar, yalnızca tasarımların görsel çekiciliğini artırmakla kalmaz, aynı zamanda belirli uygulamalarda fonksiyonel avantajlar da sağlayabilmektedir. Bu çalışmada, renklendirilmiş seramik çamur kullanımının üç boyutlu yazıcılardaki potansiyelini ve uygulama alanlarını incelemek amaçlanmaktadır.

Bu tez, renkli seramik çamurun teknik özelliklerinden başlayarak, üç boyutlu yazıcılarla olan entegrasyon süreçlerini ve bu yenilikçi malzeme kullanımının sunduğu avantajları kapsamlı bir şekilde ele almayı hedeflemektedir. Çalışmanın sonunda, bu teknolojinin gelecekteki uygulama potansiyellerine dair bir öngörü sunulacaktır.

BİRİNCİ BÖLÜM

RENKLİ ÇAMUR UYGULAMALARI

1. Renkli Çamurun Tarihsel Gelişimi

Renkli seramik çamuru, seramik yapımında kullanılan ve çeşitli renklerde bulunabilen bir kompozisyondur. Bu çamur, seramik eserler üretmek için şekillendirilebilmekte ve daha sonra pişirilerek sertleştirilmektedir. Renkli seramik çamurları, genellikle doğal mineraller ve pigmentler kullanılarak renklendirilir, bu da onlara estetik bir görünüm kazandırmaktadır. Seramik çamurlarının renk veren oksitler, seramik boyaı veya doğal killer ile karıştırılarak yapay olarak renklendirilmiş haline renkli çamur adı verilir (Uzuner, 1998: 21).

İnsanlar toprağı şekil verirken kendi rengiyle yetinmeyip, estetik değerkler katma kaygısı ile ürününü bezemek için yine toprağı kullanmışlardır. İlkel yaşamdan günümüze kadar insanlar, kültürel, dini inanç ve davranışlarının, toplumsal ilişkilerinin bir göstergesi olarak yaşamın her alanında renkleri kullanmışlardır. Rengin en yaygın ve doğal biçimde kullanıldığı alanlardan biri de seramiktir. Başlangıçta insanlar toprağı, günlük hayattaki gereksinimlerine uygun, işlevsel kaplar halinde şekillendirirken, kendi rengiyle yetinmeyip zamanla farklı estetik değerkler katma kaygısı ile üretilen sanat eserlerine dönüştürmüşlerdir. Seramik bünyenin renklendirilmesi, üretilen eserlere artistik bir katkı sağlayan temel öge olarak bilinmektedir. Renkli çamurları, çeşitli tekniklerle ve hazırlanış şekillerine göre içerdikleri su miktarına bağılı olarak renklendirerek şekillendirmek mümkündür. Renkli seramik çamuru ile çalışırken, pişirme sıcaklıkları ve teknikleri hakkında bilgi sahibi olmak önemlidir, çünkü her çeşit çamur ve renk farklı özelliklere sahip olabilmektedir. Seramik çamurunun renklendirilmesi forma, biçimsel katkısının ötesinde estetik ve yeni ifade olanakları da sunmaktadır.

Seramik sanatında renk kullanımının astar ile başladığı söylenebilir. Bunun yanı sıra, büyük miktarlarda renklendirici oksit veya pigment boyaların katılması ile hamurların kütle halinde boyanmaları henüz İ.Ö. 2100 yıllarında, Eski Mısır'da bilinen bir yöntemdir (Ayta, 1976: 29). Seramiğin tarihsel gelişimi göz önüne alındığında bünyelerde renklendirici olarak doğada bulunan ve yapısında demir, mangan, kobalt, bakır, gibi oksitleri barındıran astarlar kullanılmıştır. İlk astar örneklerinde ise koyu renkli pişen seramikler üzerine açık renkli astar ile yapılan bezemeler görülmektedir. Renklendirilmiş bünyelerin de ilk örnekleri Antik Mısır'daki mavi renkteki Mısır çamuru örnekleridir. Bu örneklere bakıldığında, çamur bünyenin ilave edilen renklendiriciler ve sır ile oluşturulduğu görülmektedir.

Çamurun içerisine eklenen mineraller ve organik maddeler, kuruduktan sonra yüzeyde farklı renk tonları ve dokular oluşturmaktadır. Bu da estetik açıdan çeşitli desen ve yüzey süslemelerinin yapılmasına olanak tanır. Mısır çamurunun temel özelliği ise, nemliyken yumuşak ve işlenebilir bir yapıda olup, çömlekçilik ve tuğla yapımında çeşitli şekillerin kolayca oluşturulmasını sağlamaktır. Antik Mısır'da kullanılan özel bir çamur türü, bakır ve kobalt bileşikleri ile zenginleştirilerek turkuaz ve lacivert tonlarında üretilmiştir. Sırın erken bir formu olarak kabul edilen bu çamur, zamanla seramik kültürüne özgü bir gelenek haline gelerek günümüze kadar ulaşmıştır (Balyemez, 2018: 57).



Resim 1.1. Antik Mısır Uygarlığı, Antik Mısır Çamuru Tekniğinde Su Aygırı Figürü, Metropolitan Müzesi

Kaynak: (William, 2024)

Tarihsel sürece bakıldığında bünyelerin renklendirilmesinden çok, astarların renklendirilmesi ve yüzeylerde dekor amaçlı kullanıldığı görülmektedir. Astar dekorlarına ilk olarak Kalkolitik çağda (M.Ö. 5000-5500'ler) Anadolu'daki yerleşim alanlarında rastlanmıştır. Dönemin önemli seramik üretim merkezlerinden olan Hacılar ve Çatalhöyük'te krem rengi astar üzerine kırmızı aşı boyası denilen bir cins demirli kırmızı kil kullanarak yapılan geometrik desenli ürünler, zaman zaman perdahlanmış mükemmel örneklerdir (Çobanlı, 1996: 2).



Resim 1.2. Hacılar Dönemine Ait Kap

Kaynak: (Çevik, 2009)

İlerleyen zamanlarda astar kullanımından farklı olarak renkli çamurlarla şekillendirme teknikleri yapılmaktadır. Zamanla astar kullanımının dışında farklı renkli çamurlarla şekillendirme ve dekor teknikleri geliştirilerek ürünler ortaya çıkartılmıştır.

Antik Yunan ve Roma'da (M.Ö. 1000 - M.S. 500) seramik sanatında büyük bir gelişim yaşanmıştır. Bu dönemde Yunan seramiklerinde kırmızı ve siyah figürlü teknikler yaygın olarak kullanılmıştır. Yunan seramik ustaları, seramik yüzeylerinde doğal renkli kil kullanarak, pişirme sırasında bu renklerin kalıcı hale gelmesini sağlamışlardır. Bu dönemde seramikler genellikle günlük yaşamı, mitolojik sahneleri ve tanrıları tasvir etmektedir. M.Ö. 1000 sırasında başlayan klasik Yunan kültürü ise hem Anadolu hem de Minos kültüründen etkilenmiştir. Yunan seramiklerinde biri form, biri de yüzeyi süsleme yöntemi olmak üzere iki özelliği bulunmaktadır. Dönem ilerledikçe Yunan sanatı iyice gelişip güzel örnekler vermeye başlamıştır. Sırın kullanılmadığı Yunan seramiklerinde, parlaklığını kaybetmeyen sıra benzer astar kullanılmaktadır (Çakır, 2011: 62).



Resim 1.3. Antik Yunan Koşan Atletleri Temsil Eden Siyah Figürlü Vazo

Kaynak: (Meister Drucke, 2024)

İngiltere’de 1700’lerin ikinci yarısında seramik denilince akla ilk gelen Josiah Wedgwood, eserlerinin kusursuzluğu ve çömlekçilik zanaatı ile İngiltere’nin sanayi devriminde öncü olan önemli seramik üreticilerinden biridir. 1769 yılında “Etruria” adında bir seramik işletmesi kuran Wedgwood, hem sanatçı hem de araştırmacı kimliğiyle dikkat çekmiştir. İ.Ö. 7-1. yüzyıllar arasında yaşamış olan Etrüsklerin sanatından ilham alarak, “siyah porselen” ya da “bazalt seramik” olarak adlandırılan, gözeneksiz ve renkli seramikler üretmiştir.

Seramik sektörüne birçok yenilik ve fayda sağlayan, İngiliz çömlekçilik geleneğinde yetişip kendi seramik fabrikasını kuran Josiah Wedgwood’un en önemli buluşlarından biri Jasper bünyedir. Mavi renkli yüzey üzerinde beyaz rölyeflerle süslenen Jasperware ürünler, içerdiği hammadde açısından döneminde devrim niteliğinde bir yenilik olup, estetik değeri yüksek stoneware ürünler arasında yer almaktadır.

Jasperware, Wedgwood tarafından 18. yüzyılın sonlarına doğru geliştirilen ve adını yarı değerli taş jasperdan alan bir seramik çeşididir. Jasperware seramiklerini diğer seramik türlerinden ayıran temel özelliği pürüzsüz ve mat bir yüzeye sahip olmasıdır. Genellikle mavi yüzey üzerine beyaz kabartmalarla yapılan eserlerdir. Fakat yeşil, lavanta, sarı, siyah ve beyaz gibi farklı renklerde Jasperware ürünleri de üretilmiştir. Bu seramik, özellikle mat ve taş benzeri görünümüyle tanınır ve genellikle klasik, antik Yunan ve Roma tasarımlarından ilham alan

kabartma dekorasyonlarla süslenmiştir. Jasperware, daha çok dekoratif eşyalar, vazolar, tabaklar, çanaklar ve biblolar gibi sanat eserlerinde kullanılmıştır.

Wedgwood, Jasperware'in geliştirilmesi için kapsamlı deneyler yapmış ve farklı çamur ve minerallerle çalışarak hem ince hem de dayanıklı bir formül oluşturmuştur. Seramik sektörüne birçok yenilik ve fayda sağlayan, mavi renkli yüzey üzerinde beyaz rölyeflerle süslenen Jasperware ürünler, içerdiği hammadde açısından döneminde devrim niteliğinde bir yenilik olup, estetik değeri yüksek stoneware ürünler arasında yer almakta ve bu da Jasperware'i seramik dünyasında öne çıkaran bir başarı haline getirmiştir.

Wedgwood'un seramik sektörü bağlamında en genel açıdan değerlendirilebilecek katkısı; 18.yy İngiltere'sinde sıradan bir zanaat olan çömlekçiliği, modern seri üretim ürünlerinin üretildiği bir sektör haline getirmiş olmasıdır (Marmara, 2019: 8). Jasperware tekniği, büyük ilgi görmüş, aynı zamanda sanatsal ve işlevsel seramiklerin üretimine katkı sağlamıştır. Bu nedenle hem tarihsel hem de sanatsal açıdan büyük bir öneme sahiptir.



Resim 1.4. Josiah Jasperware, Neoklasik Wedgwood Plaka Örneği

Kaynak: (Fine Art Restoration, 1785)

Renkli seramik çamurunun tarihsel gelişimi, insanoğlunun estetik anlayışının bir yansıması olarak farklı dönemlerde farklı biçimlerde kendini göstermektedir. Mezopotamya'dan günümüze kadar süregelen bu gelişim, teknolojik ilerlemeler ve kültürel etkileşimlerle şekillenmiştir. Günümüzde seramik sanatı, hem sanatsal hem de endüstriyel anlamda büyük bir gelişim göstermiştir. Özellikle renkli seramik çamuru, modern seramik sanatçıları için geniş bir ifade olanağı sunarken endüstride de estetik ve fonksiyonellik açısından tercih edilen bir malzeme haline gelmektedir. Günümüzde seramik sanatçıları, geçmişin mirasını modern estetikle birleştirerek renkli seramik çamurunu hem işlevsel hem de sanatsal bir araç olarak kullanmaya devam etmektedir.

Sanayi devrimi (18. Yüzyıl ortalarında) ile birlikte seramik üretim tekniklerinde büyük bir değişim yaşanmıştır. Bu dönemde, seramiklerin seri üretimi mümkün hale gelmiş ve daha ucuz malzemeler kullanılmaya başlanmıştır. Renkli seramik çamuru üretimi de bu dönemde yaygınlaşmıştır. 19. yüzyılın sonlarına doğru, sanatçıların el yapımı seramiklere olan ilgisi artmış ve Arts and Crafts hareketi ile birlikte geleneksel yöntemlere geri dönüş başlamıştır. Bu dönemde seramik ustaları, doğadan ilham alan renkler ve desenlerle çalışmalar yapmışlardır.

20. yüzyılın başlarından itibaren seramik sanatı, geleneksel sınırlarını aşmış ve modern sanatın bir parçası haline gelmiştir. Picasso, Joan Miro gibi sanatçılar seramik yüzeylerini birer sanat eseri haline getirmişlerdir. Bu dönemde, renkli seramik çamuru kullanımı daha deneysel bir hal almıştır. Günümüzde seramik sanatçıları, pigmentlerle renk kattıkları çamurlar kullanarak hem estetik hem de işlevsel eserler üretmektedir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte daha çeşitli ve kalıcı renkler elde etmek mümkün olmuştur. Çağdaş seramik sanatı, hem geleneksel tekniklerden beslenmekte hem de yeni malzeme ve tekniklerle farklı tarzlar ortaya koymaktadır.

2. Renkli Çamurla Uygulanan Dekorlama Yöntemleri

Renk kaynağı, ister doğal ister yapay olsun, ışığın varlığı ve yansımasıyla ortaya çıkmaktadır. Aristoteles'e göre, renklerin tüm varyasyonları ışığın ve karanlığın karışımının bir sonucudur. Aristoteles'in yanı sıra Pythagoras, Platon, Plinius gibi düşünürler de rengin doğası üzerine tartışmış ve temel renklerin toprak, ateş, hava, su gibi temel öğelerin biçimleri olduğunu ileri sürdürmüşlerdir (Per, 2012: 2).

Renkli çamur ile uygulanan dekorlama yöntemleri, seramik sanatında estetik zenginlik yaratmak ve yüzeyleri farklı tekniklerle süslemek için kullanılan yaratıcı yaklaşımlardır. Renkli çamurlar, pigment veya oksitlerin seramik bünyeye karıştırılması ile elde edilmektedir. Bu yöntemler, hem geleneksel hem de modern seramik çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Renklendirilmiş çamur kullanılarak yapılan çalışmalar, farklı renklerdeki çamurların birleştirilip çeşitli desen ve şekillerin oluşturulması esasına dayanan bir tekniktir. Renklendirilmiş çamur bünyeleri ile çalışmak titizlik, hassasiyet ve sabır gerektirmektedir. Zorlukları olmasına rağmen birçok seramik sanatçısı tarafından kullanılan alternatif bir yöntemdir. Renkli çamur ile yapılan dekorlama yöntemleri, seramik yüzeylerin zenginleştirilmesi ve kişiselleştirilmesi gibi birçok olanak sunmaktadır. Geleneksel

yöntemlerin yanı sıra modern tekniklerin de uygulanması, seramik sanatında sınırsız yaratıcılığa kapı aralamaktadır. Bu tekniklerin her biri, farklı estetik sonuçlar elde etmek için kullanılmakta ve sanatçının ifade biçimini genişletmektedir. Renkli çamur kullanılarak yapılan dekorların, diğer dekor yöntemlerinden ayıran önemli bir özelliği vardır. Diğer tekniklerde dekor, ürünün şekillendirilmesinden sonra uygulanırken, bu yöntemde dekor ve şekillendirme aynı anda gerçekleştirilmektedir.

Seramikte renkli bünye kullanarak çalışan birçok sanatçı, estetik ve sanatsal ifade açısından çok zengin eserler ortaya koymaktadır. Bu teknik, farklı renklerin ve dokuların kullanılmasıyla seramiklerde katmanlı yapılar, desenler ve görsel efektler oluşturmaktadır.

2.1. Astar Tekniği

Astar tekniği, insanlık tarihinin ilk dönemlerinden itibaren kullanılan bir dekorasyon yöntemidir. Mezopotamya ve Mısır uygarlıklarında, seramik kaplara beyaz, kırmızı veya siyah gibi doğal pigmentler katılarak yüzeylerin dekorasyonu ve korunması için uygulanmıştır. Bu teknik, seramik ürünlerin estetik değerini artırmanın yanı sıra yüzeyin pürüzsüz ve homojen bir doku kazanmasını sağlamaktadır. Renkli çamurun tarihine baktığımızda, tarih boyunca renklendirilmiş çamur bünyeler, astar olarak kullanılmıştır.

Öncelikle seramik objenin yüzeyini astarlayarak ya da belirli dokusal unsurlar ekleyerek akıtma dekorunu zemine uygulamaktadır. Akıtma dekorları, deri sertliğindeki veya pişirim yapılmış ürünler üzerine astar, sır veya boyaların akıcı aletler yardımı ile akıtılarak yapılan dekor tekniğidir (Çağl, 2019: 27). Uygulanan astarlar tasarımlara göre beyaz veya renkli olarak kullanılabilir (Kubat, 2002: 11).

Astar hazırlığında kullanılan su miktarı, istenilen sonucu elde etmek açısından büyük önem taşımaktadır. Karışım çok yoğun olmadığında, çökme süreci daha verimli gerçekleşmektedir. Ancak, fazla su eklenmesi karışımın dibe çökmesine yol açarak verimi ve kaliteyi düşürebilmektedir. Bu durum, ince ve orta ince taneciklerin ideal şekilde ayrışmasını da engelleyebilmektedir (Yoleri, vd., 1999).

Renkli astar hazırlanırken, renklendiricilerin astar çamuru ile iyice öğütülmesi önemlidir, çünkü astar çamuru, renk veren boya ve oksitleri çözmek için uygun bir ortam değildir. Bu sayede, desenler form oluşturulurken yapısına işlenmiş olmaktadır.

Kuru çamurun ve suyun eşit oranlarda karıştırılıp homojen hale getirilmesiyle elde edilen astarlar, seramik yüzeylere renk vermek, zemin rengini gizlemek veya değiştirmek

amacıyla kullanılmaktadır. Bu teknik, aynı zamanda estetik ve dekoratif bir görünüm kazandırmaya da yardımcı olur. Astarlar, sır altı boyalar kadar akışkan bir yapıya sahip olabileceği gibi, daha yoğun ve krem kıvamında da olabilmektedir. Genellikle ürünün dış yüzeyine uygulanarak doğal, mat ve topraksı bir doku oluşturmaktadır (Erzincan, vd., 2021: 8).

Bu şekilde hazırlanan astarlar, deri sertliğine ulaşmış yüzeylere fırça veya püskürtme yöntemiyle uygulanmaktadır. Uygulama sırasında, yüzey üzerinde ince bir tabaka oluşacak şekilde eşit dağılım sağlanmalıdır. Kuruma sürecinde çatlama veya dökülme gibi sorunlar yaşanabilmektedir. Tamamen kuruduktan sonra ise parçalar, kilin pişme sıcaklığına uygun olarak fırınlanmaktadır (Akdemir, 2012: 20).



Resim 1.5. Leyla Kubat Renkli Astar Uygulaması

Kaynak: (Kubat, 2022)

2.2. Aplikasyon Ekleme Tekniği (Sprigging)

Bu teknik, farklı şekillerdeki pişirimi yapılmamış henüz yaş olan form yüzeylerine dekoratif amaçlarla hazırlanan çeşitli parçaların pişirim öncesinde seramik yüzeyine, aynı çamurdan hazırlanan parçalar yapıştırılarak dekoratif bir görünüm elde edilerek oluşturulan bir dekorlama yöntemidir (Sözen & Tanyeli, 1992: 2).

Kullanılan dekoratif öğelere bakıldığında genellikle çiçek motifleri, figüratif sahneler ya da geometrik desenler olduğu görülmektedir. Bu teknikte forma eklenecek rölyefler elle şekillendirme ile hazırlandığı gibi alçı kalıp yöntemiyle de çoğaltılabilmektedir. Bu teknik, seramik eserlerin estetik ve dokusal özelliklerini zenginleştirmek için kullanılmaktadır.

Yapıştırılacak parçaların, işlem sırasında ana gövde ile aynı nem seviyesine sahip olması gerekmektedir. Aksi takdirde, kuruma sürecinde oluşacak farklı küçülmeler nedeniyle yapışma gerçekleşmez ve yüzeyde çatlamlar veya kopmalar meydana gelebilmektedir (Ayta, 1976: 20). Bu teknikte tasarlanan formlar deri sertliğine gelene kadar yavaş ve eşit şekilde kurutulmalıdır. Hızlı kurutma sonucunda, çatlamlar ve parçaların ana formdan ayrılması görülebilmektedir. Eklenen parçalar ve ana formun eşit şekilde kurduğundan emin olunmalıdır. Yoksa çatlamlar ve kırılmalar meydana gelebilmektedir. Bunun sebebi kuruma sırasındaki küçülmelerin farklı olmasıdır (Topak, 2009: 51). Kuruma hızını dengelemek için, seramiği nemli bir bez veya poşet kaplayarak eşit bir kurutma sağlanabilmektedir. Kuruma sürecinde herhangi bir deformasyon veya kopma meydana gelirse müdahale edilerek düzeltilebilmektedir.

Aplikasyon tekniğiyle yapılan seramikler, dikkatli bir şekillendirme ve kontrollü bir kurutma süreci gerektirir. Her aşamada özenli çalışmak, ürünün hem estetik hem de yapısal açıdan başarılı olmasını sağlar. Bu teknik, zengin ve karmaşık yüzey desenleri yaratmak için uygun bir yöntem olup seramiğe derinlik kazandırmaktadır.



Resim 1.6. Tasarımı John Flaxman’a Ait, Wedgwood Fabrikasında Üretilmiş Mavi ve Beyaz Jasperware

Kaynak: (Meister Drucke, 2023)

Aplikasyon tekniğini kullanan öncü isimlerden biri olan Wedgwood, seramik üretim tekniklerinde birçok estetik ve teknolojik katkılarda bulunmuştur. Özellikle Jasperware gibi seramik türleri ile seramik sanatında hem estetik hem de fonksiyonel bir dönemin öncüsü olmuştur. Wedgwood hayatı boyunca seramik malzeme üzerine denemeler yapmış ve

Queenware, Basaltware ve Jasperware olmak üzere üç farklı bünye elde etmiştir (Karakaya, 2014: 29).

Wedgwood'un Jasperware bünyeye uyguladığı teknikleri, bugün de seramik sanatçıları ve üreticileri tarafından ilham kaynağı olarak kullanılmaktadır. Seramik dünyasına kazandırdığı bu teknikler, modern seramik sanatının temel öğelerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Wedgwood'un ürettiği Jasper, içeriği uzun yıllar boyunca merak edilen ve Josiah Wedgwood tarafından titizlikle saklanan özel bir seramik bünyesi olmuştur. Bu gizliliği korumak adına, Wedgwood fabrikasında üretim süreci dikkatle planlanmış ve çalışanlar, Jasper'ın tam formülünü öğrenemeyecek şekilde konumlandırılmıştır. Fabrikada iş bölümü stratejik olarak uygulanmış, her çalışanın belirli bir aşamada uzmanlaşması sağlanarak üretim sürecine dair bütünsel bir bilgiye sahip olmalarının önüne geçilmiştir. Bu yöntem, hem Jasper'ın formülünün gizli kalmasını sağlamış hem de çalışanlar arasında rekabet yerine uzmanlaşmaya dayalı bir iş ortamı oluşturmuştur (Marmara, 2019: 35).

Wedgwood, aplikasyon tekniğini kullanarak seramik eserlerin estetik kalitesi, beyaz kabartmaların renkli yüzeyler üzerindeki zıtlık etkisi ile uygulanan dekorasyon tekniklerinin daha tutarlı ve kaliteli olmasını sağlamıştır. Wedgwood'un Jasperware ile elde ettiği başarı, aplikasyon tekniğinin geniş çapta benimsenmesini ve geliştirilmesini sağlamıştır. Bu teknik, hem sanat objeleri hem de gündelik kullanım eşyaları üzerinde yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır.



Resim 1.7. Wedgwood Jasperware Örneği

Kaynak: (Regina, 2024)

2.3. Mermer Tekniği (Marbling, Agate Ware)

Seramikte mermer tekniği, yzeyeye doğal mermer görünümü kazandırmak için kullanılan bir dekorlama yöntemidir. Bu teknik, renkli çamurların karıştırılmasıyla yüzeyde renk geçişleri ve özgün desenler oluşturmaktadır. Mermer tekniği, farklı renklere sahip çamur kütlelerinin bir araya getirilmesiyle oluşan ve mermer benzeri desenler yaratan bir yöntemdir. Bu amur kütleleri, elle ya da tornada şekillendirilerek rastlantısal etkiler elde edilmesini sağlamaktadır (Uzuner, 1998: 57).

Birçok sanat dallarında olduğu gibi doğadaki dokular seramik sanatçılarına ilham kaynağı olmuştur. Damarlı görünümü ile mermeri andırdığı için, mermer tekniği olarak tanımlanmaktadır. Mermer tekniği üç farklı şekilde karşımıza çıkmaktadır.

Marbling tekniği; ebru dekoru mermer tekniğine göre daha kontrollü şekillendirilmektedir. Bu dekoru oluşturmak için istenilen renk sayısı kadar puara, boza kıvamında hazırlanmış astar konur. Uygulamaya başlamadan önce yüzey, nemli bir süngerle silinerek hazırlanmaktadır. Özellikle zıt renklerde astar kullanımı, dekorun daha çarpıcı görünmesini sağlamaktadır. Daha sonra, puardaki astar ürünün bir kenarından diğer kenarına doğru, paralel çizgiler oluşturacak şekilde hızlı ve seri bir şekilde akıtılmaktadır (Kubat, 2002: 40).

Boyanın kıvamı, renklerin birbiriyle uyumu ve uygulama sırası büyük önem taşımaktadır. Özellikle turkuaz, bakır oksit bazlı bir renk olduğu için diğer renklerle kimyasal tepkimeye girme potansiyeline sahiptir. Eğer kırmızı bir astar üzerine turkuaz uygulanırsa, kimyasal reaksiyon sonucu kırmızı rengin bozulmasına neden olmaktadır. Bu reaksiyondan kaçınmak için turkuaz genellikle en son uygulanmakta, ancak ilk sırada uygulanması gerekiyorsa diğer renkli astarlarla uyumunun dikkatle test edilmesi gerekmektedir (Kacar, 2018: 149). Bu durum, hem renklerin estetik bütünlüğünü korumak hem de teknik sorunların önüne geçmek için oldukça önemlidir.



Resim 1.8. Buruşuk Yüzeyli Mermer Görünümlü Çömlek, Şaişu Ozaki, 37x39 Cm, 2023

Kaynak: (Gallery Japon, 2023)

Agateware; seramik dünyasında 18. yüzyılda popülerlik kazanan ve özellikle İngiltere’de gelişen bir tekniktir. Bu seramik türü, adını doğal akik taşının (agate) damar görünümünden almaktadır. Agateware tekniğinin dünya çapında birkaç farklı adı bulunmaktadır fakat farklı renkli bünye parçalarından yapılmış benekli çanak çömlek olarak da bilinmektedir (Crafts, 2019).

Agateware, farklı renklerdeki çamur ya da astarların bir araya getirilip karıştırılmasıyla elde edilen, mermer ya da taş benzeri bir desen oluşturan seramiklerdir. Agateware tekniği, birden fazla renkli çamur bünyelerinin üst üste konulup belirlenen miktar ve kalınlıktaki çamurların bir araya getirilerek yoğrulmasıdır. Mermer tekniğinin karışık renkli oluşu, rasgele görünümü ve doğadaki mermer ve agat taşlarının taklidi olması, bu tekniğin her dönemde popüler ve çekici olmasını sağlayan en önemli özelliğidir (Er, 2004: 3). Bu teknikte, tasarımı şekillendirilen formlarda, farklı renklerin kontrollü bir şekilde geçiş yapması sağlanarak estetik ve karmaşık desenler elde edilebilmektedir. Bu yöntem, hem benzersiz hem de organik desenler yaratarak seramik yüzeylere farklı bir görsellik katmaktadır. Mermer tekniği yapımında en önemli adım, beyaz ya da açık renkli bir bünyenin seçilmesidir, çünkü bu renkler renklendirme için avantaj sağlamaktadır. İlk olarak ana bünyenin istenilen oksit veya boyalarla renklendirilmesi gerekmektedir. Farklı renklerdeki çamurlar, ya plaka şeklinde kesilip üst üste yerleştirilip ya da doğrudan karıştırılıp yoğrulmaktadır. Yoğurma aşamasında, hava kalmaması için dikkatli olunmalıdır (Colbeck, 1983: 36).

Sonuç olarak, her bir ürün benzersiz ve tekrarlanması zor bir desen sunmaktadır. Agate ware, genellikle estetik kaygılarla yapılan dekoratif ürünlerde kullanılmıştır. Ancak, hem tabaklar, fincanlar gibi günlük kullanım eşyaları hem de vazolar, ss eşyaları gibi objelerde de tercih edilmiştir.



Resim 1.9. Mermer Tekniği (Agateware)

Kaynak: (Chipstone, 2003)



Resim 1.10. Agateware Tekniği ile Yapılmış Kapaklı Kap, İki Sevinçli Saksaağan, 32x16 Cm

Kaynak: (Alma Boyes, 2024)

2.4. Mozaik Tekniği (Lamination, Marquetry, Layering, Millefiore, Neriage)

Mozaik tekniğinin tarihsel gelişimi incelendiğinde, bu sanatın en eski örneklerine M.Ö. IV ve III bin yıllarında Mezopotamya’da rastlanmaktadır. Özellikle Al Ubaid ve Uruk-Warka gibi Sümer yerleşimlerinde bu tekniğin erken kullanımlarına dair bulgular mevcuttur (Küplemez, 2022: 43). Seramik sanatında mozaik tekniği, renklendirilmiş bünyelerin ince plaka haline getirilip kontrollü biçimde belirlenen desenin şekline göre dizilerek bir başka plaka üzerine yapıştırılması sonucu oluşturulmaktadır. Bu dekorlama tekniği uygulanırken renklerin düzenli ve iç içe gelecek şekilde olması önemlidir. Mozaik yönteminde net bir görüntü elde etmek için titiz çalışılması gerekmektedir. Renkli bünyelerin tek bir renkten oluşturulması yüzey kalitesinin arttırılmasını sağlayacaktır.

Layering, Millefiore ve neriage olarak da bilinen bu mozaik teknikleri, bir mermer tekniği olan Agateware ile benzerlik göstermektedir. Bu üç tekniği Agateware tekniğinden ayıran en önemli özellik desenlerin daha kontrollü oluşturulmasıdır. Bu teknikler genellikle seramik sanatında hem estetik bir zenginlik hem de yüzeydeki detaylara odaklanan kompozisyonlar oluşturmak için kullanılmaktadır. Her biri, yüzeyde farklı katmanlar ve renklerin uyumunu sağlayarak çeşitli sanatsal anlatımlar yaratma potansiyeline sahiptir.

Laminasyon, iki veya daha fazla farklı katmanın bir araya getirilmesiyle elde edilen çok katmanlı bir yapıdır. Seramikte laminasyon, farklı renk ve yapıda çamurların üst üste konularak birleştirilmesi ve daha sonra bu katmanların çeşitli şekillerde işlenmesiyle ortaya çıkmaktadır. Bu teknik, seramik yüzeyinde renk, doku ve desen oluşturmak için kullanılmaktadır. Laminasyon tekniği seramik yüzeylerde, katmanlar arasındaki geçişleri sağlamak ve aynı zamanda sanatsal bir ifade yaratmak amacıyla uygulanmaktadır.



Resim 1.11. Porselen Çamuru Laminasyon Tekniği Örneği, Dorothy Feibleman

Kaynak: (Mobilia Gallery, 2021)

Marquetry tekniği, genellikle ahşap işlerinde kullanılan bir tekniktir ancak seramikte de benzer bir yaklaşım uygulanabilmektedir. Marquetry dekor yöntemi Kore’de 918-1392 yılları

arasında hanedan çömlekçileri tarafından kullanılmış bir tekniktir. Koreli çömlekçiler bu teknikte büyük ilerlemeler göstermişlerdir. Geliştirdikleri teknikle zarif ve detaylı desenler oluşturmuş, bu süreçte formun sadeliğini ve estetik bütünlüğünü korumuşlardır. Uygulamalarında soluk gri yüzey üzerine mühürler ve ince uçlu aletler kullanarak baskı ve kazıma işlemleri yapmışlardır. Kazıdıkları alanlara beyaz astar ekleyerek siyah ve beyazın güçlü bir kontrast oluşturmasını sağlamışlardır (Hatipoğlu, 2015: 27).

Bu teknikte farklı renklerdeki çamur parçaları veya plakalar süngerle ıslatılmış bir alçı kalıp üzerinde veya içinde birbirine yapıştırarak şekillendirmektedir. Parçaların yüzeyde birbirine yapıştırılırken koyu renk bir sıvı çamur tercih edilip parçaların birleştirilmesiyle desenler oluşturularak seramik yüzeyinde detaylı desenler ve görsel zenginlik oluşturulur. Şekillendirme işlemi tamamlandıktan sonra, form kalıp içerisinde tamamen kuruyana kadar bekletilmektedir. Kuruma süreci tamamlandığında, form dikkatlice kalıptan çıkarılarak ince metal sistre kullanılarak yüzey temizliği yapılmaktadır. Sonrasında bu yüzey genellikle zımparalanarak veya parlatılarak pürüzsüz hale getirilmektedir. Ardından, yapıştırma işlemi sırasında kullanılan koyu renkli sıvı çamur, eklenen parçalar arasında ince bir kontur oluşturarak hem yapısal bütünlük sağlamakta hem de dekoratif bir unsur olarak tasarıma katkıda bulunmaktadır (Uzuner, 1999: 167).



Resim 1.12. Vince Pitelka, Galonluk Sürahi, 2000

Kaynak: (Vincepitelka, 2000)

Layering tekniği, seramik yüzeyine farklı malzeme veya renklerde katmanlar ekleyerek estetik derinlik, dokusal zenginlik ve boyut kazandırmak için malzemelerin üst üste uygulanmasıyla gerçekleştirilmektedir. Bu teknik ile, seramik yüzeyinde farklı efektler yaratmak, desenler oluşturmak veya kontrast sağlamak amacıyla uygulanabilir. Bu teknik, farklı renkteki çamurların bir arada kullanılması, sıvı kıvamdaki çamur katmanları eklenerek yüzeyde desen ve doku oluşturulması mümkündür. Ayrıca, farklı renklerdeki çamurların üst üste eklenmesiyle de katmanlı bir yapı elde edilebilmektedir. Katmanlama, hem geleneksel hem de modern seramik tasarımlarında, soyut desenlerden doğal görünümlere kadar geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu teknikle elde edilen efektler, laminasyon ve marquetry tekniklerine benzer şekilde yüzeyde estetik bir görünüm sağlamaktadır.



Resim 1.13. Layering Tekniği İle Yapılmış Bir Vazo

Kaynak: (Peter Beard, 2021)

İlk olarak cam işçiliğinde kullanılan Millefiori Tekniği, farklı renk ve desenlerdeki cam çubukların bir araya getirilmesiyle oluşturulan çiçek benzeri desenler yaratmak amacıyla geliştirilmiştir. Seramikte de benzer bir prensip kullanılmaktadır. Farklı renklerdeki çamurlar, silindirik çubuklar halinde bir araya getirilmekte ve desen oluşturacak şekilde düzenlenmektedir. İç içe geçmiş veya yan yana dizilmiş bu çubuklar, kesildiğinde her dilimde

ortaya çıkan desenler, önceden tasarlanan bir yapıya veya rastgele bir kompozisyona göre şekillenmektedir.



Resim 1.14. Millefiori Tekniği İle Yapılmış Bir Tabak

Kaynak: (Ceramic School, 2024)

Farklı renklerdeki çamur katmanlarının bir araya getirilerek desen oluşturduğu özel bir dekorasyon tekniğidir. Nerikomi tekniği, dikkatli ve düzenli bir üretim süreci gerektirmekte ve mozaik tekniklerine benzer bir yaklaşım sergilemektedir. Çamur, kullanılan renklere uygun şekilde renklendirilmelidir ve desen, tasarımın başlangıcında belirlenmektedir. Plastiklik ve nem oranı önemli faktörlerdir. Şekillendirme için farklı renklerdeki çamurların benzer yapıda olması gerekmektedir (Yücel & Gündoğdu, 2016: 704).

Bu yöntemle çamur, yoğrulmadan üst üste veya yan yana dizilerek kesilmekte ve şekillendirilmektedir, böylece yüzeye doğal ve organik desenler kazandırılmaktadır. İlk olarak Japon seramik sanatında geliştirilen yaygın olarak Nerikomi olarak da bilinen Neriage tekniği, farklı renklerde hazırlanan çamurların birbirine karıştırılmasıyla elde edilen desen ve dokuların seramik yüzeyinde oluşturulması esasına dayanmaktadır. Seramik sanatında kakma veya gömme olarak bilinen teknik, renkli çamurdan hazırlanan ince plakaların belirli bir desen doğrultusunda dikkatlice dizilmesiyle uygulanmaktadır. Bu plakalar, önceden hazırlanmış bir yüzeye gömülerek ya da yan yana getirilip aralarına sıvı çamur sürülerek birbirine hafifçe bastırılarak birleştirilmektedir (Hatipoğlu, 2015: 34). Birleştirilen bu katmanlar, çeşitli yöntemlerle (katlama, bükme, kesme) şekillendirilmektedir. Bu sayede iç içe geçmiş, spiral

veya mermerimsi desenler elde edilmektedir. Şekillendirilen form, genellikle tornada veya el ile daha fazla işlenerek yüzeyin düzleştirilmesi ve pürüzsüz hale getirilmesi sağlanmaktadır.

Her iki teknik de farklı renklerdeki çamurları bir araya getirerek estetik sonuçlar elde etmeyi amaçlamakta, ancak uygulama yöntemleri ve ortaya çıkan desenlerin karakteri açısından farklılık göstermektedir.

Neriage, tekniğinde farklı renkli çamurlar bir araya getirilerek yumuşak bir şekilde yoğurulmakta veya çamur plakaları üst üste getirilerek katmanlar oluşturulmaktadır. Renkli çamurların karışımı, renklerin birbirine akışkan bir şekilde geçiş yapması soyut ve organik desenler elde edilebilmesi için önemlidir. Neriage tekniği, seramiğin tamamına uygulanabilir ve genellikle akışkan desenler ve yumuşak geçişlerin tercih edildiği eserlerde kullanılmaktadır.

Nerikomi ise “karıştırmak ve yerleştirmek” anlamına gelmekte ve desen oluşturma sürecinde daha fazla kontrol ve planlama gerektirmektedir. Nerikomi tekniğinde çamurun şekillendirme yöntemi desenle yakından ilişkilidir. Bu nedenle desen ve tasarımın belirlenmesi gerekmektedir. Nerikomi tekniğinde çamur ve form seçimi çok önemlidir. Desenin yüzeyde daha iyi görünmesi ve rötuş sırasında kolay kazımların daha iyi yapılabilmesi için genellikle döküm çamuru, şamot içermeyen çamurlar kullanılmaktadır (Çizer, Engineri, 2016: 698).

Bu teknikte, farklı renklerdeki çamurlar, plakalar veya şeritler halinde hazırlanarak düzenli katmanlar düzenli geometrik desenler oluşturacak şekilde bir araya getirilmektedir. Elde edilen bu çamurlardan, ince dilimler halinde kesilerek seramik yüzeylere uygulanmaktadır. Nerikomi, genellikle detaylı, net ve geometrik desenlerin tercih edildiği eserlerde kullanılmaktadır. Desenler yüzeyde daha belirgin ve keskin bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Kullanılan desenlerin son derece kontrollü bir şekilde oluşturulması, bu tekniği mermer ebru yönteminden ayırmaktadır (Hatipoğlu, 2015: 34).



Resim 1.15. Neriage Tekniği İle Yapılmış Seramik Kase

Kaynak: (Lesley, 2024)

Bu iki teknik arasındaki temel farklar, desenler ve üretim süreçleri ile görülmektedir. Neriage, daha rastlantısal ve akışkan bir sonuç sunarken, Nerikomi daha yapılandırılmış ve kontrollü bir sonuç ortaya çıkarmaktadır. Neriage, seramik formunun genelinde tercih edilen bir teknik iken, Nerikomi ise, genellikle yüzey dekorlamasında kullanılan bir tekniktir. Her iki teknik de sanatçıya farklı yaratıcı olanaklar sunmakta ve renkli seramik eserlerinde estetik çeşitlilik sağlamaktadır.



Resim 1.16. Nerikomi Tekniği İle Yapılmış Bir Kase, Judy Mckenzie

Kaynak: (Judy McKenzie, 2024)

3. Renklendirilmiş Seramik Çamuruyla Çalışan Sanatçılar

Renklendirilmiş seramik çamuruyla çalışan sanatçılar, birbirinden farklı estetik ve sembolik ifadeler sunan çeşitli eserler üretmektedir. Birçok sanatçı, renkli çamuru kullanarak yaratıcı ve özgün seramik objeler üretmekte ve kendilerine ait tarzlarıyla tanınmaktadırlar.

3.1. Zehra Çobanlı

Sanatçı, şekillendirdiği seramik formlarında özgün renk ve teknik özellikleriyle beraber kendi geçmişiyle ilişkilendirdiği çalışmalarını ürettiği görülmektedir. İznik çinilerine duyduğu hayranlık sebebiyle çoğunlukla eserlerinde mavi ve beyaz renklerini tarihsel birikim ile desteklenen bir gücün sembolü olarak kullanmaktadır. Mavi rengin gökyüzünün ve denizlerin renginin olduğunu mavinin seramiğe en çok yakışan renklerden biri olduğunu vurgulamaktadır (Bakırcı, 2008: 136). Çalışmalarında şamotlu beyaz çamur ve beyaz stoneware çamur kullanmaktadır. Mavi, yeşil ve sarı karışımı astarlar ile saydam sırlı kullanarak yüksek pişirim tekniği uygulamaktadır. Renkli çamur kullanımı ve seramik yüzeylerinin katmanlı dekorasyonu, ona özgü bir estetik yaratmaktadır. Zehra Çobanlı, bazı dönem eserlerinde aşağıda örnekte görüleceği üzere renkli çamur ile bünyeleri renklendirmiş ve yüzey üzerine

astar ile dekorlama yapmıştır. Aynı dönem işleri içerisinde bej renkte bir bünyeye de rastlamak mümkündür.



Resim 1.17. Zehra Çobanlı, Renkli Seramik Kap

Kaynak: (Çobanlı, 2024)



Resim 1.18. Zehra Çobanlı, Renkli Seramik Kap

Kaynak: (Çağdaş Sanatlar Müzesi, 2021)

3.2. Mine Poyraz

Sanatçı, insan vücudundan oluşan parçaların doğadaki gibi sürekli bir dönüşüm içinde olduğu düşüncesiyle eserlerini üretmektedir. Eserlerinde ajur yönteminin yanı sıra renkli seramik çamurlarını ve geri dönüştürülmüş malzemeleri kullanarak kalıplarla şekillendirdiği üç boyutlu formlarda kadın bedenini işlemektedir. Çalışmalarında farklı renkli seramik çamur bünyelerinde, pigmentler, şamot ve seramik atıklarını bir araya getirerek görsel zenginlik sunmaktadır (Poyraz, 2021: 93). Renkli çamurları, genellikle birbirine karışmadan plakalar halinde hazırlamakta ve renkli bünyeyi doğrudan alçı kalıp yüzeyinde bırakmayı tercih

etmektedir. Şeffaf sır kullanımı, renkli çamurun doğal dokusunu ve desenlerini ön plana çıkarmaktadır.



Resim 1.19. Mine Poyraz, Seraimik Ajur Tekniği, 57x34x37 cm, 2023

Kaynak: (Soyut Galeri, 2023)

3.3. Oya Uzuner

Oya Uzuner, Türk seramik sanatında renkli bünye teknikleriyle dikkat çeken önemli sanatçılardan biridir. Çalışmalarında renkli çamurları ustalıkla kullanarak soyut, organik ve dinamik desenler oluşturmaktadır. Onun sanatında renkli bünye, hem teknik hem de estetik bir ifade aracı olarak öne çıkmaktadır. Farklı renklerde pigmentlerle renklendirdiği çamurları bir araya getirerek eserlerini oluşturmaktadır. Renkli çamurlar, seramiğin hem içyapısında hem de yüzeyinde bir bütünlük sağlamaktadır. Renklendirilmiş çamurlar ile yapılan teknikleri araştırarak, yeni teknikler geliştirerek seramik bünye ile çağdaş boyutta yorumlama çalışmaları zamanla kişisel üslubunu oluşturmıştır (Diren, 2007: 150). Bu süreçte, genellikle nerikomi ve neriage tekniklerine benzer yöntemler kullanmaktadır. Renkli çamurları yoğurarak, plakalar halinde üst üste ekleyerek veya keserek çeşitli desenler elde etmektedir. Desenlerin yüzeyde belirginleşmesi için renkli çamurların doğal akışını ve uyumunu kullanmaktadır.



Resim 1.20. Renkli Çamur Ebru, Marküteri, Raku, 40 cm, 2000

Kaynak: (Uzuner, 2000)

3.4. Fenella Elms

Fenella Elms, seramik çalışmalarında özellikle akış temasıyla tanınmakta ve renkli seramik çamuru kullanarak oldukça detaylı ve etkileyici formlar oluşturmaktadır. Elms'in bu tarzı, bireysel elemanların bir araya gelerek doğal ve organik bir bütünlük oluşturduğu seramik paneller ya da heykellerden oluşmaktadır. Elms, seramik çamuruna çeşitli renk pigmentleri ekleyerek farklı tonlar elde etmektedir. Elde ettiği seramik çamurlarını küçük, ince parçalara ya da şekillere dönüştürmektedir. Bu parçalar genellikle küçük diskler, ince şeritler veya yaprak benzeri formlardır. Şekillendirilen küçük parçalar, birbirleriyle uyum içinde olacak şekilde yüzeye yerleştirilmektedir. Fenella, "Gördüğümü çamura koymaya çalışmıyorum, hareketi, büyümeyi, yapıyı ve etkileşimi fark ederek sürece ekliyorum" diye ifade etmektedir (Winch, 2021). Bu yerleştirme süreci sırasında parçaların açısı, pozisyonu ve aralarındaki boşluklar dikkatlice ayarlanmaktadır. Parçalar, seramik yüzeye (örneğin, bir panel ya da vazo gibi) hafifçe bastırılarak sabitlenmektedir. Bu süreçte her bir parçanın doğal duruşunu korumasına özen gösterilmektedir.



Resim 1.21. Millefiori Tekniği

Kaynak: (Fenella Elms, 2024)

3.5. Naomi Lindenfeld

Sanatçı, renkli seramiklerini Neriage ve Agateware olarak bilinen tekniklerle şekillendirmektedir. Sanatçı çalışmalarında ana duyguyu akıcı olarak hareketlendirmeyi hedeflemektedir. Bu teknikte, farklı renklerdeki çamurlar, dikkatlice bir araya getirilmekte ve katmanlar halinde üst üste yerleştirilerek şekillendirilmektedir. Ortaya çıkan desenler, renkli çamurun katmanlar halinde kesilmesi veya döndürülmesiyle belirginleşmekte ve böylece benzersiz görünüm kazanmaktadır. Sanatçı, ilhamını doğadaki organik formlardan almaktadır. Naomi, renklerin farklı ruh halleri üzerindeki etkisini incelemek amacıyla çeşitli renk kombinasyonları üzerinde deneyler yapmaktadır. Renklerin bir araya geliş biçimlerini ve oluşturdukları zıtlıkları gözlemleyerek, duygusal ve görsel etkileşimlerini keşfetmeyi amaçlamaktadır (Lindenfeld, 2020). Sanatçı, seramiklerinde canlı renk geçişlerini ve yüzey desenlerini renkli çamur teknikleriyle oluşturmaktadır.



Resim 1.22. Neriage Tekniği İle Yapılmış Bir Form, 8x 2,5 cm

Kaynak: (Naomi Nildenfeld, 2024)

3.6. Ogata Kamio

Ogata Kamio, neriage tekniğiyle Japon seramik sanatında önemli bir yere sahiptir. Kamio, bu tekniği kullanarak birçok ince renk katmanını birleştirip şekillendirerek optik olarak dikkat çekici eserler üretmektedir. Çalışmalarında çok ince, kâğıt gibi seramik çamuru tabakalarını üst üste yerleştirmekte, bu tabakaları belirli bir düzende kazıyarak şekillendirmektedir. Oluşturduğu bu çizgisel desenler ve katmanlar sayesinde eserlerinde dalgalı yüzeyler, kıvrımlar ve optik bir hareket hissi ortaya çıkmaktadır. Eserlerinde genellikle mavi, yeşil, gri ve beyaz tonlarının yumuşak geçişler kullanmakta ve özellikle kıvrımlı yüzeyleri desenler aracılığıyla dalga veya su hareketini andıran formlar oluşturmaktadır. Kamio; eserlerini “Çağımızın ruhunu, fiziksel ve duygusal benliklerimiz arasındaki boşluğu ve günlük hayatlarımızın nasıl odaksız olduğunu ifade etmeye çalışıyorum. Benim için bu boşluk belirsizlik ve baş dönmesi hisleri yaratıyor” diye ifade etmektedir (Mirviss, 2019: 3). Bu eserler, geleneksel seramik anlayışından uzaklaşıp, tamamen bireysel ve çağdaş bir estetiği yansıtmaktadır.



Resim 1.23. Neriage Kap, 2017, 25x25x25 Cm

Kaynak: (Mirviss, 2024)

3.7. Ben Davies

Sanatçı toprak ve porselen bünyelere oksitler ilave ederek çeşitli sırsız kaplar üretmektedir. Renkli seramiklerini oluştururken Nerikomi tekniğini kullanmaktadır. Bu teknikte, çeşitli renklerde hazırlanmış çamur katmanları üst üste veya yan yana yerleştirilerek şekillendirilmektedir. Renkli ve dokulu çamur kullanımıyla sırlanmamış sarmal çömlekler yapmaktadır. Çalışmaları, jeoloji ve manzaradan esinlenen doku ve desenleri araştırmaya odaklanmaktadır. Pürüzsüz yüzeyler elde etmek için çeşitli elle şekillendirme teknikleri, zımparalama ve cilalama yöntemleri kullanmaktadır (Davies, 2023).



Resim 1.24. Nerikomi Tekniği İle Yapılmış Kaplar

Kaynak: (Crown Works Pottery, 2021)

Ben Davies, alçı kalıba döktüğü renkli seramik çamurlarıyla oluşturduğu seramiklerde geometrik desenler, dalgalı çizgiler ve soyut şekiller gibi motifler elde etmektedir. Nerikomi tekniği, Davies'in eserlerine hem estetik bir zenginlik hem de derinlik katmaktadır. Her bir parça, kullanılan çamurun renklerine ve şekillendirme sürecine bağlı olarak benzersiz ve tekrarlanamaz bir tasarım sunmaktadır.



Resim 1.25. Nerikomi Tekniği İle Yapılmış Kaplar

Kaynak: (Meer, 2014)

3.8. Matsui Kōsei

Matsui Kōsei, Neriage adı verilen farklı renklerdeki çamurların karıştırılıp birleştirilmesinden oluşan yenilikçi bir teknik geliştirerek renklendirilmiş seramik çamurlarını şekillendirmek için geleneksel Japon nerikomi tekniğini kullanmaktadır (Morais, 2014: 286). Bu teknikte, farklı renklere boyanmış seramik çamurlarını bir araya getirerek katmanlı bir yapı oluşturmaktadır. Daha sonra bu katmanlar, kesme, bükme ve yeniden düzenleme gibi işlemlerle iç içe geçmiş desenler haline getirilmektedir. Eserler, doğal dokulara ve organik formlara benzer eşsiz desenler sunmaktadır. Kōsei'nin çalışmaları, hem geleneksel Japon estetiğinin hem de yenilikçi bir teknik anlayışını yansıtmaktadır.



Resim 1.26. Mermer Desenli Vazo

Kaynak: (Daiichi Arts, 1988)

3.9. Dorothy Feibleman

Dorothy Feibleman, çalışmalarında renkli bünyelerle oluşturduğu detaylı desenler ve hassas şekillendirme yöntemleriyle özgün bir estetik dil geliştirmiştir. Sanatçı, çığır açan yarı saydam beyaz nerikomi porselen ifadesinin yanı sıra, yarı saydam nerikomi porselenindeki renk kullanımındaki etkisi ve görüntüleme kalitesiyle uluslararası alanda tanınmaktadır (Jmkac, 1996). Feibleman'ın seramikleri, hem teknik ustalık hem de sanat anlayışı açısından dikkat çekmektedir. Bu teknikte, farklı renklerde hazırladığı çamurları katmanlar halinde birleştirmektedir. Renkli çamurlar, düzenli ve kontrollü bir şekilde yerleştirilerek karmaşık desenler oluşturmaktadır. Bu katmanlar, daha sonra ince dilimler halinde kesilerek desenlerin yüzeyde görünmesini sağlamaktadır. Seramik sanatında geleneksel nerikomi tekniğini modern bir anlayışla yorumlayan sanatçı, eserlerinde teknik ustalık, hassas detaylar ve sanatsal ifadeleri bir araya getirmektedir. Feibleman renkli çamur bloklarını kesip yan yana dizerek şekillendirmekte, ince bir işçilikle bu çamur bloklarından desenler oluşturmakta ve ardından bu blokları dilimleyerek özgün eserler yaratmaktadır.



Resim 1.27. Yeşil ve Siyah Zikzak Desenle Lamine Edilmiş Kase

Kaynak: (Cottone Auctions, 2017)

3.10. Çiğdem Önder Er

Çiğdem Önder Er, seramik çalışmalarında özgün bir yaklaşım sergileyerek doğal malzemeler ve geleneksel yöntemleri modern tasarımla buluşturmaktadır. Renkli çamurları kullanarak katmanlı ve dinamik bir doku oluşturan sanatçı, şekillendirme sürecinde el işçiliğine büyük önem vermektedir. Çamurun doğal akışkanlığını koruyarak, formlarını organik bir şekilde geliştirmeyi hedeflemektedir. Çamuru şekillendirirken bazen torna tekniğinden faydalanmakta, bazen de tamamen elle modelleme yapmaktadır. Sanatçı yüzeylerde özgün renk geçişleri ve dokular yaratmak için farklı renkteki çamur kütlelerinin üst üste yerleştirilerek sandviç biçiminde sıkıştırılması veya farklı renkteki çamur plakalarının inceltirilip rulo haline getirilerek kesilmesi sonucu soyut desenler oluşturmaktadır. Alternatif olarak, renkli çamurların doğrudan karıştırılıp yoğrulması ve elde edilen karışımın kalıp yöntemiyle şekillendirilmesi, homojen olmayan renk geçişlerinin ve desenlerin seramik yüzeylerde ortaya çıkmasını sağlamaktadır (Er, 2004: 54). Bu süreçte doğadan ve çevresel gözlemlerinden ilham alan Çiğdem Önder Er, eserlerine hem estetik hem de anlatsal bir derinlik kazandırmaktadır.



Resim 1.28. Çiğdem Önder Er Kişisel Arşiv

Kaynak: (Er, 2022)

3.11. Miyashita Zenji

Miyashita Zenji, seramik eserlerini şekillendirirken, genellikle farklı renklerde hazırlanmış seramik çamurunu, siyah renkteki bünye üzerine katmanlar halinde üst üste ekleyerek iç içe geçen desenler ve dokular oluşturmaktadır. Bu süreç, hem renklerin hem de formun bir araya gelmesini sağlamaktadır. Zenji'nin çalışmaları, teknik ustalığı ve sanatsal estetiği birleştirerek, doğadan ve geleneksel Japon estetiğinden ilham alan eşsiz formlar ortaya çıkarmaktadır. Son yıllarda, ana teması zihinsel sahneler olan çömlekçilikte, bünyeye renk katarak kendi tarzını geliştirmeye çalışmakta olduğunu ve hayal gücüyle gelişen sınırsız somut ve soyut formları keşfetmek ve bunları çalışmalarında ifade etmek istediğini belirtmektedir (Everson, 2024: 1).



Resim 1.29. Uzak, Renklendirilmiş Çamur İle Şekillendirilmiş Seramik, 14x13 Cm, 2002

Kaynak: (Mirviss, 2024)

İKİNCİ BÖLÜM

ÜÇ BOYUTLU YAZICILAR VE SERAMİK ÜRETİMİNDE KULLANIMI

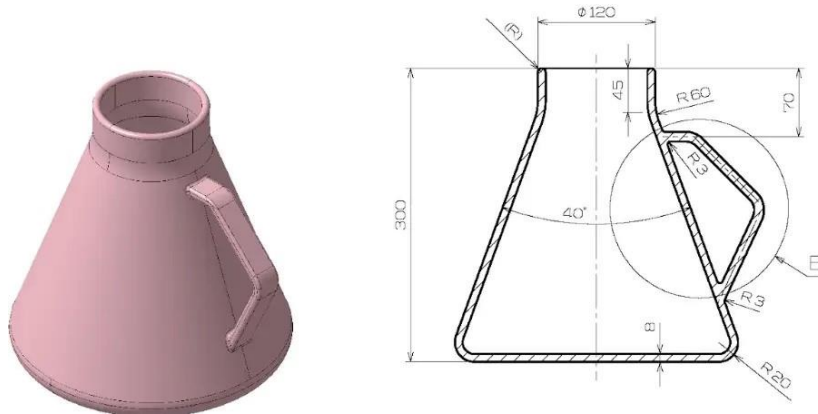
1. Bilgisayar Destekli Tasarım ve Bilgisayar Destekli Üretim (CAD&CAM)

Bilgisayar destekli tasarım, mühendislik süreçlerini dijital ortamdaki tasarımların fiziksel hale dönüştürülmesini sağlayan bir yazılım teknolojisidir. Üç boyutlu yazıcılar ile bilgisayar destekli tasarım (Computer Aided Desing) programları kullanılarak oluşturulan katı modelleri, kalıp veya benzeri araçlara ihtiyaç duymadan, katman katman malzeme ekleyerek fiziksel bir modele dönüştüren cihazlardır. Bu teknoloji, geleneksel üretim yöntemleriyle yapılması oldukça zor ve zaman alıcı olan karmaşık geometrilerin üretilmesini mümkün kılmaktadır (Çalışkan, 2017: 1). Bu süreçte iki türlü üretim biçimi karşımıza çıkmaktadır. Bunlar eklemeli ve eksiltmeli üretim yöntemleridir.

1982'de piyasaya sürülen ilk iki boyutlu çizim programı, CAD yazılımlarının temelini oluşturmuştur. Zamanla, bu programlara üç boyutlu komutlar eklenerek yazılımlar geliştirilmiştir. 1987'de ise çalışmalar tamamlanıp piyasaya sunulan sürümlere matematiksel bir temel kazandırılıp; bu sayede işlemler daha kesin ve ölçülü hale gelmiştir. İki boyutlu programların üç boyutlu uygulamalarda yetersiz kalması, yeni programların geliştirilmesine ve üç boyutlu yazılımlara geçiş süreci başlamıştır (Öncel, 2022: 4).

Bilgisayar destekli üretim (CAM-Computer Aided Manufacturing), tasarımı ve üretim analizleri bilgisayar yardımıyla yapılan ürünlerin üretimini mümkün kılan makine sistemlerinin çalışma prensibini ifade etmektedir (Türkel, 2008: 75). CAM, 2000'li yıllardan itibaren endüstride sıkça kullanılmaya başlanan bir üretim yöntemidir ve kökeni 1950'li yıllara dayanmaktadır. Bu yöntem, üretim süreçlerini planlamak, yönetmek ve kontrol etmek amacıyla bilgisayar sistemlerinin doğrudan ya da dolaylı olarak üretim kaynaklarıyla etkileşime girdiği bir yaklaşım olarak tanımlanabilmektedir (Elanchezhian, vd., 2007). Bilgisayar Destekli İmalat (CAM), üretim süreçlerini planlamak, yönetmek ve kontrol etmek için bilgisayar sistemlerinin kullanılmasıdır. CAM, tasarım aşamasında oluşturulan dijital modellerin, üretim süreçlerine aktarılmasını sağlayarak, üretimi daha hızlı, hassas ve verimli hale getirmektedir. Bu sistemler, üretim kaynaklarını doğrudan veya dolaylı olarak bilgisayar ara yüzleri aracılığıyla yönetir ve yönlendirir, böylece üretim süreçlerinin verimliliği ve doğruluğu sağlamaktadır (Öncel, 2022: 16).

Bilgisayar destekli üretim (Computer Aided Manufacture), eklemeli üretim ve eksiltmeli üretim olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. CAD yazılımları arasında Corel, Photoshop, AutoCAD, SolidWorks, Rhino ve SketchUp gibi araçlar yer almaktadır. CAD, hem tasarım sürecini görselleştirmek hem de üretim aşamalarında kullanılmak üzere yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu tasarımlar, genellikle özel CAD yazılımı kullanılarak yapılmakta ve nesnenin her açısından ayrıntılı bir dijital model oluşturulmaktadır. CAM ise, bu dijital modelin fiziksel bir nesneye dönüştürülmesi için kullanılmaktadır. Bu süreçte, CAD modeli, üç boyutlu yazıcı tarafından anlaşılabilir bir formata dönüştürülerek katman katman oluşturulmaktadır.



Kaynak: (AlCad Soft, 2022)

33

CNC makinelerinde uygulanabilmesi için sayısal denetim (NC) kodları oluşturmaktadır. Bu sayede tasarımlar daha hassas ve verimli bir şekilde üretilmektedir (Kubat, 2020: 3).

Bu üretim biçimi, (Computer Numerical Control-Bilgisayarlı Sayısal Kontrol) CNC makineleri, üç boyutlu yazıcıları ve lazer kesicileri kapsamaktadır. CNC (Bilgisayarlı Sayısal Kontrol), takım tezgâhlarının bilgisayar destekli sayısal komutlarla yönetilmesini sağlayan bir kontrol sistemidir. CNC tezgâhları, farklı endüstri alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Seramik sektöründe de önemli bir yere sahip olan CNC tezgâhları, özellikle yer ve duvar karosu ile sağlık gereçlerinin üretiminde tercih edilmektedir (Kubat, 2020: 782). Bu makineler, tasarlanan modelin noktaları okunarak gerekli komutlar oluşturulmakta ve katı modelleme işlemi, yazılımın verdiği talimatlara tam olarak uyarak, yüksek doğrulukla parçalar üretmekte ve karmaşık geometrilere sahip parçaların hatasız bir şekilde üretilmesine olanak tanımaktadır.



Resim 2.2. CNC İle Alçı Kalıp Üretim Süreci

Kaynak: (Can, 2015)

CAD ve CAM birbirini tamamlayan teknolojiler olarak karşımıza çıkmaktadır. Seramik endüstrisinde CAD/CAM teknolojilerinin kullanımı, tasarım ve üretim süreçlerinde önemli avantajlar sunmaktadır. Geleneksel seramik üretim yöntemleri genellikle el işçiliğine dayanır, bu da üretim süreçlerinin uzun ve maliyetli olmasına yol açmaktadır. CAD/CAM teknolojilerinin entegrasyonu ise bu süreçleri kontrol ederek verimliliği artırmakta ve maliyetleri düşürmektedir (Usta, 2024: 23).

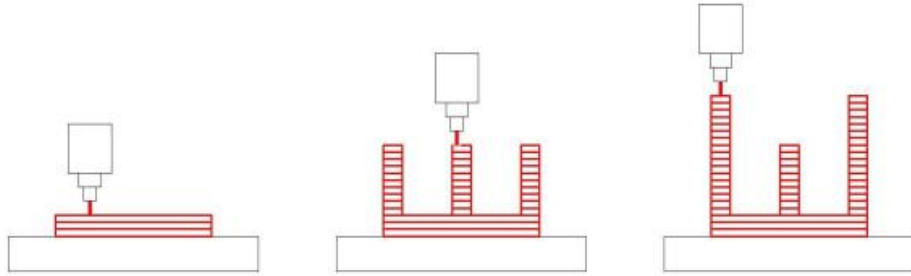
CAM yazılımları, CAD tasarımlarını alarak, üretim makineleri için gerekli talimatları g-kodları oluşturmakta ve bu makineleri kontrol etmektedir. Temel olarak, CAD tasarım aşamasını, CAM ise üretim aşamasını temsil etmektedir. CAD, tasarımın görünüş ve işlevine

odaklanırken, CAM, bu tasarımın fiziksel bir ürüne dönüştürülmesi için gereken süreçlere odaklanmaktadır. Özetle, CAD ve CAM arasındaki temel fark, birinin tasarım yapma (CAD) ve diğerinin tasarlanan ürünü üretme (CAM) işlevini yerine getirmesidir. CAD, ürünün dijital modelini oluştururken, CAM, bu modelin üretim süreçlerine dönüştürülmesini sağlamaktadır.

1.1. Eklemeli Üretim

Eklemeli üretim, yazıcılar ile katman katman malzeme ekleyerek inşa oluşturma sürecidir. Üç boyutlu yazıcılar bir eklemeli üretim yöntemi olarak bilgisayar ortamında oluşturulmuş bir tasarımı üç boyutlu olarak istenilen malzeme ile şekillendirmektedir. Eklemeli üretim, daha az atık vererek malzemeden tasarruf sağlamamıza ve daha karmaşık geometrilerin oluşturulmasına olanak tanımaktadır. Eklemeli Üretim, eksiltici üretim yöntemlerinden farklı olarak, genellikle üç boyutlu model verilerinden nesneler üretmek için malzemelerin katman katman birleştirilmesiyle yapılan bir üretim sürecidir (Can, 2019: 21).

Eklemeli üretim, karmaşık ve özelleştirilmiş parçaların üretiminde avantaj sağlarken, eksiltmeli üretim daha eski bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Eksiltmeli üretimde, eklemeli üretimde kullanılan malzemelerin aksine daha kütsel ve farklı malzemeler kullanılmaktadır. Her iki yöntemin de avantajları ve dezavantajları vardır ve hangi yöntemin kullanılacağı, projenin gereksinimlerine bağlıdır.



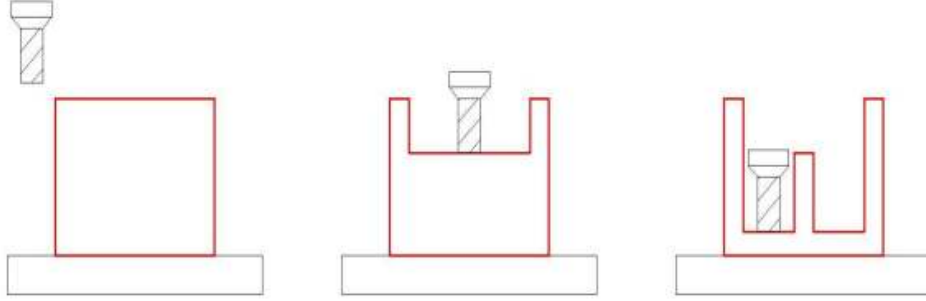
Resim 2.3. Eklemeli Üretim

Kaynak: (Tezel, 2018)

1.2. Eksiltmeli Üretim

Eksiltmeli üretim, bir blok malzeme üzerinden bilgisayar ortamında çizilmiş olan modelin koordinatları doğrultusunda yontma işlemi yapılarak istenilen şeklin elde edilmesi sürecidir. Bu süreç CNC makineleri ile gerçekleştirilmektedir. Eksiltmeli üretim, genellikle metal ve diğer katı kütsel malzemeleri yontarak, yani malzeme eksilterek şekillendirme prensibine sahip bir yöntemdir. Seramik sektöründe daha çok endüstriyel alanda alçı kalıp

retiminde tercih edilmektedir. Bu yöntemde bilgisayar ortamında tasarlanan model, belirlenen koordinatlar doğrultusunda, kurutulmuş büyük bir alçı kütlesinden istenmeyen kısımların eksiltilmesiyle şekillendirilmektedir.



Resim 2.4. Eksiltmeli retim

Kaynak: (Tezel, 2018)

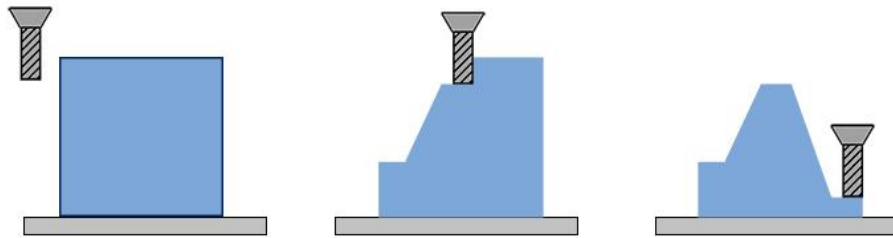
Bilgisayar Destekli retim (CAM) sürecinde, öncelikle CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım) yazılımlarında oluşturulan dijital modeller CAM yazılımına aktarılmaktadır. CAM yazılımı, bu modelleri analiz ederek, üretim makinelerine uygun talimatları, genellikle G-kod formatında, otomatik olarak oluşturulmaktadır. Bu talimatlar, CNC makineleri ve üç boyutlu yazıcılar gibi üretim araçları tarafından kullanılarak fiziksel parçalara dönüştürülmektedir. Üretim sürecinde, parçanın üretim amacına göre malzeme kesme, yontma, delme veya eklemeli üretim gibi işlemlerle istenilen forma dönüştürülmektedir.

Bilgisayar destekli üretim yazılımları, üretim sürecini kontrol ederek, takım yollarını belirlemekte, işleme hızlarını ayarlamakta ve malzeme israfını minimuma indirmektedir. Ayrıca bu teknoloji, insan hatasını azaltarak üretim sürecinin daha hızlı, verimli ve hassas bir şekilde gerçekleşmesini sağlamaktadır.

CNC makineleri, seramik üretiminde kullanılan kalıpların tasarımı ve işlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. CNC, takım hareketlerini sayılar ve harflerden oluşan belirli bir düzen içindeki komutlarla kodlayarak talaşlı imalat yapan makinelerin kontrol edilmesini sağlamaktadır (Tatlı, 2020: 8). Bu sistem, makinelerin doğru ve hassas bir şekilde işlem yapmasını mümkün kılmaktadır. CNC makineleri farklı eksen sayılarına sahiptir. Bir CNC makinesinin eksen sayısı arttıkça daha detaylı işleme kapasitesi de doğru orantılı olarak artmaktadır. Bir seramik ürününün üretim süreci CNC makineleri ile oldukça kısalmaktadır. Bu teknoloji ile modelleme süreci ortadan kaldırılıp doğrudan kalıp üretilmesi mümkündür. Bu da üretim sürecinde maliyeti düşürmekte ve yeni ürünlerin piyasaya daha hızlı sunulmasını mümkün kılmaktadır.

Eksiltmeli üretim, endüstriyel seramik üretim sürecinde daha çok tercih edilen bir yöntemdir. Üç boyutlu yazıcılar ve CNC makineleri, üretim teknolojisinde yaygın olarak kullanılmakta ve üretim yöntemleri açısından farklılık göstermektedir. Üç boyutlu yazıcılarda eklemeli üretim teknolojisi kullanılmaktadır, yani bir nesneyi katman katman malzeme ekleyerek şekillendirmektedir. Üç boyutlu çizim programları kullanılarak oluşturulan tasarımlar, bilgisayar ortamında kalıplanarak CNC makineleri ile şekillendirilir. Bu yöntemde, alçı bloklar belirlenen kodlar ve ölçüler doğrultusunda eksiltme tekniğiyle işlenerek istenilen formu almaktadır. Model gereksinimi olmadan doğrudan kalıp üretimi yapıldığı için üretim sürecinde zaman tasarrufu sağlanmaktadır (Can, 2019: 50).

Genellikle plastik, reçine, metal veya kompozit malzemelerle çalışmakta ve prototipleme, özel tasarım ürünler ve küçük ölçekli üretimler için idealdir. CNC makinelerinde ise eksiltmeli üretim teknolojisi kullanılmakta, yani bir ham malzeme bloğunu kesme, delme veya frezeleme gibi işlemlerle istenilen forma getirilmektedir. CNC tezgahları, daha hassas ürünlerin tasarlanmasını, detayların ve hataların kolayca tespit edilmesini, yeni ürünlerin geliştirilmesini, değişikliklerin hızlı bir şekilde yapılmasını ve üretimin hızlandırılmasını sağlar. Bu sayede, ürün modelleri ve kalıpları yüksek hassasiyetle üretilebilir (Kubat, 2020: 787). Bu yöntem, daha yüksek dayanıklılık gerektiren parçalar ve hassas işleme süreçleri için uygundur. CNC makineleri genellikle metal, ahşap veya sert plastik gibi malzemeleri işlemektedir. Temelde, üç boyutlu yazıcılar malzeme eklerken CNC makineleri malzemeyi çıkararak çalışmakta ve her iki teknoloji, kullanım alanlarına bağlı olarak farklı avantajlar ve dezavantajlar sunmaktadır.



Resim 2.5. CNC Eksiltmeli Üretim

Kaynak: (Mellowpine, 2024)

Eklemeli üretim (additive manufacturing), eksiltmeli üretime kıyasla birçok avantaj sunmaktadır. Eklemeli üretimde prototiplerin hızlı bir şekilde üretilebilmesi, tasarım süreçlerini hızlandırmakta ve maliyetleri düşürmektedir. Ancak, eklemeli üretim her zaman ideal bir

özüm değildir. Özellikle büyük hacimli formların ekillendirilme süresi eksiltmeli yöntemlere kıyasla daha uzun olabilmektedir.

Eklemeli üretim, geleneksel üretim yöntemlerinde kullanılan aparat, kesici takım ve kalıp gibi yardımcı ekipmanlara ihtiyaç duymadığı için maliyetleri önemli ölçüde düşürmektedir (Bursa Teknik Üniversitesi, 2023: 2). Eklemeli üretim sürecinde, eksiltmeli üretime göre daha az malzeme israfı olmaktadır. Eklemeli üretimde sadece ihtiyaca göre malzeme eklendiğı için üç boyutlu yazıcıların özellikle seramik malzeme ile kullanımında çamur tekrar dönüştürülebilmektedir. Bu da, çevresel sürdürülebilirliğe katkı sunmaktadır. Eksiltmeli üretimde ise işlenen malzemenin büyük bir kısmı atık olarak ortaya çıkmaktadır. Bu da, özellikle pahalı malzemelerde maliyet artışına neden olmaktadır. Ayrıca, eklemeli üretim daha karmaşık geometrik formları üretme imkânı sunarken tasarım esnekliğini artırmakta ve geleneksel yöntemlerle üretilmeyecek geometrik formların ekillendirilebilmesini sağlamaktadır.

Eklemeli ve eksiltmeli üretim arasındaki farklar şu şekildedir: Eklemeli üretim, malzeme ekleyerek ekil oluştururken, eksiltmeli üretim malzemeyi çıkararak ekil oluşturmaktadır. Eklemeli üretim, karmaşık geometriler ve özelleştirilmiş tasarımlar için uygundur, ancak malzeme kullanımı daha fazla olabilmektedir. Eksiltmeli üretim ise genellikle daha hızlı ve malzeme israfını azaltır, ancak karmaşık tasarımlar için sınırlı olabilmektedir. Dezavantajları arasında, eklemeli üretimde daha yavaş üretim süresi, eksiltmeli üretimde ise daha fazla malzeme israfı yer almaktadır (Ata Teknik, 2023).

2. Üç Boyutlu Yazıcılar

Üç boyutlu yazıcılar, dijital tasarımı yapılan bir modelin fiziksel bir nesneye dönüştürülebilmesini sağlayan bir teknolojidir. Bu yazıcılar, katmanlı üretim adı verilen bir yöntemle bilgisayar ortamında oluşturulan veya taranan üç boyutlu modelleri katman katman inşa ederek fiziksel hale getirmektedir. Üç boyutlu yazıcılarda, genellikle plastik, metal, seramik gibi çeşitli malzemeler kullanılmaktadır. Üç boyutlu yazıcılar, prototip üretiminden son kullanıcı ürünlerine, biyotıptan inşaat alanlarına kadar özellikle hızlı prototipleme, kişiselleştirilmiş üretim ve düşük hacimli üretim süreçlerinde sıklıkla kullanılmaktadır.

SLA yazıcı, 1980'lerin ortalarında Chuck Hull tarafından geliştirilmiş ve 1986 yılında kurduğı 3D Systems şirketini kurmuş ve ticarileştirilmiştir. FDM yazıcı ise, 1980'lerin sonunda

Scott Crump tarafından geliştirilmiş ve 1988 yılında kurduğu Stratasys şirketi tarafından ticarileştirilmiştir (Warnier, vd., 2014: 11).

Bu dönemden sonra, üç boyutlu yazıcılarda kullanılan malzemelerin çeşitlenmesiyle birlikte yeni üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme prensipleri ortaya çıkmıştır. Bu da üç boyutlu yazıcı teknolojisinin daha geniş bir yelpazede uygulanabilirliğini arttırmıştır. 2000’li yıllarda akademisyen Adrian Bowyer, RepRap projesini hayata geçirerek açık yazılım ve açık donanım prensiplerini benimsemiş ve FDM yöntemiyle üretimi herkesin erişimine sunmuştur. Bu sayede, üç boyutlu yazıcılara ulaşım kolaylaşmış ve günümüzün vazgeçilmez teknolojileri arasındaki yerini almıştır (Demirbaş & Arlı, 2015: 6).

Üç boyutlu yazıcılar sadece endüstriyel alanda değil, aynı zamanda eğitim, sağlık, otomotiv, havacılık ve inşaat gibi birçok sektörde de kullanılmaya başlanmıştır. Gelişen malzeme teknolojileri ve yazılım çözümleri sayesinde, çok daha karmaşık ve fonksiyonel parçalar üretebilme kapasitesine ulaşılmıştır.

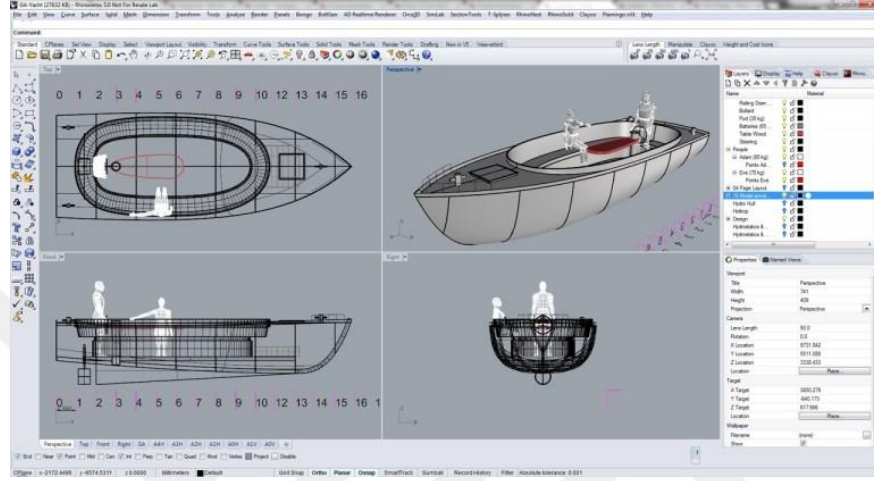
Günümüzde üç boyutlu yazıcıların seramik sanatına ve sanatçılara yeni üretim teknikleri sunarken, aynı zamanda farklı tasarım yaklaşımlarının gelişmesine de olanak tanımaktadır. Geleneksel seramik anlayışıyla teknolojiyi birleştiren bu yöntem, bazı çevrelerce sanatçının etkisini kaybettiği bir süreç olarak görülse de aslında durum farklıdır. Seramik çamurunun hazırlanması, malzemenin ayarlanması ve son dokunuşların yapılması gibi aşamalar hâlâ insan emeğini gerektirmektedir. Bu nedenle, üç boyutlu yazıcılar bir sanatçının elindeki modelaj aleti gibi düşünülebilir; süreci hızlandıran ve kolaylaştıran bir araç olsa da sanatçının yaratıcılığını ve emeğini tamamen ortadan kaldırmaz, aksine ona yeni ifade biçimleri sunmaktadır (Taligacı, 2024: 74). Böylece hem endüstriyel üretimde hem de sağlık sektöründe bireylerin yaşam kalitesini artıran özelleştirilmiş çözümler sağlanmaktadır.

3. Üç Boyutlu Modelleme Programları

3.1. Rhinoceros

Rhinoceros, üç boyutlu katı modelleme yazılımı olarak bilinmekte ve birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yazılım, mimarlık, takı tasarımı, endüstriyel tasarım, otomotiv, grafik tasarımı, CAD/CAM teknolojileri ve endüstriyel seramik gibi seri üretim süreçlerinde etkili bir şekilde kullanılmaktadır (Öncel, 2022: 8). Özellikle karmaşık yüzeylerin, organik şekillerin ve detaylı geometrik yapıların modellenmesinde kullanılmaktadır. Rhino, endüstriyel tasarım, mimarlık, otomotiv tasarımı, gemi inşaatı ve diğer birçok alanda karmaşık

üç boyutlu modeller oluşturmak için tercih edilmektedir. Özellikle, nurbs tabanlı modelleme ve parametrik tasarım konusunda sunduğu esneklikle birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Sanat ve heykel tasarımı alanında dijital sanat eserleri ve heykeller için modelleme yapılırken, animasyon ve oyun tasarımında üç boyutlu karakterler ve çevre modelleri oluşturulmasında tercih edilmektedir. Ayrıca denizcilik sektöründe tekne gövdeleri ve deniz araçlarının hidrodinamik analizlere uygun şekilde tasarlanması için yaygın bir araçtır.



Resim 2.6. Rhino Arayüz

Kaynak: (İ-Akademi, 2024)

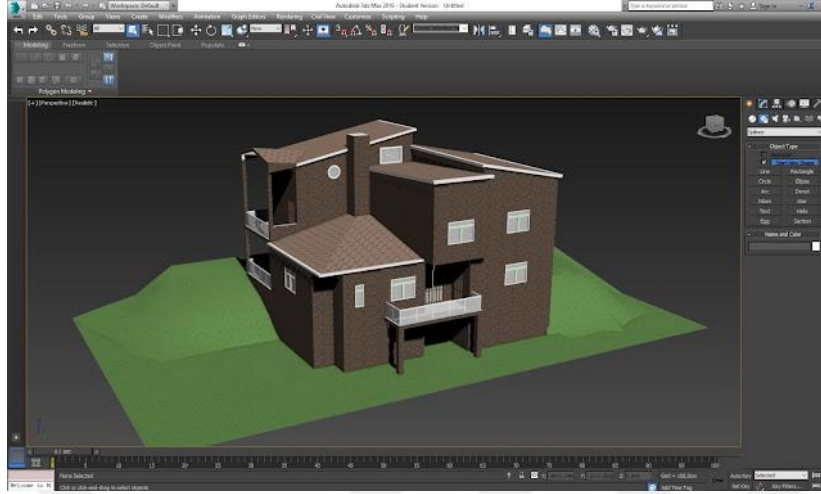
3.2. 3D Max

3D Max, Autodesk tarafından geliştirilen bir üç boyutlu modelleme, animasyon ve render alma sürecinde kullanılan bir yazılımdır. Oyun geliştirme, film prodüksiyonu, mimari görselleştirme ve grafik tasarım gibi alanlarda kullanılır. Kullanıcılar, karakter animasyonu, görsel efektler ve detaylı üç boyutlu sahneler oluşturmak için 3D Max'i tercih etmektedirler.

Doku ve malzeme oluşturma konusunda kapsamlı araçlar sunan, objelerin yüzey özelliklerini belirlemek için materyal editörünü kullanarak dokuyu oluşturmaktadır. Gelişmiş malzeme özellikleri ile simüle etmelerini sağlarken, daha gerçekçi görseller elde edilmektedir.

3DS Max, animasyon oluştururken klasik anahtar kare yöntemiyle çalışmaktadır. Zaman doğrusu üzerinde belirli noktalarda verilen değerler arasındaki geçişleri otomatik olarak yapmakta ve Curves Editor aracıyla bu geçişlerin hassas ayarlarını yapmayı mümkün kılmaktadır (Türker, 2013: 15). Özellikle mimari görselleştirme ve tasarım süreçlerinde yaygın olarak kullanılan güçlü bir üç boyutlu modelleme, animasyon ve render yazılımıdır. Mimari projelerde, binaların, iç mekanların ve dış mekanların detaylı üç boyutlu modellerini oluşturmak için tercih edilmektedir. Program, sunduğu geniş araç yelpazesi ve esnek çalışma

özellikleriyle mimarların, tasarımcıların ve görselleştirme uzmanlarının iş akışını kolaylaştırmaktadır.

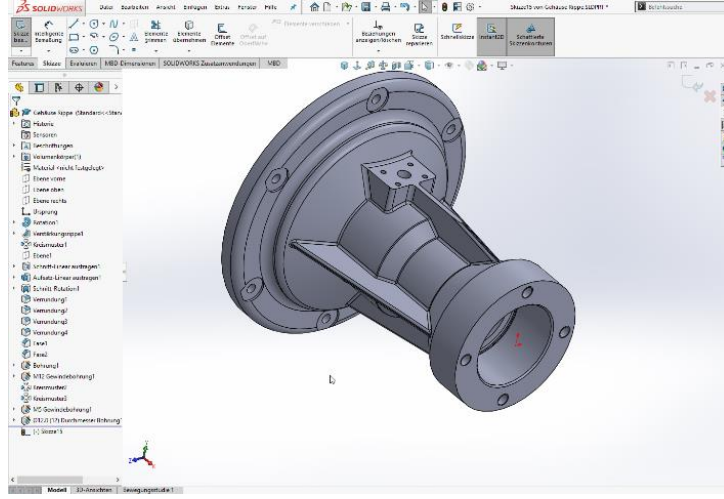


Resim 2.7. 3D Max Arayüz

Kaynak: (3dmcy, 2024)

3.3. Solidworks

SolidWorks, mekanik tasarım ve mühendislik için kullanılan üç boyutlu bir çizim programıdır. Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) yazılımları, tasarımların sanal ortamda üç boyutlu modeller olarak oluşturulmasını sağlamaktadır. Bu modeller, daha sonra test edilip analiz edilerek üretim sürecine hazırlamaktadır. Solidworks ise bu süreci daha hızlı, verimli, analiz ve prototip süreçleri iyileştirip, kontrol etmek ve gerçekleştirebilmek için geliştirilmiş, yaygın olarak kullanılan güçlü bir araçtır (ABK Teknik, 2023: 1). Ürün tasarımı, mühendislik simülasyonu gibi alanlarda kullanılmaktadır. Özellikle üç boyutlu çizimi yapılan model parçalarının, yine bilgisayar ortamında montajlarının yapılmasıyla tasarım sürecini hızlandırmakta, SolidWorks'ün mekanik tasarım, simülasyon ve teknik resim oluşturma gibi temel işlevleri, endüstriyel kullanım alanlarında üç boyutlu modelleme sürecini kolaylaştırmaktadır. Ayrıca, oluşturulan modeller üzerinde gerilme, dayanıklılık, akış analizi gibi mühendislik simülasyonları yapılmasına olanak sağlamaktadır.



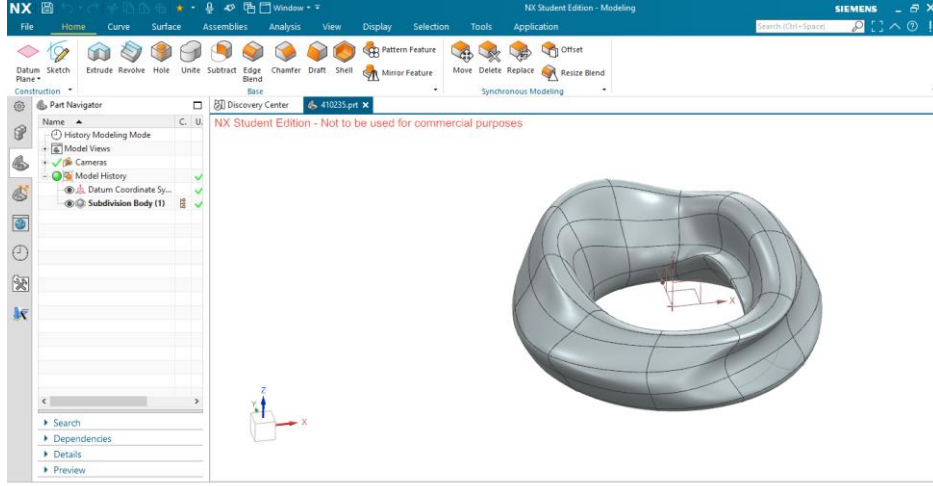
Resim 2.8. Solidworks Arayüz

Kaynak: (Top Cad Center, 2021)

3.4. Siemens NX

Siemens NX, gelişmiş CAD/CAM/CAE (Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing/Computer-Aided Engineering) yazılımıdır. Ürün tasarımı, mühendislik analizleri, üretim planlaması ve otomasyon süreçleri için kullanılır. Otomotiv ve havacılık endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Seramik sektöründe özellikle klozet ve lavabo kalıplarının modellenmesinde tercih edilmektedir. Karmaşık geometrilerin ve yüzeylerin üç boyutlu olarak modellenmesinde yüksek verimlilik sağlamaktadır.

Parametrik modelleme, doğrudan modelleme, montaj tasarımı ve teknik resim çıkarma gibi kapsamlı CAD özellikleri sunmaktadır. Bu esneklik sayesinde, hem basit parça tasarımlarında hem de çok parçalı, büyük montajlarda kullanılabilir. Siemens NX, gelişmiş özellikleri sayesinde, endüstriyel tasarım, mühendislik ve üretim süreçlerinde kullanıcılarına kapsamlı ve entegre bir çözüm sunmaktadır.



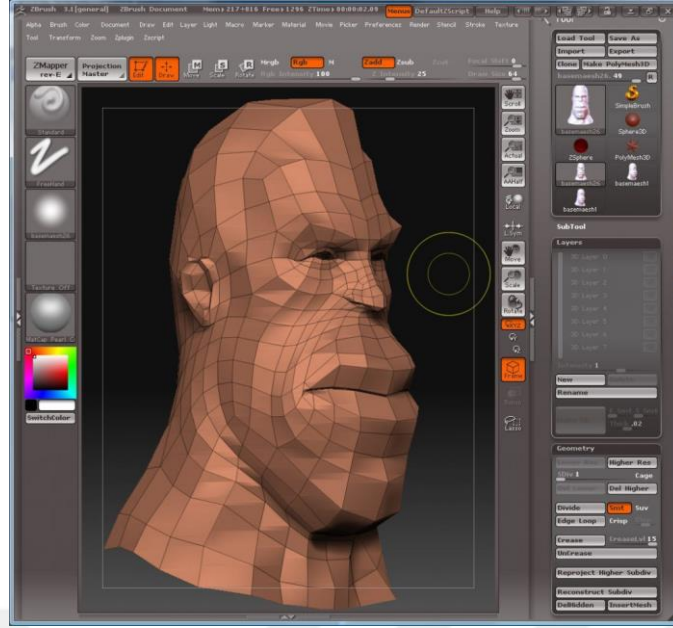
Resim 2.9. Siemens NX Arayüz

Kaynak: (Çil, 2023)

3.5. Z-Brush

ZBrush, Pixologic tarafından geliştirilen bir dijital heykel ve üç boyutlu modelleme yazılımıdır. Organik modelleme ve detaylı heykel çalışmaları için kullanılmaktadır. Oyun ve film endüstrisinde karakter tasarımı, konsept sanatı ve yüksek detaylı üç boyutlu modellerin oluşturulmasında yaygın olarak tercih edilmektedir. Her bir yazılım, belirli bir tasarım ve mühendislik ihtiyacını karşılamak için farklı özellikler ve araçlar sunabilmektedir. Bu nedenle, hangi yazılımın kullanılacağı, projenin gereksinimlerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Sanal çamur kullanılan programlar, dijital modelleme yaparak gerçekçi heykeller veya tasarımlar oluşturmanıza olanak tanımaktadır. Bu tür yazılımlarda, doku kaplama, detaylandırma ve boyama araçlarıyla çalışarak modellerinizi daha gerçekçi hale getirilmektedir. Film stüdyoları, oyun geliştiricileri ve dijital heykel sanatçıları bu programları yaratıcılığı desteklediği ve profesyonel sonuçlar elde etmeyi kolaylaştırdığı için tercih etmektedir (Erzincan, 2018:40).



Resim 2.10. Z-Brush Arayüz

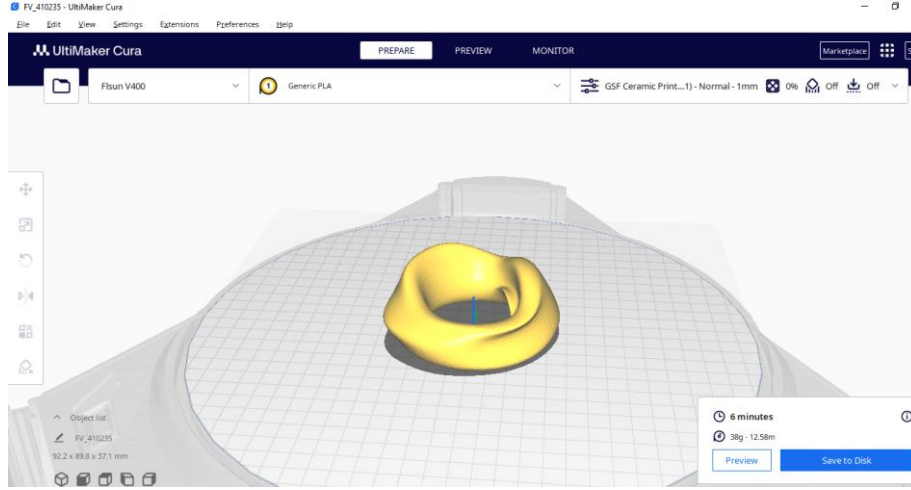
Kaynak: (Animanya, 2020)

4. Üç Boyutlu Yazıcı Dilimleme Programları

4.1. Cura

Cura, Ultimaker tarafından geliştirilen bir dilimleme yazılımıdır. Bu yazılım üç boyutlu modelleri dilimleyerek, yazıcıların anlayabileceği G-kod dosyalarına dönüştürmektedir. Model dosyalarını yazıcıya uygun şekilde düzenleyerek baskıya hazır hale getirmektedir. Yazılım, STL, OBJ gibi yaygın üç boyutlu dosya formatlarını desteklemekte ve bu dosyaları dilimleyerek yazıcıya özel G-code dosyasına dönüştürmektedir. Her yazıcıya göre dilimleyici ayarlarını bu programda bulabilmek mümkündür. Cura, kullanıcıların yazıcı ayarlarını kolayca yapılandırmalarına ve katman yüksekliği, dolgu oranı, hız gibi birçok parametre üzerinde ayar yapabilmemize olanak sağlamaktadır. Bu özellik, baskı kalitesini ve süreyi kontrol etme imkânı sunmaktadır.

Cura, basit arayüzü, geniş ayar seçenekleri ve çok sayıda yazıcıyla uyumluluğu sayesinde, üç boyutlu baskı için ideal bir dilimleme programıdır.



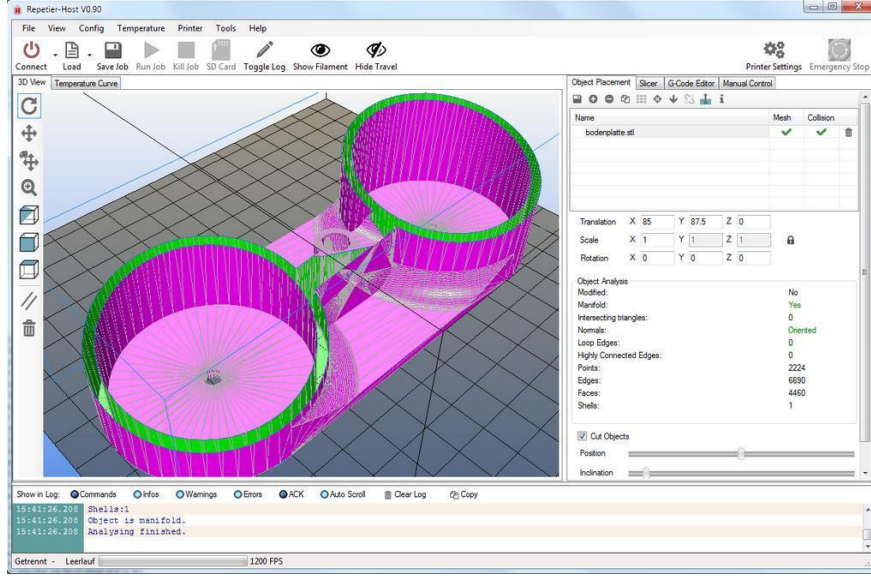
Resim 2.11. Cura Arayüz

Kaynak: (Çil, 2023)

4.2. Repetier

Üç boyutlu yazıcıları kontrol etmek ve dilimlemek için kullanılan bir diğer yazılım Repetier programıdır. Yazıcı ayarları, filament tercihlerinden baskı hızına kadar birçok faktör üzerinde kontrol sağlamaktadır. Repetier yazılımı, baskıya geçmeden önce STL formatındaki CAD modellerini Slic3r gibi bir dilimleme programıyla düzenlemeyi gerektirmektedir. Bu, baskının doğru ve verimli bir şekilde yapılabilmesi için önemlidir (Öğütölmüş, 2017: 26).

Repetier-Server entegrasyonu sayesinde uzaktan erişim imkânı vardır. Bu özellik, kullanıcıların yazıcılarını internet üzerinden izlemelerini ve kontrol etmelerini sağlamaktadır. Örneğin Cura, genellikle sadece dilimleme sunar ve yazıcı kontrolü özellikleri daha sınırlıdır. Repetier, çok ayrıntılı yazıcı kalibrasyon ve parametre ayarlarına sahiptir. Nozzle sıcaklığı, hız, katman yüksekliği gibi standart ayarların yanı sıra, baskı sırasında hız ve sıcaklık gibi parametreleri değiştirerek daha hassas baskı kontrolü sağlanabilmektedir. Bu, özellikle karmaşık veya detaylı modellerde baskı kalitesini artırmak için tercih edilmektedir.

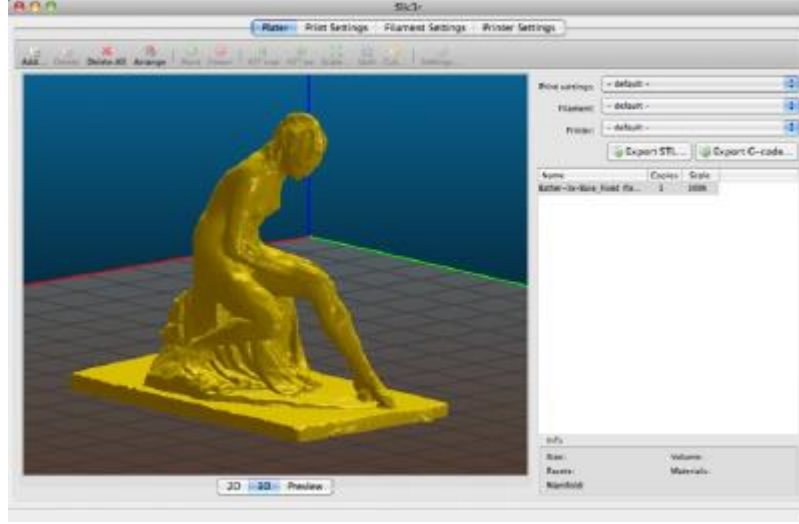


Resim 2.12. Repetier Arayüz

Kaynak: (Repetier, 2024)

4.3. Slic3r

Slic3r, üç boyutlu yazıcılar için kullanılan bir dilimleme yazılımıdır ve FDM tipi yazıcılarla uyumludur. Bu program, üç boyutlu modelleme yazılımlarında oluşturulan STL formatındaki modelleri, üç boyutlu yazıcıların anlayabileceği G-code formatına dönüştürerek yazdırılabilir hale getirmektedir. Slic3r, modeli yatay katmanlara bölerek her katman için gerekli hareket yollarını oluşturmakta ve malzemenin ne kadar ekstrüde edilmesi gerektiğini hesaplamaktadır (Slic3r, 2024). Basit bir arayüze sahip olmasına rağmen oldukça güçlü özellikler sunmakta ve kullanıcıların yazdırma ayarlarını detaylı bir şekilde özelleştirmesine olanak tanımaktadır. Slic3r, katman kalınlığı, baskı hızı, doluluk oranı, destek yapıları ve filament özellikleri gibi parametrelerin ayarlanmasını sağlamaktadır. Ayrıca çok malzemeli yazdırma, uyarlanabilir katman yüksekliği, düzlemsel kesme ve gelişmiş dolgu desenleri gibi yenilikçi özelliklere sahiptir. Endüstriyel üretim ve prototip geliştirme süreçlerinde otomotiv, havacılık ve uzay, elektronik, mimarlık ve inşaat sektörlerinde mimari modellerin ve modüler yapıların üretiminde önemli bir araçtır.



Resim 2.13. Slic3r Arayüz

Kaynak: (Slic3r, 2024)

5. Seramik Üretim Sürecinde Kullanılan Üç Boyutlu Yazıcılar

Üç boyutlu yazıcılar, eğlenceden animasyona, tıptan mimariye kadar pek çok sektörde yaygın olarak kullanılan gelişmiş teknolojik araçlardır. Genellikle termoplastik malzemeler (örneğin ABS ve PLA) ile çalışmalarıyla bilinirler, ancak günümüzde metal, reçine ve çamur gibi farklı malzemeleri de işleyebilen çeşitleri bulunmaktadır. Bu durum, üç boyutlu yazıcıların kullanım alanlarını ve potansiyellerini önemli ölçüde genişletmektedir (Kayalıoğlu, 2020: 30).

Seramik üretim sürecinde üç boyutlu yazıcılar, geleneksel yöntemlere alternatif olarak, daha hızlı ve esnek üretim imkânı sunmaktadır. Üç boyutlu yazıcılar, seramik malzemeleri katman katman bir araya getirerek karmaşık ve detaylı formlar oluşturmaktadır. Birçok farklı malzeme ile üretim yapabilen üç boyutlu yazıcıların yeni kullanım alanlarından biri de seramiktir. Üç boyutlu yazıcılar yardımıyla ürünü inşa etme aşamasından önce bilgisayar ortamında ürünün modeli çizilmektedir. Bilgisayar ortamında çizimi yapılan modelin daha sonra üç boyutlu yazıcılar tarafından yüzey olarak algılanabilmesi için dijital ortama aktarılan modelin daha sonra üç boyutlu yazıcılar tarafından yüzey olarak algılanabilmesi için yine çeşitli dilimleyici yazılımlar kullanılarak analizleri yapılmaktadır (Kılıç, 2019: 24). Yüzeyin yapısı, kalınlığı, katmanlar hakkında bilgileri bir dosya olarak kaydedilerek üç boyutlu yazıcıya aktarılacak hale getirildikten sonra üretim aşaması başlamaktadır.

Seramik malzemeyle çalışan üç boyutlu yazıcılar, endüstriyel üretim süreci için çok uygun değildir. Bunun nedeni ise bir ürünün şekillendirilmesi için gereken baskı süresinin oldukça fazla olması, aynı zamanda seramik malzemenin üç boyutlu yazıcılarda kullanımının

oldukça zor olmasıdır. Endüstriyel seramik üretim sürecinde kompozit ya da plastik malzeme ile çalışan üç boyutlu yazıcılar daha çok prototip oluşturma amacıyla kullanılmaktadır. Bu geleneksel seramik üretim yöntemlerine göre birçok avantaj sağlayarak tasarım sürecini hızlandırmakta, üretim öncesi hataların tespit edilmesine ve daha az maliyetle daha kısa sürede üretim yapılmasına olanak tanımaktadır. Farklı formlar, dokular ve yapısal özellikler, yazıcıların sunduğu parametrelerle kolayca değiştirilebilmekte ve tasarım sürecinin daha yenilikçi ve deneysel bir hale gelmesini sağlamaktadır.

Prototip amaçlı kullanımın amacı ise, tasarımcıların fikirlerini hızlı bir şekilde somut hale getirmelerine olanak tanımaktır. Geleneksel yöntemlerle, bir tasarımın fiziksel bir örneğinin üretilmesi zaman alıcı ve maliyetli olabilmektedir. Ancak üç boyutlu yazıcılar, daha az malzeme ile daha kısa sürede tasarımın son halini somut bir şekilde elde edebilme fırsatı sunmaktadır.

Bu teknolojinin sağladığı temel avantajlar, özgün tasarımlar oluşturma imkânı, düşük maliyetli prototip üretimi ve kişiselleştirilebilir ürünlerin hızlı bir şekilde üretilmesi olarak öne çıkmaktadır. Üç boyutlu yazıcıların üreticiler tarafından prototip üretiminde kullanılmasının temel nedenlerinin başında esneklik, düşük maliyet ve zaman tasarrufu gelmektedir (Çallı & Taşkın, 2015). Butik üretimlerde ise üç boyutlu yazıcılar, sınırlı sayıda üretilen özel ürünler için mükemmel bir çözüm sunmaktadır. Kişiye özel tasarımlar, özelleştirilmiş hediyelik eşyalar hem hızlı hem de ekonomik bir üretim süreci sağlamaktadır. Geleneksel kalıp ve seri üretim süreçlerinin maliyetli olduğu bu tür üretimlerde, kalıplama ve manuel işçilik gibi zaman alıcı süreçlere ihtiyaç duyulmaması, prototipten nihai ürüne kadar olan süreci hızlandırmaktadır. Üç boyutlu yazıcılar düşük adetlerde üretim için uygun bir seçenek oluşturmaktadır. Ayrıca sürdürülebilirlik açısından da avantajlıdır; üretim sırasında malzeme israfını minimuma indirerek çevreye duyarlı bir çözüm sunmaktadır.



Resim 2.14. Butik Atölyede Üç Boyutlu Yazıcı ile Üretilmiş Kupa

Kaynak: (Madexbinary, 2022)

Sonuç olarak, üç boyutlu yazıcılar, seramik üretim sürecinde prototip amaçlı kullanım için değerli bir araçtır. Geleneksel yöntemlerde kalıp yapımı ve elle modelleme gibi zaman alıcı süreçler gerekliken, üç boyutlu yazıcılar sayesinde tasarımdan üretime doğrudan geçiş sağlanmaktadır. Bu süreç, özellikle ürün geliştirme aşamalarında tasarım doğrulama, model üzerinde tasarım değişiklikleri, uyumu ve estetik değerlendirmeler için büyük avantaj sağlamaktadır. Bu teknoloji, seramik sanatçıları ve tasarımcıları için yaratıcılıklarını ifade etme fırsatı sunarken, aynı zamanda endüstriyel üretimdeki verimliliği arttırmaktadır.

6. Seramik Malzeme ile Çalışma Prensibine Sahip Üç Boyutlu Yazıcılar

Üç boyutlu yazıcılar, kullanım alanlarına göre üretim süreçlerinde farklı malzeme ile çalışma prensiplerine sahiptir. Bunlardan bir tanesi de seramik malzeme ile çalışan üç boyutlu yazıcılardır. Bu yazıcılar, özellikle sanatsal üretimlerde büyük bir potansiyel sunmaktadır. Bu yazıcılar sayesinde geleneksel seramik üretim yöntemleri ile yapımı zor olan formlar katmanlı üretim yapılabilmektedir.

On yıldan fazla bir süredir, katmanlı üretim teknolojileri seramik alanında yenilikçi ürünlerin geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Üç boyutlu nesnelerin katman katman üretilmesi sayesinde, neredeyse her türlü karmaşık yapıya sahip ürün üretilebilir hale gelmiştir (Klocke, vd., 2003: 447)

Malzemenin kalitesi, nihai ürünün dayanıklılığı ve estetik görünümünü doğrudan etkilemektedir. Seramik malzeme ile çalışan üç boyutlu yazıcıların malzemeleri üç boyutlu yazıcının çalışma prensibine göre değişiklik göstermektedir. Örneğin, toz bağlama ve SLA yönteminde özel bir toz ve reçine kullanılırken harç yığma yönteminde ise gelenek yöntemlerle şekillendirme de kullanılan plastik seramik çamuru kullanılmaktadır.

Seramikte üç boyutlu baskı üretiminde, malzemelerin özelleştirilmesi ve bu malzemeleri basabilen makinelerin uyumlu hale getirilmesi süreci hız kazanmasa da, yeni üretim sistemleri ve malzemelerin geliştirilmesi açısından oldukça yenilikçi bir sektör oluşmaktadır. Ayrıca, geleneksel üretim yöntemlerinin daha düşük maliyetle ve kolay bir şekilde yapılmasına katkı sağlaması bakımından da büyük önem taşımaktadır (Işıktaş, 2018: 1200).

Seramik malzeme ile çalışan üç boyutlu yazıcılar, seramik çamur veya toz gibi hammaddeleri katmanlı üretim yöntemiyle şekillendirilmektedir. Bu yazıcılar, genellikle nozzle veya bağlayıcı püskürtme yöntemlerini kullanılmaktadır. Süreç, seramik çamurun bir tasarım modeline uygun olarak katman katman uygulanmasıyla başlamaktadır. Sonrasında, üretilen parça kurutulmakta ve ardından fırınlanarak sertleşmesi sağlanmaktadır. Bu yöntem, karmaşık geometrilere yüksek hassasiyet sağladığı ve seramiğin dayanıklılık, estetik ve ısıya direnç gibi özelliklerini koruduğu için mimarlık, sanat ve mühendislik alanlarında yaygın olarak tercih edilmektedir.

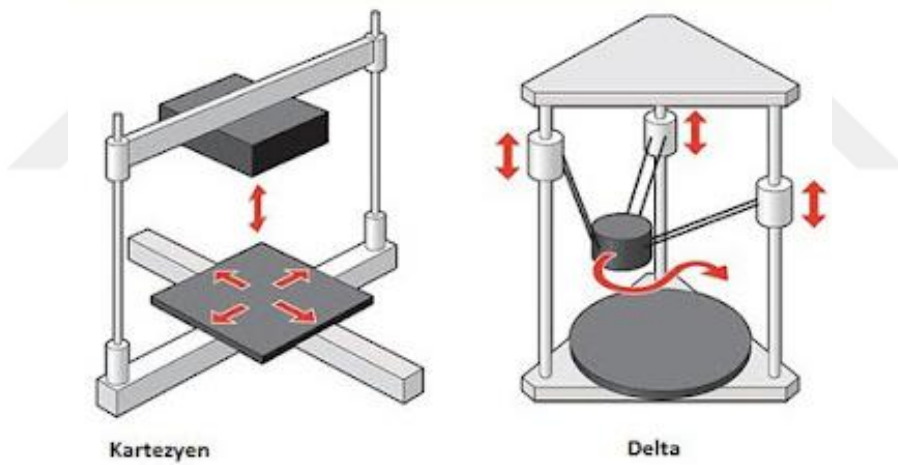
6.1. Harç Yığma Yöntemi FDM

Seramik malzemelerle yapılan üç boyutlu baskı sürecinde kullanılan harç yığma yöntemi, seramiğin katman katman birleştirilmesi prensibine dayanmaktadır. Farklı çalışma prensiplerine sahip bu yazıcılar, seramik baskıda farklı avantajlar ve kullanım alanları sunmaktadır. Seramikte Harç Yığma Yöntemi (FDM), seramik çamurunun katman katman biriktirilerek şekillendirilmesine dayanan bir üretim tekniğidir. Bu yöntemde, önceden hazırlanmış seramik çamuru, bir nozzle başlığı aracılığıyla baskı tablasında kontrollü bir şekilde çizilen tasarıma göre şekillendirilmektedir.

Bu yöntemin çalışma prensibi, çamurun kıvamı, basınç miktarı ve buna bağlı olarak da çamurun akış hızı ile ilgilidir. FDM tipi seramik yazıcılarda kullanılan çamur, geleneksel şekillendirme yöntemlerinde kullanılan plastik özelliklere sahip vakumlu bir çamur olmalıdır.

FDM yönteminde, yazdırma başlıkları X, Y ve Z eksenlerinde hareket edebilme yeteneğine sahiptir. Erime noktasının hemen üzerindeki sıcaklığa kadar ısıtılan malzeme, ekstrüzyon işlemiyle platforma aktarılmakta ve hızla katılaşmaktadır. Ardından yazdırma başlığı Z ekseninde yukarı hareket ederek, daha önce katılaşmış olan malzemenin üzerine yeni katmanlar ekler. Bu süreç tekrarlanarak üç boyutlu üretim katman katman tamamlanmaktadır (Hao vd., 2010: 57).

FDM teknolojisinin avantajları arasında fonksiyonel parçaların üretilebilmesi, minimum malzeme israfı, destek malzemesinin kolayca çıkarılabilmesi ve malzeme değişiminin pratik olması yer almaktadır. FDM teknolojisinin dezavantajlarından biri, süreç çözünürlüğünün sınırlı olması sebebiyle parçaların yüzey kalitesinin diğer hızlı prototipleme sistemlerine göre daha düşük olmasıdır. Bir diğer dezavantaj ise inşa sürecinin yavaş olmasıdır; çünkü her katmanın tüm kesit alanı yapı malzemesiyle doldurulmak zorunda olmasıdır. Ayrıca, öngörülemeyen büzülme problemleri de FDM teknolojisinin kullanımında karşılaşılan zorluklardan biridir (Yu, 2013: 9).

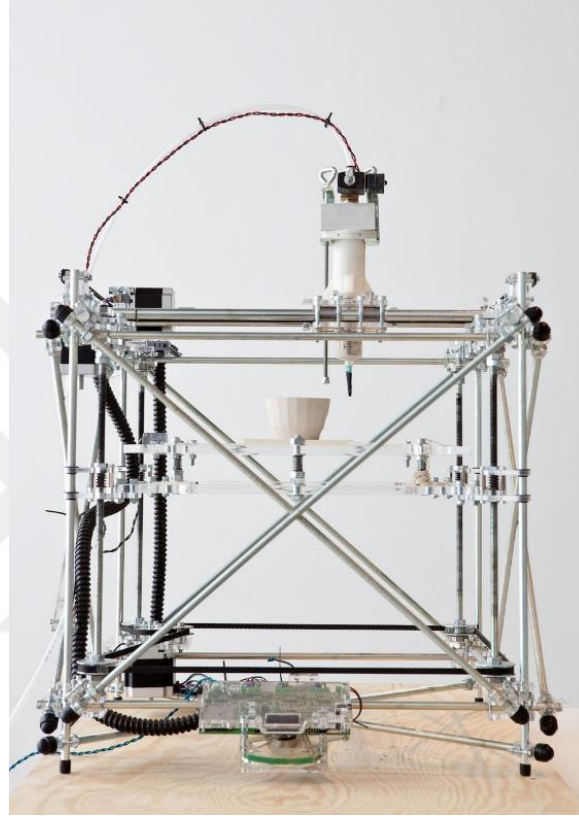


Resim 2.15. Kartezyan ve Delta Tipi Printer

Kaynak: (Hitit3D, 2016)

FDM teknolojisini kullanan yazıcılar, kartezyen ve delta yazıcı gibi farklı türlere ayrılmaktadır. FDM yönteminde kartezyen ve delta tipi yazıcılar, farklı özellikleri ve tasarımlarıyla yaygın olarak kullanılan iki temel makine türüdür. Kartezyen tipi yazıcılar, hareketli bir zemin üzerinde çalışan ve nozzle başlığının sabit kollara bağlı olduğu bir tasarıma sahiptir. Bu yazıcılarda baskı tablasının doğrusal hareketleri ile sabit olan nozzle, Z ekseninde hareket ederek formu şekillendirmektedir.

Kartezyen tipi üç boyutlu yazıcılar, X, Y ve Z eksenlerinde yapılan baskıyı, bu eksenlere yerleştirilmiş mekanik parçaları doğrusal bir şekilde hareket ettirerek gerçekleştirilmektedir. Bunun için, örneğin biçimlendirme zemini Y ekseninde hareket ederken, baskı ucu Z ekseninde yukarı doğru ve X ekseninde de hareket ettirilmektedir. Bu doğrusal hareketler, katmanlı üretim sürecinin doğru ve düzenli bir şekilde tamamlanmasını mümkün kılmaktadır (Demirbaş & Arlı, 2015: 3). Resim 2.16’de kartezyen tipi yazıcı gösterilmektedir.



Resim 2.16. Kartezyan Tipi Yazıcı

Kaynak: (Unfold, 2009)

Delta tipi FDM yazıcılarda zemin sabit kalırken, nozzle, hareketli kollarla üç eksenle eliptik hareket ederek form oluşturmaktadır. Delta tipi yazıcılarda, yazdırma alanı sabit olup, yazdırma kafasının Z eksenindeki hareketi, üç farklı nokta üzerinden step motorlar ile kontrol sağlanmaktadır. Bu yüzden, kartezyen yazıcılardan farklı olarak, X ve Y eksenleri delta yazıcılarda yer almamaktadır (Tatlı, 2020: 11). Bu yazıcı türü, kartezyen tipinin aksine, üç adet diagonal kolun sağladığı hareket sistemiyle çalışmaktadır. Bu yapı, özellikle oval detaylara sahip tasarımların üretiminde yüksek bir biçimlendirme kalitesi sunmaktadır. Delta tipi yazıcılar, seramik gibi malzemelerle çalışmada ve yüksek, karmaşık formlar üretmede kartezyen tipine göre daha üstün performans sergilemektedir. Buna karşılık, kartezyen tipi

yazıcılar yatay ve alçak formların üretimi için daha uygundur. Her iki yazıcı tipinin, tasarım ve üretim gereksinimlerine göre farklı avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu yazıcılar, özellikle seramik çamuru gibi malzemelerin şekillendirilmesi için uyarlanabilmektedir. Delta yazıcıların yapısal tasarımı sayesinde, hareketli parçaların az olması titreşimleri minimuma indirmekte ve baskı sırasında daha kararlı bir performans elde edilmektedir.



Resim 2.17. Delta Tipi Yazıcı Wasp

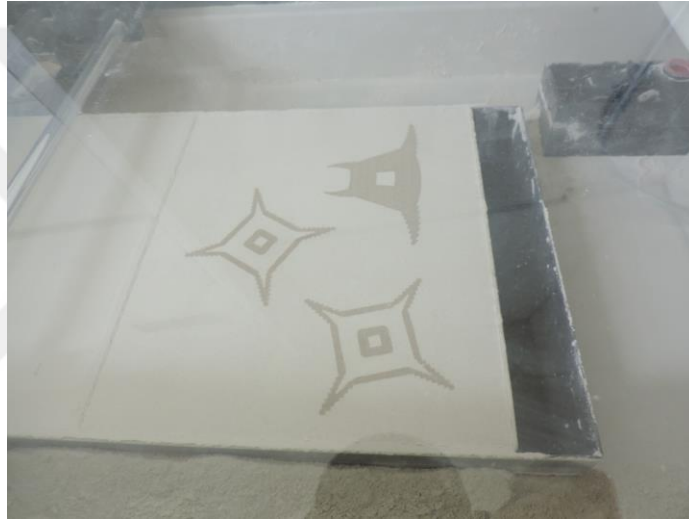
Kaynak: (3dwasp, 2018)

6.2. Toz Bağlama (Powder Binding)

Toz bağlama teknolojisi, yazıcı haznesinde bulunan toz malzemenin ince katmanlar halinde yayılması ve bilgisayar ortamında tasarlanan modelin belirlenen bölgelerinin sinterlenmesi veya yapıştırıcı bir malzeme ile birleştirilmesi prensibine dayanmaktadır. İlk adımda, seramik tozları birleştirilecek malzemeyi oluşturmak üzere belirli oranlarda karıştırılıp ardından, bu toz karışımına yapıştırıcı bir malzeme eklenmektedir. Bu işlem, genellikle bir merdane veya benzeri bir araçla yapılmaktadır. Her bir katman, bir öncekinin üzerine eklenerek şekillendirme devam etmektedir. Bağlanmayan toz parçacıkları, modelin boşlukta kalan kısımlarına destek sağlayarak ek bir destek malzemesine gerek kalmadan üretim tamamlanmaktadır. Bu yöntemde seramik, metal, plastik, naylon ve cam tozu gibi farklı malzemeler kullanılabilir (Küçükerbaş, 2019: 9).

Yatay hareket edebilen çok ağızlı bir püskürtücü, yapıştırıcı ile sabitlenen tozlar, belirli bir düzen içinde, önceden hazırlanan tasarım verilerine uygun bir şekilde uygulanmaktadır. Ardından platform, katman kalınlığı kadar aşağı indirilmekte ve bu işlem katman katman tekrarlanmaktadır. Üretim tamamlandığında, oluşan parça platformdan çıkarılmaktadır. Formun üzerindeki destekleyici fazla tozlar ise fırça veya hava ile temizlenerek parçadan ayrılmaktadır (Apak, 2010: 23).

İşlem tamamlandığında, parçayı çevreleyen ve destek görevi gören toz katmanı temizlenmekte ve nihai sonuç elde edilmektedir (Özgüven, 2015: 173). Genellikle, yazdırma işlemi sonrasında bir sinterleme işlemi gerekmektedir. Bu işlem, parçanın dayanıklılığını artırmak ve istenen mekanik özellikleri elde etmek için yapılmaktadır.



Resim 2.18. Toz Bağlama Yöntemiyle Şekillendirme Aşaması, Zcorp Makine

Kaynak: (Can, 2016)



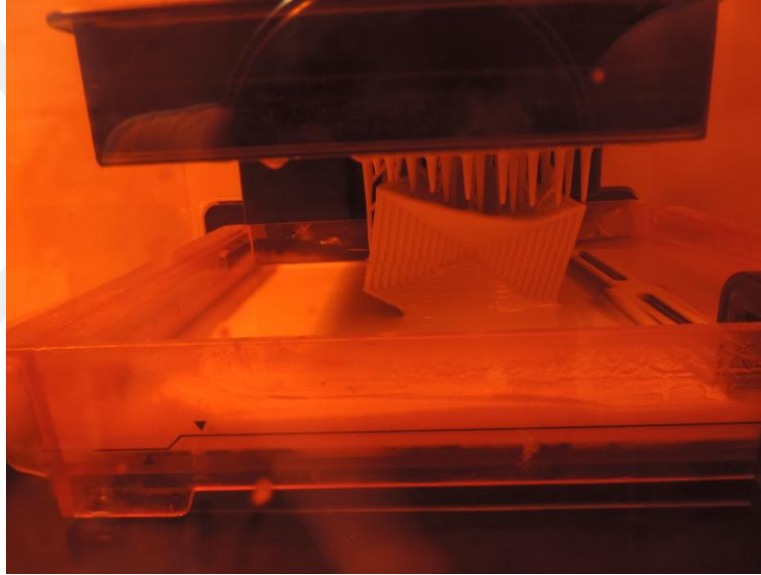
Resim 2.19. Tethon 3D Toz Bağlama Yöntemiyle Şekillendirilmiş Form, 11x21x21 Cm

Kaynak: (Can, 2016)

6.3. SLA Tipi Yazıcılar

SLA tipi yazıcılar, sıvı fotopolimer reçineleri kullanarak katmanlı üretim yapan bir üç boyutlu yazıcı türüdür. Ancak, SLA yazıcılar genellikle plastik malzemeler ile çalışsa da bazı özel formülasyonlar ile seramik bazlı malzemeler de kullanılabilir. Genellikle noktasal UV ışık kaynağı, Lazer ve Projeksiyon kullanılmaktadır. Projeksiyonun diğer yöntemlerden farkı, modelin katmandaki kesit şeklinin tamamını tek bir seferde yansıtmakta ve daha hızlı üretimi gerçekleştirmektedir (Öğütölmüş, 2017: 19).

SLA tipi üç boyutlu yazıcılar, ışııkla kürlleme yöntemi kullanılarak hassas ve detaylı üç boyutlu baskılar yapmaktadır. Bu yöntem, sıvı reçine tank içindeki malzemenin belirli dalga boyundaki UV ışık ile sertleştirilmesi prensibine dayanmaktadır (Tatlı, 2020: 13). SLA teknolojisi çalışma prensibi Resim 2.20’de gösterilmiştir.



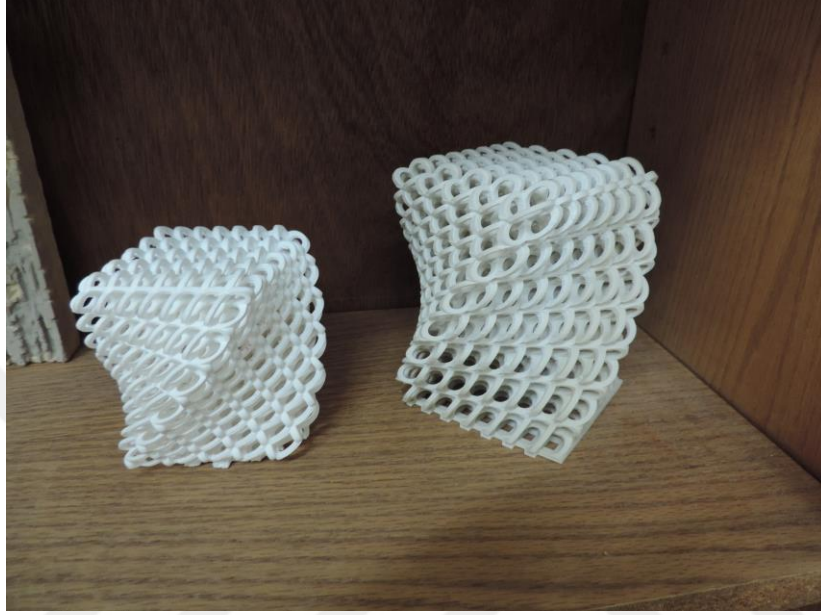
Resim 2.20. Tethon 3D Firmasında SLA Tipi Yazıcıda Şekillendirme Aşaması

Kaynak: (Can, 2016)

SLA süreci, bilgisayar destekli tasarım (CAD) yazılımıyla oluşturulan üç boyutlu modelin katmanlara ayrılmasıyla başlamaktadır. Her katman, modelin ince bir dilimini temsil etmekte ve bu katmanlar, sıvı reçine yüzeyine uygulanan UV lazer ışını ile sertleştirilmektedir (Gibson, 2015: 13)

Baskı işlemi sırasında, lazer veya bir ışık kaynağı, bilgisayar ortamında yapılan tasarımın formuna göre sıvı reçineyi katman katman sertleştirerek şekillendirme işlemini gerçekleştirmektedir. Sertleşmiş katmanlar birikerek üç boyutlu nesneyi oluşturmaktadır. Bu süreçte, her katman tamamlandııkça platform hafifçe yükseltilir böylece yeni bir katman

oluşmaktadır. Şekillendirme işlemi bu şekilde form tamamlanıncaya kadar devam etmektedir. Bu yöntem, daha hassas baskı çözünürlüğü sunması ve uygulama sonrasında ek düzeltmelere ihtiyaç duymaması nedeniyle seramik alanında önemli bir yenilik olarak kabul edilmektedir (Işıktaş, 2018: 12). Maliyeti oldukça yüksek olduğu için daha çok ileri teknoloji seramikler, mücevher tasarımı ve diş hekimliği gibi alanlarda kullanılmaktadır.



Resim 2.21. Tethon 3D Tarafından Geliştirilmiş Porcelite Malzeme İle SLA Tipi Üç Boyutlu Yazıcıda Şekillendirilmiş Formun Pişmiş ve Pişmemiş Halleri

Kaynak: (Can, 2016)

7. Seramik Yazıcıların Avantajları ve Sınırlayıcıları

Yeni üretim tekniklerinden biri olan üç boyutlu yazıcılarda seramik malzeme kullanımı, modern üretim teknikleri arasında dikkat çekici bir yere sahiptir. Bu yazıcılar, farklı malzeme çeşitliliğine göre değişkenlik göstermektedir. Her üretim yöntemine göre farklı formlarda seramik malzemeler geliştirilmiştir. Bu formlar plastik, sıvı ve toz halde olabilmektedir. Her bir yöntem kullanılan malzemeye göre kendi avantajlarını ve sınırlayıcılarını oluşturmaktadır.

Üç boyutlu yazıcıların avantajı, profesyonel veya amatör kullanıcılara prototip yapma kolaylığı sağlamakta, tasarımlarını hızlı ve kolayca somut hale getirebilmekte ve model-kalıp gerektirmeden doğrudan üretim yapabilme imkanı sunmaktadır. Ayrıca, oluşturulan prototiplerin hataları gözlemlerken düzeltme yapılabilmekte ve kullanılan malzemedan minimum hata ile üretim sağlanabilmektedir. Ancak, üretimde kullanılacak malzeme çeşitliliği sınırlıdır, oluşturulan prototiplerin fiziksel özellikleri, renk ve doku kısıtlıdır. Prototipin boyutu

arttıkça maliyetler de yükselmekte ve yüzey hassasiyeti henüz yeterli düzeyde olmayabilmektedir (Yıldırım, 2018).

Sınırlayıcıları; Gelişmiş teknolojiler ve seramik malzemelerin işlenmesi, maliyeti arttırmaktadır. Katmanlı üretim doğası gereği yavaş bir süreçtir. Özellikle büyük parçaların üretiminde zaman alabilmektedir. Fırınlama aşamasında, seramik parçalar küçülme ve çatlama riski taşımaktadır. Bu da tasarımın hassasiyetini etkileyebilmektedir. Bazı seramik formların üç boyutlu yazıcılarla işlenmesi zor olmaktadır.

Üç boyutlu yazıcı baskı yöntemlerinde en çok kullanılan yazıcı tipleri FDM ve SLA tipi yazıcılardır. Fakat FDM ve SLA tipi yazıcılar arasında birçok farklılık vardır. Bu farklılıklar, SLA tipi yazıcı sıvı bazlı, FDM tipi yazıcılarda katı tabanlı hammaddeler kullanmaktadır (Yu, 2013: 3). Seramikte SLA tipi yazıcı, FDM yöntemine göre üstün bir hassasiyet ve yüzey kalitesi sunmaktadır. SLA yazıcı tipi form yüzeyinde mükemmel bir kalite sağlamaktadır. Fakat FDM standart bir yüzey kalitesi sağlamaktadır. SLA yöntemi üretim için yüksek maliyet gerektirirken, FDM teknolojisi SLA yöntemine kıyasla üretim maliyeti daha düşüktür (Chhabra & Sandeep, 2017: 265).

SLA baskı, FDM baskıya göre avantajı daha yüksek çözünürlük, ince detaylar ve estetik açıdan pürüzsüz yüzeyler etmek için tercih edilmektedir. Dezavantajı ise kullanılan seramik malzemelere göre maliyeti yüksek ve renk seçeneğinin daha az olmasıdır.

FDM yönteminde yüzey kalitesi ve detay çözünürlüğü, SLA gibi diğer eklemeli üretim yöntemlerine göre daha düşüktür. Ayrıca, FDM ile üretilen parçaların katmanlar arası yapışma sorunları nedeniyle mekanik dayanımı, diğer tekniklerle üretilen parçalara kıyasla daha zayıf olabilmektedir. Bu durum, belirli uygulamalarda FDM yönteminin tercih edilmesini sınırlayabilmektedir (Mustafa, 2024: 18).

SLA'nın en büyük avantajlarından biri, yüksek hassasiyet ve detaylı yapıların üretimine olanak tanımasıdır. SLA yöntemiyle üretilen parçalar, ince detaylara sahip olup, yüzey kalitesi diğer eklemeli imalat yöntemlerine kıyasla daha üstündür. SLA yönteminin dezavantajları ise, üretim süreci yavaş ilerleyebilir ve büyük parçaların üretimi zaman alabilmektedir. Ayrıca, kullanılan reçineler hem pahalıdır hem de sağlık açısından zararlı kimyasallar içerebilmektedir.

Üç boyutlu yazıcılarla, yazıcının baskı alanının boyutlarını aşan nesneler üretmek mümkün değildir. Bu, üretililecek nesnelerin boyutlarını sınırlandırmaktadır. Daha büyük nesneleri basabilen yazıcılar ise genellikle çok yer kaplamakta ve geniş alanlara ihtiyaç

duymaktadır. Bu nedenle, büyük nesneler genellikle parçalara ayrılarak üretilmektedir. Ancak bu yöntemde, parçaların bir araya getirilip monte edilmesi ek zaman ve çaba gerektirmektedir (Küçüksoğak, 2019: 16).

Seramik yazıcılar, hem sanat hem de endüstriyel üretim için devrim niteliğinde bir teknolojidir. Avantajları, özellikle tasarım özgürlüğü ve özelleştirme imkânı ile öne çıkarken, teknik sınırlamaları ve maliyetleri göz önünde bulundurulmalıdır. Gelecekteki gelişmeler, bu sınırlamaların aşılmasına ve daha geniş bir uygulama alanı yaratılmasına olanak sağlamaktadır.

8. Üç Boyutlu Yazıcılarda Renkli Çamur Kullanımı

Üç boyutlu yazıcılar, seramik üretiminde yenilikçi bir yaklaşım sunarak geleneksel yöntemlere alternatif oluşturmaktadır. Renkli çamurun bu süreçte kullanımı, estetik ve fonksiyonel açıdan özgün tasarımlar yaratma olanağı sağlamaktadır. Renkli çamur, genellikle pigmentlerin çamura karıştırılmasıyla elde edilmektedir. Bu teknik, ürünlerin yüzeyine sonradan boya veya sır uygulamaya gerek kalmadan, çamurun kendisinden gelen renklerin kullanılmasına imkân tanımaktadır. Üç boyutlu yazıcı teknolojisiyle birleştirildiğinde, farklı renklerdeki çamurların aynı üründe katmanlar halinde birleştirilmesi, geçişler ve karmaşık desenlerin üretilmesini mümkün kılmaktadır.

Bu yöntem, özellikle tasarım özgürlüğü ve üretim sürecinde kişiselleştirme açısından avantaj sağlamaktadır. Daha çok sanatsal üretimlerde tercih edilen üç boyutlu yazıcılarda renkli çamur kullanımı yeni bir yaklaşım sunmaktadır. Doğrudan çamur renginin kullanımı, üretim sürecini sadeleştirmektedir.

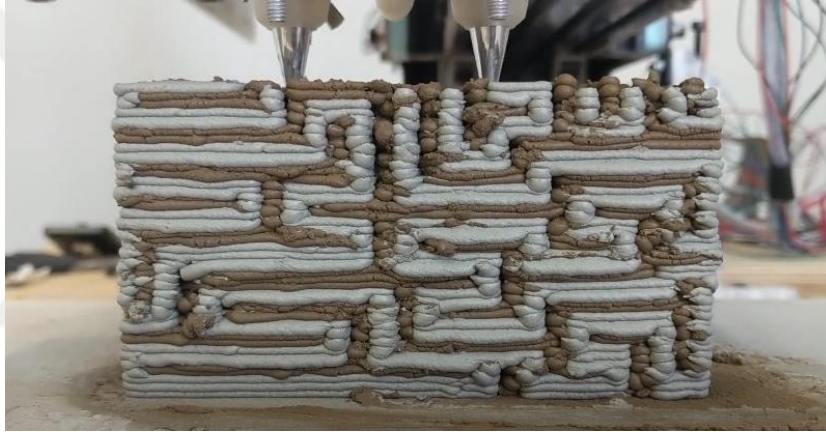
Renkli çamur kullanımı seramik malzemeye çalışan üç boyutlu yazıcı yöntemlerinden FDM yöntemiyle şekillendirme yönteminde kullanılmaktadır. Çünkü bu yöntemde kullanılan çamur geleneksel yöntemlerde de kullanılan plastik vakumlu çamurdur. Diğer SLA ve toz bağlama yöntemlerinde ise farklı malzemeler kullanıldığından renkli çamur kullanımına rastlanılmamıştır.

FDM yönteminde farklı renkli çamurlar kullanılırken, renklerin birbiriyle düzgün bir şekilde birleşmesi ya da geçiş yapması zor olmaktadır. Renklerin karışımı sırasında istenmeyen tonlar oluşmakta veya renk dağılımı düzensiz olmaktadır. Bu, özellikle çok renkli veya desenli baskılar üretirken kontrol edilmesi gereken bir sorundur. Seramik çamurunun FDM yazıcıda kullanılabilmesi için akışkanlık özelliklerinin belirli bir seviyede olması gerekmektedir. Çamur çok sert olduğunda nozzledan düzgün şekilde akmaz, çok sıvı olduğunda katmanlar düzgün bir

şekilde oluşturulamayacaktır. Farklı renkteki çamurları düzgün bir şekilde birleştirmek ve çamurun yazıcıdaki akışkanlığını kontrol etmek, FDM ile renkli çamur baskısında karşılaşılan teknik zorluklardandır.

8.1. Harç Yığma Yönteminde Çift Nozzle Başlığı İle Renkli Çamur Kullanımı

Çift renkli nozzle başlığı, seramik üretiminde iki farklı renkteki çamurun tek bir işlemle birleştirilerek estetik ve fonksiyonel desenlerin oluşturulmasını sağlamaktadır. Bu sistem, nozzle başlığı içerisinde iki ayrı giriş kanalı aracılığıyla farklı renkteki malzemelerin kontrollü bir şekilde beslenmesiyle çalışmaktadır. Kanallar, malzemelerin karışmasını önleyecek şekilde tasarlanmış olup her iki renk ayrı akış yollarından ilerleyerek çıkışta bir araya gelmektedir. Çalışma prensibi, malzemelerin akış hızına ve uygulama yüzeyine göre hassas bir şekilde ayarlanarak renk geçişlerinin istenilen şekilde oluşturulmasına olanak tanımaktadır.



Resim 2.22. Çift Renkli Nozzle Başlığı İle Şekillendirilen Form

Kaynak: (Lauerman, 2019)

9. Seramik Üretim Sürecinde Üç Boyutlu Yazıcı Renkli Çamur Kullanan Sanatçılar

9.1. Emre Can

Emre Can, üç boyutlu seramik yazıcı teknolojisini kullanarak modern seramik sanatına yenilikçi bir yaklaşım getirmektedir. Geleneksel seramik tekniklerini dijital tasarım ve katmanlı üretimle birleştirerek, estetik açıdan dikkat çekici eserler yaratmaktadır. Tasarımlarını bilgisayar destekli yazılımlar aracılığıyla dijital ortamda şekillendirmekte ve bu modelleri üç boyutlu yazıcılara aktararak katman katman inşa etmektedir. Yazıcının hassasiyetini kullanarak, karmaşık formlar ve detaylı yüzeyler oluşturabilmektedir. Özellikle renkli seramik çamurlarını tank içerisine yerleştirerek, her katmanda farklı renklerin ve dokuların birleşmesini

sağlamaktadır. Bu sayede, geleneksel yöntemlerle elde edilemeyecek kadar ince işçilik ve estetik çeşitlilik sağlamaktadır. Üç boyutlu yazıcıların sunduğu esneklik sayesinde, seramikte hem sanatsal hem de teknik açıdan daha özgür ve yaratıcı bir ifade biçimi keşfetmektedir.

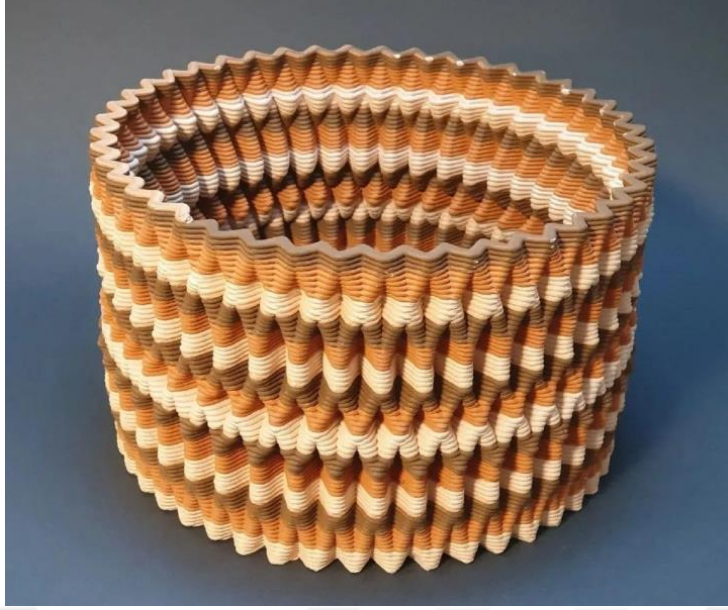


Resim 2.23. Selçuklu Buz Mavis'i, Üç Boyutlu Yazıcı Baskı ve Elle Şekillendirme, 1230°C, 30 x 22 x 19 Cm

Kaynak: (Can, 2017)

9.2. Piotr Wasniowski

Piotr Wasniowski, üç boyutlu yazıcılar kullanarak seramik eserler üretmektedir. Üç boyutlu yazıcıları kullanarak renkli çamurla seramik eserler yaratırken, dijital üretim tekniklerini geleneksel seramik sanatıyla harmanlamaktadır. Renkli çamur ile yaptığı işler, genellikle soyut formlar ve karmaşık yapılar içermektedir. Tasarımlarını dijital ortamda oluşturmakta ve bu tasarımları üç boyutlu yazıcıya aktararak, renkli çamurları katman katman inşa etmektedir. Sanatçının amacı, geleneksel çömlekçilik yöntemlerini ortadan kaldırmak değil, üç boyutlu baskı teknolojisini kullanarak seramik sanatına yeni ve daha önce mümkün olmayan yaratıcı olanaklar eklemektir. Bu sayede, çamur ile çalışmanın sınırlarını genişletmeyi ve farklı formlar keşfetmeyi hedeflemektedir (The Potters Cast, 2023). Bu teknik, Wasniowski'ye renklerin, dokuların ve formların keskin bir şekilde kontrol edilebildiği özgün ve yenilikçi seramik eserler üretme imkânı sunmaktadır.



Resim 2.24. Renkli Seramik Çamur Üç Boyutlu Yazıcı Baskı Örneği

Kaynak: (Cast, 2023)

9.3. Jack Hardie

Jack Hardie, doğal formlardan ilham almakta olup seramiklere yaşam ve hareket duygusu vermeyi amaçlamıştır. Başka yöntemlerle elde edilemeyen seramik formların oluşturulmasını mümkün kılan sanatçı sanatı, zanaatı ve teknolojiye alternatif bir yol açmaktadır. Daha büyük ve geniş objeler için katman yüksekliğini arttırmak adına 1 mm'den 16 mm'ye kadar geniş bir nozzle uç kullanmaktadır. Formlarda ve dokularda parçaları canlandırmak için tank içerisine beyaz ve renklendirdiği çamuru yüklemektedir. Çift yazıcı için bir kod oluşturmak amacıyla üç boyutlu bilgisayar destekli programını kullanarak çoğunlukla bitkiler, tohum saksıları veya kabuklarını modelleyerek renklendirilmiştir.



Resim 2.25. Renkli Seramik Çamurunun Üç Boyutlu Yazıcı Baskı Örneği

Kaynak: (Emuseum, 2021)

9.4. Oliver Van Herpt

Olivier van Herpt, kendi tasarlamış olduğu yazıcı ile seramik formlar üretmektedir. Sanatçı daha büyük seramik formlar elde etmek amacıyla “Harç Yığma” (Deposition) prensibi ile çalışan bir makine tasarlamıştır. Sanatçının ilk üretim aşamalarında, üç boyutlu baskı ile üretilen seramik vazo ve kâse yüzeylerinde belirgin katman izleri barındıran pürüzlü bir görünüme sahipti. Fakat zamanla, doku, yüzey, form ve boyut açısından gerçekleştirilen deneyler sayesinde üretim süreci gelişim göstermiştir. Günümüzde, 42 cm çapında ve 80 cm yüksekliğe kadar seramik nesneler üretilebilmekte olup, makine ayarlarının kontrol edilmesiyle farklı estetik ve yüzey özelliklerine sahip formlar elde edilebilmektedir (Van Herpt, 2014). Sanatçı renkli seramikleri şekillendirirken, geleneksel seramik üretim teknikleriyle dijital teknolojiyi birleştirmektedir. Van Herpt, renkli seramik çamurlarını, özel olarak hazırlanmış malzemelerle kullanarak yazıcıyı, her katmanda farklı renkleri ve dokuları hassas bir şekilde birleştirecek şekilde programlamaktadır. Dijital tasarım sürecinde, yazılım kullanarak karmaşık geometrik formlar oluşturmakta ve bu formları yazıcıya aktarmaktadır. Yazıcı, her bir katmanı inşa ederken, Van Herpt’in tasarımlarında istediği renk geçişlerini ve desenleri detaylı bir şekilde işlemektedir. Van Herpt, bu teknolojiyi kullanarak modern seramik sanatında yenilikçi ve özgün çalışmalar üretmektedir.

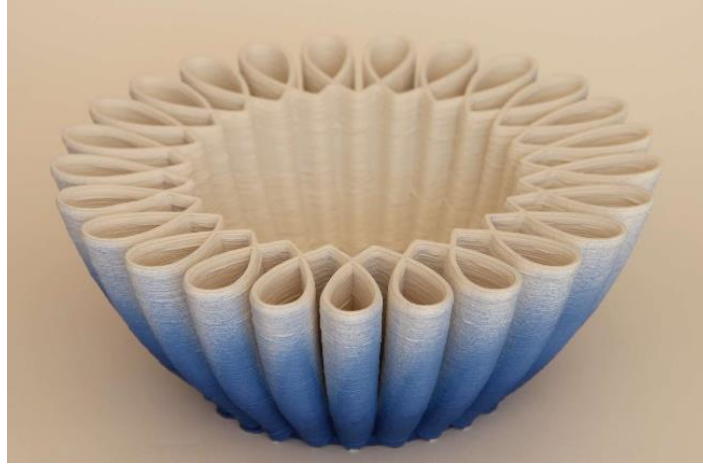


Resim 2.26. Üç Boyutlu Yazıcı Baskılı Mavi Beyaz Porselen Çamur, 2017

Kaynak: (Herpt, 2018)

9.5. Sanver Özgüven

Sanver Özgüven, modellerini yazıcının desteklediği bilgisayar programlarında tasarlarken, çıkış noktası olarak çokgenler ve parabolik biçimlerden yararlanmış olup vazoların taban kısımları için farklı çokgen biçimler çıkış noktasını oluşturmaktadır. Geometrik tasarımlarda bilinçli olarak bazı hatalar yapmaktadır. Üç boyutlu yazıcılarda, renklendirilmiş porselen ile yapılan baskı çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalarında, farklı oranlarda pigmentler ile renklendirilen porselen çamuru kullanmaktadır. Seramik vazoların üretiminde renkli çamurları farklı pişirim aralığında ve farklı derecelerde pişirmektedir.



Resim 2.27. Mavi Beyaz Çiçek Kase, 8x21x21 Cm

Kaynak: (Galeri Soyut, 2019)

9.6. Timea Tihanyi

Timea Tihanyi, geleneksel seramik malzemelerini dijital yazılımlarla birleştirerek geometrik ve organik formlar oluşturmaktadır. Tihanyi, seramik malzemelerini üç boyutlu yazıcılarla şekillendirmek için özellikle özelleştirilmiş ekstrüzyon teknikleri ve dijital tasarım süreçlerini kullanmaktadır. Temel üretim yöntemi, katmanlı üretim teknolojisidir. Bu teknikte, seramik çamuru bir hazneye yerleştirmekte ve özel olarak tasarlanmış üç boyutlu yazıcılarda basınç yardımıyla ince katmanlar halinde yüzeye uygulanmaktadır. Bu süreçte, malzemenin doğasından kaynaklanan pürüzler, dalgalanmalar ve katmanlar arasında oluşan küçük deformasyonlar, eserlerine organik ve yaşayan bir estetik kazandırmaktadır.

Örneğin, daha ince kıvamda çamur kullanarak pürüzsüz ve hassas yüzeyler yaratırken, daha yoğun kıvamda malzeme kullanarak daha dokulu ve üç boyutlu etkiler elde etmektedir. Sanatçı, parametrik tasarım süreçlerinde Grasshopper yazılımının sağladığı esneklikten yararlanarak seramik yüzeylere kumaş desenlerini aktarmaktadır. Tasarım aşamasında siyah ve beyaz şablonlar şeklinde programa tanımlanan desenler, seramik yüzey üzerinde belirli yüksekliklerde kabartmalar oluşturacak şekilde modellemektedir. Bu yöntemle yüzeyde hem görsel hem de dokunsal bir doku elde etmektedir. Daha sonra, oluşturulan bu kabartmalar ve katmanlar arasındaki alanlar, sanatçının müdahalesiyle renklendirilerek yüzeye estetik bir derinlik kazandırılmıştır (Özgüven, 2022: 310).



Resim 2.28. Üç Boyutlu Yazıcı Baskılı Mavi Beyaz Porselen Çamur

Kaynak: (Tihanyi, 2024)

9.7. Brian Peters

Brian Peters, renkli seramikleri üç boyutlu yazıcılarda üretirken, seramik malzemeleri dijital teknolojilerle birleştirerek yenilikçi ve sanatsal tasarımlar yaratmaktadır. Üç boyutlu yazıcıları kullanarak, seramik çamurunu katman katman inşa etmektedir. Tasarımlarını dijital ortamda üç boyutlu geometrilere dönüştürülerek somut bir hale getirmektedir. Parametrik tasarım süreci, fiziksel malzemeyle çalışılmadan önce ölçek, boyutlar ve genel form ile karmaşık dolgular arasındaki ilişkiyi keşfetmeye olanak tanımaktadır. Bu aşama, tasarımın estetik ve fonksiyonel açıdan daha derinlemesine bir analizini yapmasını sağlamaktadır (Peters, 2024). Tasarımlarını, özel olarak formüle edilmiş renkli seramik çamurlarıyla yapmakta ve bu çamurları yazıcı ile şekillendirmektedir. Yazıcı, her katman üzerinde çok hassas bir şekilde çalışarak, farklı renklerdeki çamurları birleştirir ve karmaşık geometrik şekiller ile organik formlar ortaya çıkarmaktadır. Bu süreç, geleneksel el işçiliği tekniklerine nazaran daha hızlı ve daha hassas bir üretim sunmakta olup renklerin ve dokuların uyumlu bir şekilde birleştiği özgün seramik eserler yaratmaktadır.



Resim 2.29. Renkli Seramik Çamur Üç Boyutlu Yazıcı Baskı Örneği

Kaynak: (3dprinting, 2023)

9.8. Hilda Piazzolla

Hilda Nilsson, renkli seramik çamurunu şekillendirmek için yaratıcı bir süreç ve özgün teknikler kullanmaktadır. Nilsson'un çalışmaları, seramik sanatında renk ve formu ön plana çıkararak modern bir yaklaşım sergilemektedir. Renkli seramik çamurunu elde etmek için porselen çamuruna, farklı renklerdeki pigmentler veya oksitler eklemektedir. Bu işlem, çamurun renkli bir homojen dokuya sahip olmasını sağlamakta ve eserin baştan sona renkli bir yapıya sahip olmasına olanak tanımaktadır. Çalışmalarında genellikle üç boyutlu yazıcıda katmanlı üretim tekniğini kullanmaktadır. Farklı renklerde hazırlanmış çamur katmanlarını üst üste ekleyerek, iç içe geçen desenler ve dokular oluşturmaktadır. Sanatçı, genellikle sır kullanmadan mat ve doğal bir doku elde etmeyi hedeflemektedir. Bunun yerine, ham renkli çamurun dokusunu ve desenini sergilemeyi tercih etmektedir.



Resim 2.30. Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirilmiş Form

Kaynak: (Piazzolla, 2023)

9.9. Tom Lauerman

Sanatçının üretim süreci, genellikle dijital tasarım aşamasıyla başlar. Renkli seramik çamurunu çift renkli nozzle başlığı ile iki ayrı renk veya tonun aynı anda seramiği şekillendirirken hem kontrastlı hem de harmanlanmış renk geçişleri elde etmektedir. Bu yüzeylerde dinamik bir estetik etkisi yaratmakta ve eserlerin daha derin bir görsel ifadeye sahip olmasını sağlamaktadır. Bu yöntemde seramik çamuru, özel aparatlar ve makineler yardımıyla ince katmanlar halinde yüzeye uygulanmakta ve yavaş yavaş hacimli bir yapı oluşturmaktadır.



Resim 2.31. Üç Boyutlu Seramik Yazıcı İle Şekillendirilmiş Renkli Form

Kaynak: (Ceramicsnow, 2024)

9.10. Eran Gal-Or

Eran Gal-Or, seramik malzemeyi şekillendirmek için dijital üretim teknolojileriyle geleneksel el işçiliğini birleştiren yenilikçi yöntemler kullanmaktadır. Kendi geliştirdiği tekniklerle, farklı renklerdeki seramik çamurlarını kullanarak çeşitli renk kombinasyonları ve desenler elde etmektedir. Özellikle katmanlı üretim (additive manufacturing) yöntemlerinden faydalanarak formlar oluşturmaktadır. Gal-Or, üç boyutlu baskı teknolojisini seramiğe uyarlayarak, seramik çamurunu katman katman biriktiren özel yazıcılar kullanmaktadır. Bu süreçte, bilgisayar destekli tasarım (CAD) ile dijital ortamda oluşturduğu modelleri fiziksel olarak somut hale getirmektedir. Gal-Or'un teknikleri, seramiğe modern ve benzersiz bir estetik kazandırırken, dijital üretimle sağlanan yüksek hassasiyeti seramiğin doğallığıyla birleştirmektedir.



Resim 2.32. Üç Boyutlu Yazıcıda Şekillendirilmiş Renkli Porselen Baskı

Kaynak: (Unfold.Be, 2012)

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

KİŞİSEL UYGULAMALAR

Bu tez çalışmasının amacı, renklendirilmiş seramik çamurlarının üç boyutlu yazıcılarda kullanımı, kullanılan çamurun üç boyutlu yazıcılarla üretilmiş formlarda nasıl yüzey etkileri verdiğinin ve renk geçişlerinin kişisel deneyimlerle gözlemlenmesi, seramik üretim sürecinde renkli çamurun kullanım teknikleri literatür olarak araştırılmıştır. Bu tekniklerin dışında güncel bir şekillendirme yöntemi olan üç boyutlu yazıcılarda renkli çamur kullanımının literatüre katkı sağlayacağı ön görülmüştür. Üç boyutlu yazıcılarda renkli çamur kullanımını sağlamak için harç yığıma yöntemi tercih edilmiş olup bu yöntemde, plastik vakumlu çamur kullanılmıştır. Bu çalışma kapsamında renkli çamur olarak dört farklı renk tercih edilmiş renk kombinasyonları sınırlı tutulmuştur. Burada renk kombinasyonları sınırlı tutulmuştur. Sarı, yeşil kırmızı ve mavi renkleriyle çeşitli kombinasyonlarda renkli çamurlar kullanılmıştır. Üç boyutlu modelleme aşamasında düz silindirik formlar tercih edilmiştir. Bunun sebebi renk geçişlerinin uygulanabilir ve daha stabil olmasını sağlamaktır. Üç boyutlu modelleme araçları kullanılarak bilgisayar ortamında tasarlanan model hazırlandıktan sonra renk geçişlerinin kontrollü bir şekilde uygulanmasına olanak tanıyan dilimleyici programında yüzey düzenlemeleri yapılmış, böylece baskı sürecinde istenen estetik ve dokusal etkilerin elde edilmesi sağlanmıştır.

1. Çamur Hazırlama Süreci

Üç boyutlu yazıcılarla seramik baskı yapabilmek için uygun kıvamda bir çamur hazırlanması gerekmektedir. Bu süreç, baskı kalitesini doğrudan etkileyen en önemli aşamalardan biridir. Hazırlanan çamurun kıvamı ve akışkanlığı, yazıcının doğru ve kesintisiz bir şekilde çalışmasını sağlamaktadır. Bu çalışmada, renklendirme için dört farklı renk kullanılmış. Çamur olarak beyaz porselen çamuru tercih edilmiştir. Porselen çamurunun tercih edilmesinin temel sebebi, beyaz bir pişme rengine sahip olması ve renklerin daha canlı ve net bir görünüm sağlamakta ve baskının katmanlı yapısının analiz edilmesini kolaylaştırmaktır.

Üç boyutlu yazıcıda kullanılacak seramik çamurun hazırlanması oldukça hassas bir süreçtir. İlk aşamada, çamurlar ayrı ayrı yoğrularak homojen bir hale getirilmiştir. Yoğurma işlemi sırasında hava kabarcıklarının oluşmaması için dikkat edilmelidir; aksi takdirde baskı sırasında çatlaklar veya katmanlar arasında boşluklar meydana gelebilmektedir.

Dört farklı renkte çamur hazırlanmıştır. Bu çamurların oranları şu şekildedir: Sarı-beyaz, Mavi-beyaz, sarı-yeşil, sarı-yeşil-kırmızı kombinasyonları için her 1000 gram porselen çamuruna belirli oranlarda mavi renk için kobalt oksit, diğer renkler için sarı, yeşil ve kırmızı

pigment eklenmiştir. Hazırlanan çamurlar, değirmenlerde 30 dakika karıştırılmıştır. Daha sonra, alçı tabla üzerinde yoğrularak homojen kıvamda getirilmiştir.



Resim 3.1. Renklendirilmiş Çamurun Hazırlık Aşaması

Kaynak: (Çil, 2025)



Resim 3.2. Çamurun Değirmende Renklendirilme Aşaması, Yeşil Pigment

Kaynak: (Çil, 2024)

Seramik çamurunun tanktan yazıcı başlığına sorunsuz bir şekilde gelebilmesi için hazırlanan çamurun kıvamı önemlidir. Çamurun kıvamı ne çok sert ne de çok yumuşak, dört barlık bir hava basıncı ile yazıcı başlığına taşınabilir kıvamda olmalıdır. Çamurun çok sert olması halinde baskı sırasında yeterli çamur beslemesi olmayacağından formda bozulmalara neden olabilirken, çamurun çok yumuşak olması da şekillenen formun yığılmasına neden olacaktır. Bu nedenle çamur kıvamı şekillendirme için en uygun kıvamda hazırlanmıştır.

Ayrıca, çamurun içinde hava kabarcıkları kalmamalıdır; aksi takdirde baskı sırasında boşluklar oluşmakta ve baskının kalitesi düşmektedir. Bu yüzden, çamur hazırlanırken hem kıvamı kontrol edilmiş hem de içinde hava kalmayacak şekilde tanka yerleştirilmesi sağlanmıştır. Bu hazırlık süreci, üç boyutlu yazıcıdan alınacak baskının kalitesini doğrudan etkileyen bir faktör olduğundan, her aşamada dikkatli ve özenli bir çalışma gerçekleştirilmiştir.



Resim 3.3. Çamurların Tartılma Aşaması

Kaynak: (Çil, 2025)

Hazırlanan çamur tank içerisine doldurulurken de aynı hassasiyet gösterilmiş ve hava kalmayacak şekilde doldurulmuştur. Renklendirilen çamurlar, tanka doldurulurken her bir renk kombinasyonu için hangi renk çamur kullanılacaksa bu çamurlar 250 gram ve 100 gram şeklinde hazırlanarak arka arkaya gelecek şekilde tanka yerleştirilmiştir.



Resim 3.4. Çamurun Tank İçerisine Yerleştirilmesi

Kaynak: (Çil, 2025)



Resim 3.5. Çamurun Tank İçerisine Yerleştirilmesi

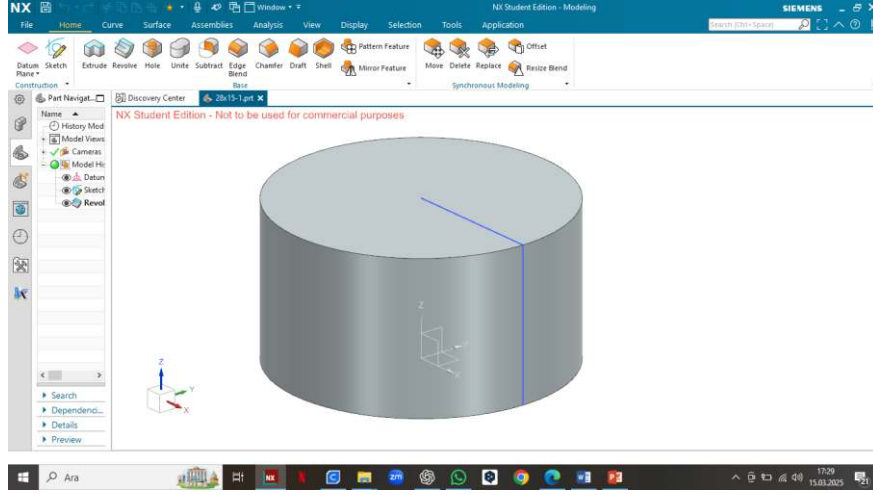
Kaynak: (Çil, 2025)

2. Modelleme ve Dilimleme

Planlanan tasarımın üç boyutlu yazıcılarla üretilebilmesi için öncelikle dijital ortama aktarılması gerekmektedir. Üç boyutlu modelleme yazılımları, çizgiler, eğriler, yüzeyler ve katı nesneler gibi temel bileşenleri kullanarak tasarımların detaylı bir şekilde oluşturulmasına olanak tanımaktadır.

Modelleme aşamasında, üç boyutlu yazıcının baskı kapasitesine uygun olarak her bir renkte 13 x 36 cm ve 28 x 15 cm ölçülerinde iki farklı silindirik form tasarlanmıştır. Silindir form tercih edilmesinin sebebi renk geçişlerinin daha stabil olarak görülebilmesidir. Siemens NX öğrenci sürümü kullanılarak gerçekleştirilen bu modellemelerde, baskı sürecini kontrol etmek ve istenilen sonucu elde edebilmek için belirli parametreler dikkate alınmıştır.

Modelleme aşamasından sonra STL formatında kaydedilen dosya Cura dilimleyici programında katmanlarına ayrılarak üç boyutlu yazıcının algılayabileceği formata dönüştürülür. Bu aşamada, modelin yapısal bütünlüğünü koruyabilmesi, baskı sırasında herhangi bir hata oluşmaması ve istenilen yüzey kalitesinin elde edilebilmesi için çeşitli parametreler üzerinde ayarlar gerçekleştirilmiştir. Modelde dört farklı renkte seramik çamur kullanılacağı için, renk geçiş seviyeleri önceden hesaplanmış modelleme aşamasında katman yapısı da buna uygun şekilde oluşturulmuştur. Silindirlerin duvar kalınlığı 2 mm olarak belirlenmiştir, bu sayede yeterli mukavemet sağlanırken gereksiz malzeme tüketimi önlenmiştir. Katman yüksekliği 1 mm olarak ayarlanmış, bu sayede formun katman geçişleri belirgin hale getirilerek istenilen görsel etki oluşturulmuş, ayrıca katman yüksekliğinin arttırılmasıyla baskı süresinin daha da kısılması sağlanmıştır.



Resim 3.6. NX Modelleme Aşaması

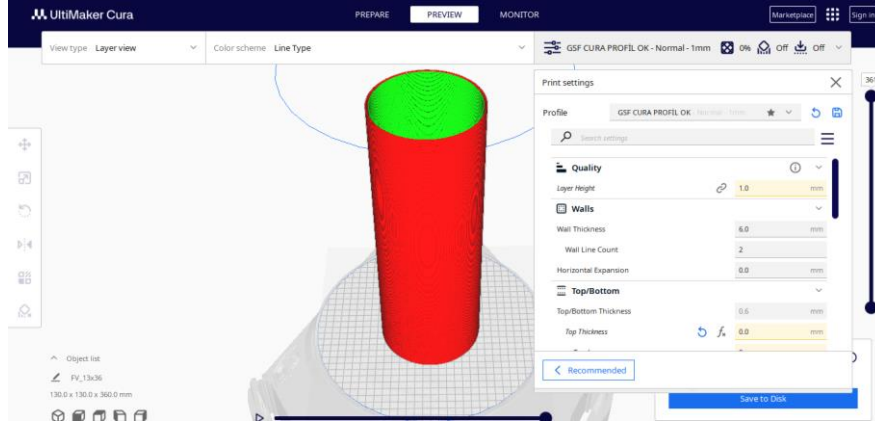
Kaynak: (Çil, 2025)



Resim 3.7. NX Modelleme Aşaması

Kaynak: (Çil, 2025)

Baskı sürecini hızlandırmak ve malzeme tasarrufu sağlamak amacıyla iç doluluk oranı 0 olarak ayarlanmıştır. Böylece model tamamen boş bırakılarak, yalnızca dış duvarlardan oluşacak şekilde şekillendirme yapılmıştır. Ayrıca, taban kalınlığı verilmeden baskı planlanarak şekillendirmenin daha verimli gerçekleşmesi sağlanmıştır. Formda, desteği gerektirecek açılarının bulunmaması nedeniyle, dilimleyici programında herhangi bir destek unsuru eklenmemiştir.

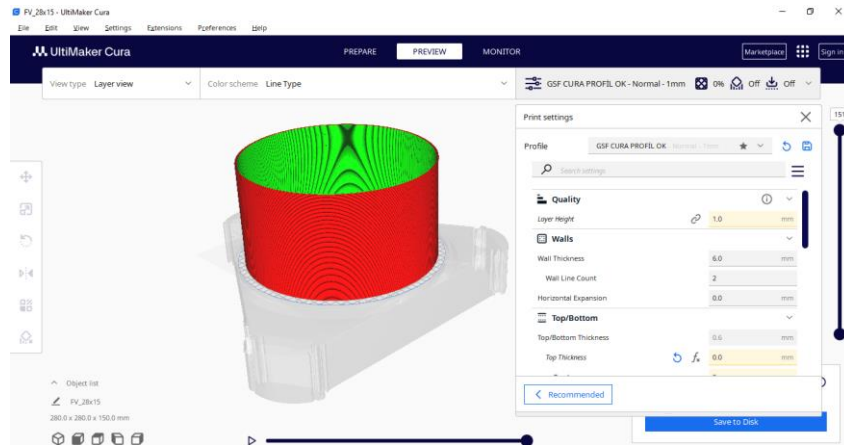


Resim 3.8. Bilgisayar Ortamında Çizilen Model Üzerinde Dilimleyici Ayarlarının Yapılması
Kaynak: (Çil, 2025)

Cura'nın sunduğu ön izleme araçları kullanılarak baskı sırasında oluşabilecek olası hatalar gözlemlenmiş ve gerektiğinde model üzerinde revizyonlar yapılmıştır.

Modelin üretim sürecinde en önemli noktalardan biri de renklendirilmiş seramik çamurun beyaz çamur ile entegrasyonudur. Seramik çamurun akışkanlık özellikleri, baskı sırasında çamurun eşit miktarda akmasını ve katmanların düzgün bir şekilde üst üste yerleşmesini sağlamaktadır. Malzemenin yoğunluğuna bağlı olarak baskı hızı ve ekstrüzyon oranı gibi parametreler de uygun şekilde ayarlanmıştır. Bu aşamada, çamurun akışkanlık durumu göz önüne alınarak, herhangi düzensiz katman oluşumu önlenmiştir.

Dilimleyici programı, baskının tüm sürecini görebilmemizi sağlar. Bu süreç boyunca, modelin bütünlüğünün korunması, baskı sırasında oluşabilecek sapmaların gözlemlenmesi ve baskının sorunsuz bir şekilde tamamlanması için gerekli kontroller yapılmış ve G-code formatında kaydedilen dosya baskı için üç boyutlu yazıcıya aktarılmıştır.



Resim 3.9. Bilgisayar Ortamında Çizilen Model Üzerinde Dilimleyici Ayarlarının Yapılması
Kaynak: (Çil, 2025)

3. Baskı Aşaması

Baskı süreci, Cura dilimleyici programında oluşturulan G-code dosyasının üç boyutlu yazıcıya aktarılmasıyla başlamaktadır. Bu aşamada, yazıcıya uygun baskı başlatma prosedürleri takip edilerek, renkli çamurun düzgün akışını sağlamak için gerekli ön ayarlar yapılmıştır. Model iç doluluk oranı 0 olarak ayarlandığından, baskı sırasında herhangi bir iç destek yapısı bulunmamaktadır. Bunun sonucunda model yalnızca dış duvarlardan oluşmaktadır. Bu durumu dengelemek için yazıcının hız ayarları dikkatlice düzenlenmiş ve yüksek hızlarda oluşabilecek deformasyonlar önlenmiştir. Ayrıca, modelin tabanı kapatılmadığı için alt katmanların stabil bir şekilde üst katmanları taşıması amacıyla baskı sürecinde çökme veya sarkma yaşanmaması için seramik çamurun nem dengesi ve kuruma süresi göz önüne alınarak gerekli kontroller yapılmıştır.

Baskı için tanka doldurulan çamurun ekstrüdere yani yazıcı başlığına gelebilmesi için hava basıncına ihtiyaç vardır. Tankın içerisine verilen hava ile birlikte tankın içerisindeki çamur bir hortumdan geçerek ekstrüdere taşınmaktadır. Burada ekstrüdere gelen çamur bir helezon ile nozzle dediğimiz baskı ucuna gelmekte ve bu sayede şekillendirme başlamaktadır. Burada tanka verilen hava basıncı dört ile altı bar arasında olmalıdır. Bu basınç miktarını etkileyen faktör çamurun kıvamıdır. Yani çamur dört ve altı bar arasında bir hava basıncı ile ekstrüdere gelebilecek yumuşaklıkta olmalıdır. Bu nedenle baskı işleminden önce bu basınç ayarları kontrol edilmiştir. Baskı tablası için su emme özelliğinden dolayı alçı plaka kullanılmıştır. Baskı plakası ile nozzle başlığı arasındaki mesafenin baskı alanının her bölgesinde eşit olması gerekmektedir. Bu baskının kalibrasyon ayarıdır. Bu ayar yapıldıktan sonra baskı işlemi başlatılmıştır.

İlk katman, baskının başarısını doğrudan etkilediği için baskı hızı düşürülerek ve ekstrüzyon miktarı dikkatli bir şekilde kontrol edilerek yazdırılmıştır. Bu sayede malzeme düzgün bir şekilde tabana yayılmış ve katmanların sağlam bir temel oluşturması sağlanmıştır. Baskı ilerledikçe, belirlenen parametreler doğrultusunda model katman katman inşa edilmiştir.

Katman geçişlerinde herhangi bir kayma veya malzeme fazlalığı oluşmaması için yazıcının baskı hızı ve ekstrüzyon oranı sürekli olarak kontrol edilmiştir.

Yüzey etkilerinde, farklı renklendirilmiş çamurların birleşim noktalarında belirgin geçiş çizgileri, kontrollü karışım bölgelerinde ise yumuşak ton geçişleri gözlenmesi beklenmiş olup dört farklı renk kullanıldığı için, renk değişimlerinin net bir şekilde görülmüştür.

Renklendirilmiş çamurların birbirine karışarak oluşturduğu geçişler, modelin yüzeyine doğal ve dinamik bir doku kazandırmıştır. Fakat yazıcının teknik yapısından kaynaklanan bazı yığılma ve bozulmalar meydana gelmiştir. Bu deformasyonlar, baskı sürecinde seramik çamurun akışındaki düzensizlikler, ekstrüzyon basıncındaki dalgalanmalar veya hareket sistemindeki hassasiyet farklılıklarından kaynaklanmış olduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte, bu beklenmedik şekil değişimleri ve yüzeyde oluşan doğal akış izleri, seramik malzemenin organik yapısıyla uyum sağlamıştır. Baskı süreci boyunca yalnızca teknik aksaklıklardan kaynaklanan bozulmalar değil, aynı zamanda bilinçli olarak yapılan deformasyonlar da modele entegre edilmiştir. Katmanların belirli noktalarda bilinçli olarak kaydırılması, seramik çamurun baskı sırasında kontrollü bir şekilde akmasına izin verilmesi veya baskı hızının belirli bölümlerde değişiklik göstermesi gibi yöntemlerle, form üzerinde rastlantısal ama estetik olarak bütünleşmiş dokular oluşturulmuştur. Bu müdahaleler, seramik çamurun doğal akışkanlığı ve plastik yapısıyla birleşerek, modelin mekanik bir üretimden ziyade el yapımı hissi veren, özgün bir sanat objesine dönüşmesini sağlamıştır.

Bu tür bilinçli bozulmaların yanı sıra, seramik çamurun pişirme öncesinde ve sonrasında nasıl davranacağı da dikkate alınarak modelin nihai görünümü üzerine çeşitli analizler yapılmıştır. Özellikle yüzeyde oluşan yığılmaların, renkli çamurda ışık-gölge etkileri yaratması ve dokusal derinlik katması sebebiyle, tasarımın rastlantısal fakat kontrollü bir biçimde tamamlanmasına katkı sağladığı gözlemlenmiştir.

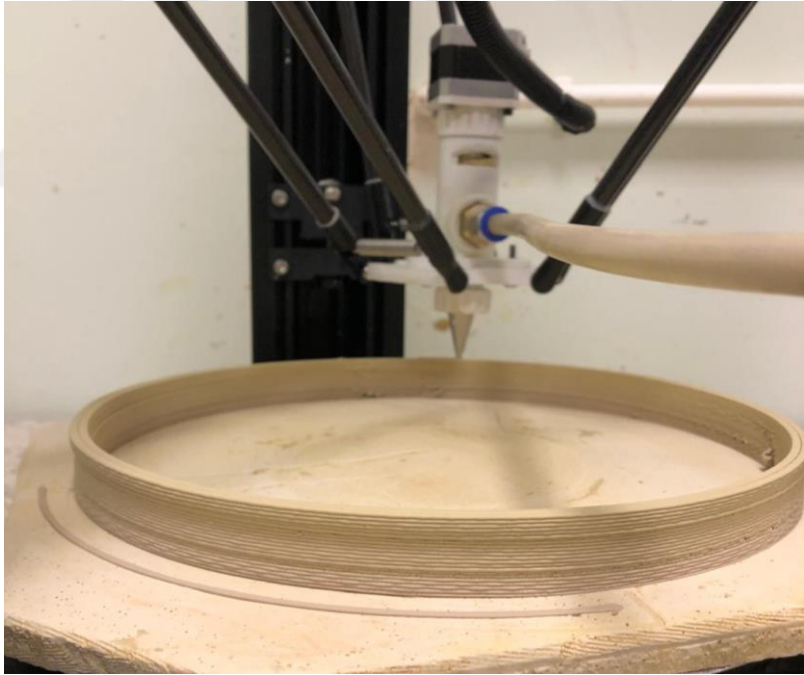


Resim 3.10. Üç Boyutlu Yazıcıyla Üretim Aşaması, FDM Yöntemi

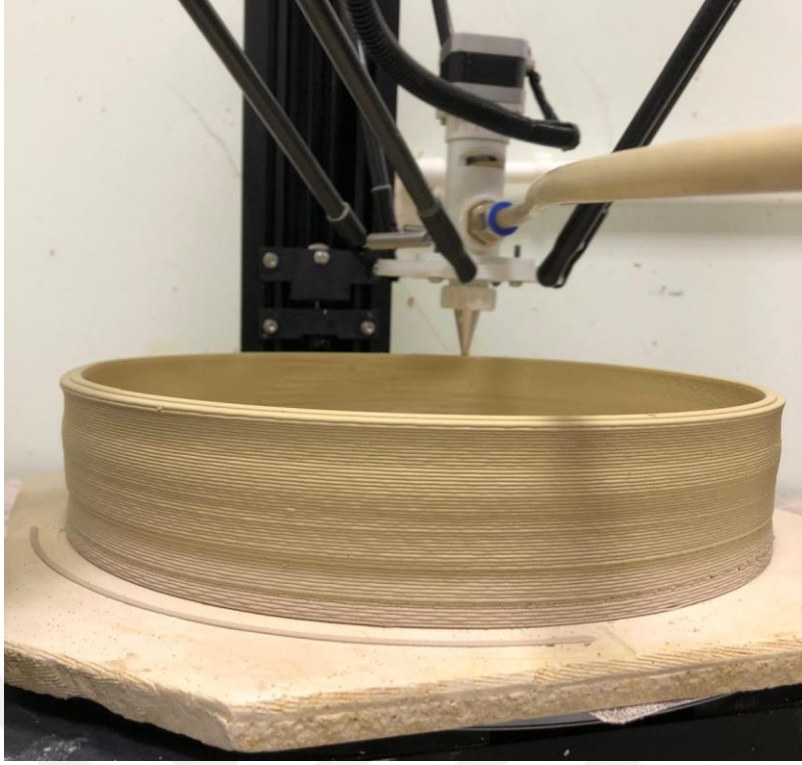
Kaynak: (Çil, 2025)



Resim 3.11. Üç Boyutlu Yazıcıyla Üretim Aşaması, FDM Yöntemi
Kaynak: (Çil, 2025)



Resim 3.12. Üç Boyutlu Yazıcıyla Üretim Aşaması, FDM Yöntemi
Kaynak: (Çil, 2025)



Resim 3.13. Üç Boyutlu Yazıcıyla Üretim Aşaması, FDM Yöntemi

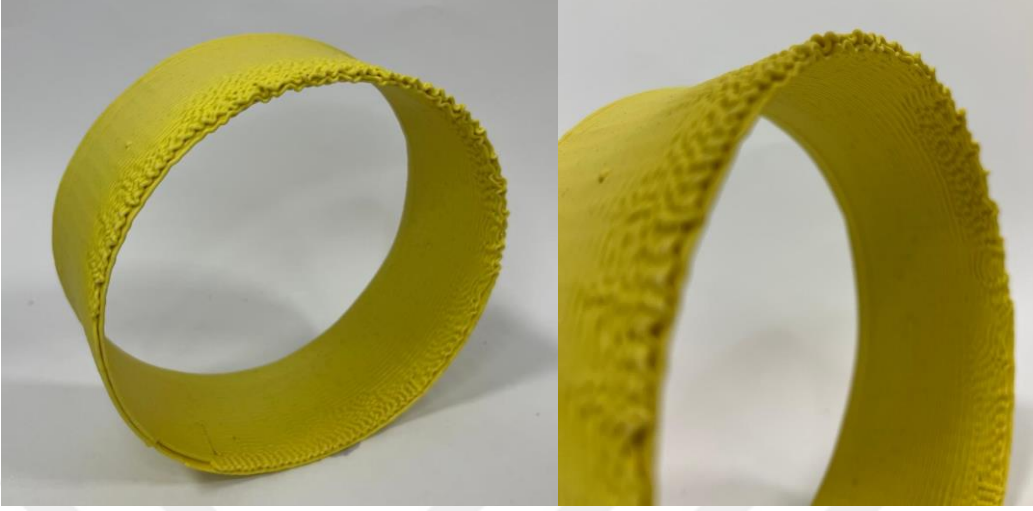
Kaynak: (Çil, 2025)

4. Sarı

1000 gram porselen çamuruna % 10 oranında sarı pigment eklenmiştir. Bu oran, hem renk doygunluğunu hem de malzemenin akışkanlığını koruyacak şekilde planlanmıştır. Renkli çamurlar, tank içerisine 250 gram beyaz porselen çamur, 100 gram sarı pigment ile renklendirilmiş porselen çamuru sıralı olarak yerleştirilmiştir. Bu sıralama, baskı sırasında geçişlerin düzenli ve kontrollü olmasını sağlayacağı ön görülmüştür. Çamurlar, en açık tondan (beyaz porselen), en koyu tona (sarı) doğru veya tersine olacak şekilde dizilerek renk geçişlerinin belirli bir düzen içinde oluşması sağlanmıştır. Tanktaki çamur miktarı, renk geçişlerinin doğruluğunu ve sürekliliğini belirlemektedir. Eşit miktarda ve düzenli bir dağılım yapılmadığında istenmeyen renk karışımları oluşup baskının belirli bölgelerinde renk doygunluğu farklılık gösterebilmektedir. Ayrıca çamur akış dengesi bozulabilmekte ve katman yapısı etkilenebilmektedir. Bu nedenle, her baskı için tanklardaki renkli çamur miktarlarının doğru hesaplanarak ve düzenli olarak kontrol edilmiştir.

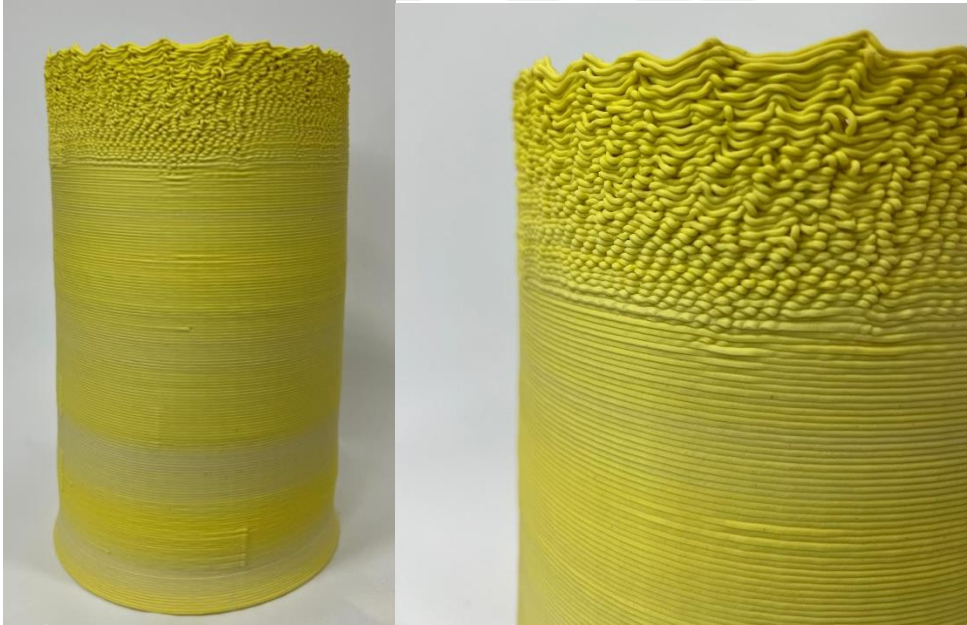
Bu formlar, renklendirilmiş sarı porselen çamur kullanılarak üç boyutlu baskı tekniğiyle üretilmiş olup, baskı sürecindeki parametreler doğrudan formun estetik yapısını belirlemiştir.

Kullanılan sarı pigment, yüzeyde homojen bir dağılım gösterirken, baskının üst bölgesinde belirginleşen kıvrımlı yapı, üretim sürecindeki teknik değişimlerin bir sonucudur.



Resim 3.14. Rüya, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Sarı Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 2 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2024)



Resim 3.15. Rüya, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Sarı Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 2 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2024)

Tank içine hazırlanan renklendirilmiş sarı porselen çamuru ile arka arkaya dizilen beyaz çamurun etkisi form yüzeyinde etkisini göstermemiştir. Tank içerisinde basıncında etkisiyle sarı çamur, beyaz çamur ile karışarak yüzeyin tamamında baskın gelmiştir. Yüzeyde beyaz çamurlarında sarıya dönüştüğü gözlemlenmiştir. Çap değişikçe, kullanılan çamur miktarı ve

geçiş süreleri de değiştiğinden, baskı süresi ve malzeme tüketimi de farklılık göstermiştir. Bazı denemelerde çamur basıncının azalması ve artması ile ilgili bazı bozulmalar oluşmuştur. Yüksek basınç, malzemenin nozzledan beklenenden daha fazla akmasına sebep olmuş, bu durum baskı sırasında malzemenin üst üste düzensiz birikmesine yol açmıştır. Bu bozulmalar daha kontrollü hala getirilerek dokusal bir etki edilmiş bu etki de sürecin doğal sonucu olarak uygulama kısmına eklenmiştir.



Resim 3.16. Rüya, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme, Sarı Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 2 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2025)



Resim 3.17. Rüya, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme, Sarı Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 2 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2025)



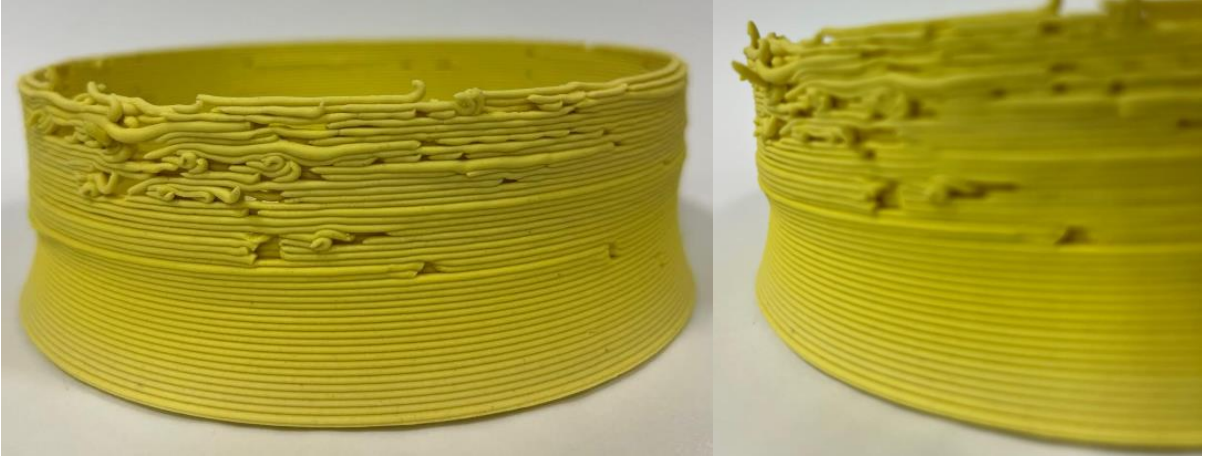
Resim 3.18. Rüya, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme, Sarı Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 2 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2025)



Resim 3.19. Rüya, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme, Sarı Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2025)



Resim 3.20. Rüya, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme, Sarı Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2025)

5. Sarı-Yeşil-Beyaz

Bu formlarda, sarı-yeşil ve beyaz porselen çamuru kullanılmıştır. Yeşil-sarı-beyaz geçişli formlarda, renklerin uyumlu bir şekilde harmanlanmasını sağlamak için belirli oranlarda sarı-yeşil ve beyaz renklendirilmiş seramik çamurları tank içerisine yerleştirilmiştir. Baskı sürecinde sarı ile yeşil tonları arasındaki geçişin dengeli olması için tank içerisine 100 gram sarı, 100 gram yeşil, ardından tekrar 100 gram sarı ve 100 gram yeşil çamur eklenmiş, sonrasında 250 gram beyaz porselen çamuru bu çamurların ardına eklenmiştir. Aynı dizilim bir kez daha tekrar ederek çamurlar tank içerisine yerleştirilmiştir. Bu düzen, baskı sırasında renk geçişlerinin keskin olmadan, yumuşak bir degradeye dönüşmesini sağlamıştır. Çapın küçülmesiyle geçişlerin daha geniş alanlara yayıldığını, büyümesiyle ise daha sık ve belirgin renk bölmeleri oluştuğu fark edilmiştir. Bu nedenle, formların tasarım aşamasında çap ve yüzey eğimleri dikkate alınarak geçişlerin doğal bir akış sağlaması için oranlar dikkate alınarak yapılmıştır. Ayrıca, tank içerisindeki çamur miktarının dengeli olması, baskı sürecinde istenmeyen renk karışımlarını önlemek ve belirlenen renk dağılımını korumak için kritik bir faktör olarak öne çıkmaktadır.



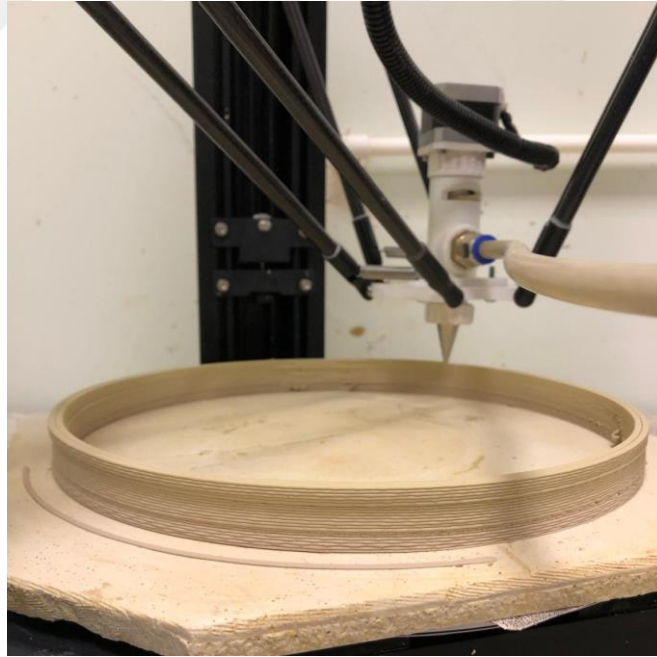
Resim 3.21. Üç Boyutlu Yazıcıyla Üretim Aşaması, FDM Yöntemi

Kaynak: (Çil, 2025)



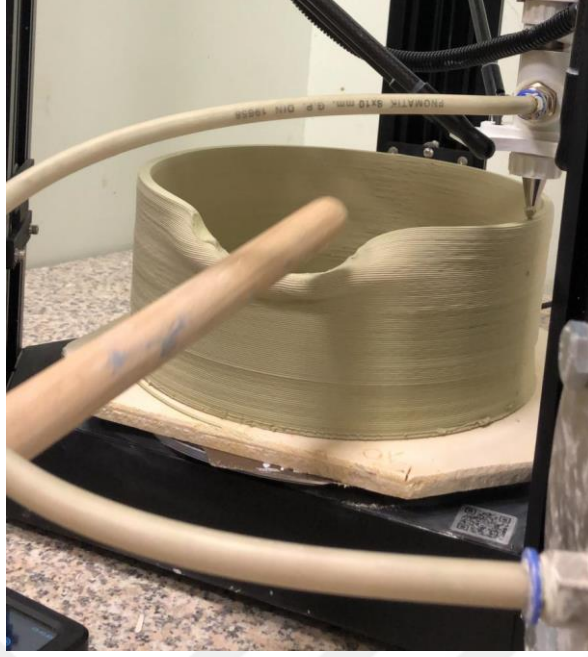
Resim 3.22. Üç Boyutlu Yazıcıyla Üretim Aşaması, FDM Yöntemi

Kaynak: (Çil, 2025)



Resim 3.23. Üç Boyutlu Yazıcıyla Üretim Aşaması, FDM Yöntemi

Kaynak: (Çil, 2025)



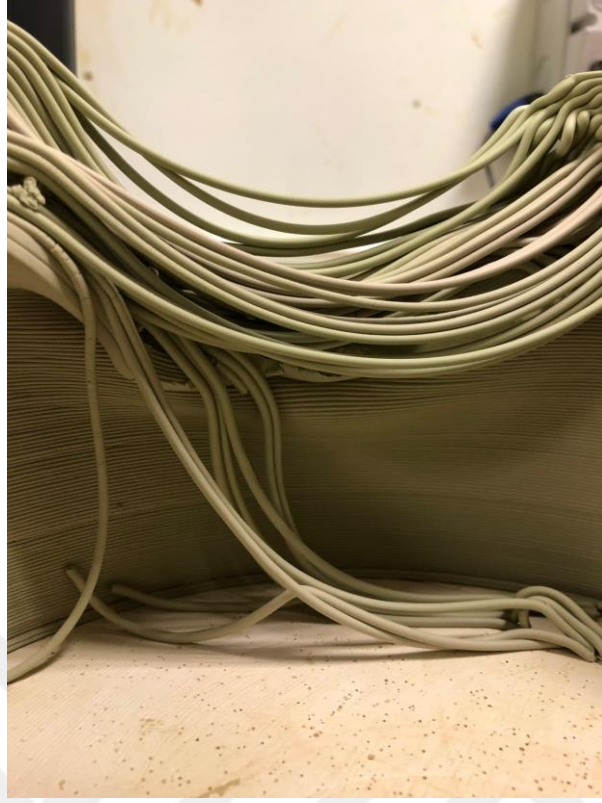
Resim 3.24. Üç Boyutlu Yazıcıyla Üretim Aşaması, FDM Yöntemi

Kaynak: (Çil, 2025)



Resim 3.25. Üç Boyutlu Yazıcıyla Üretim Aşaması, FDM Yöntemi

Kaynak: (Çil, 2025)



Resim 3.26. Üç Boyutlu Yazıcıyla Üretim Aşaması Detay, FDM Yöntemi

Kaynak: (Çil, 2025)



Resim 3.27. Toprağın Yeşili, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme, Yeşil Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2025)



Resim 3.28. Toprağın Yeşili, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme, Yeşil Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2025)

Renk geçişleri dikkatlice planlanmış olup, yüzeyde yumuşak ve akıcı bir renk akışı sağlanmıştır. Formlarda silindirik bir form tercih edilmiş, bu da katmanların hem ritmik hem de hassas bir şekilde üst üste yerleşmesine imkân tanımıştır. Yüzeyde görülen geçişlerin netliği, malzeme akışının dengeli ve kontrollü bir şekilde sağlanmasıyla mümkün olmuştur. Özellikle sarı ve yeşil tonlarının birleşimi, seramik yüzeyde derinlik hissini güçlendirmiş, formun görsel etkisini arttırmıştır.

Formların yüzeyinde ince, dalgalı çizgiler şeklinde belirginleşen katmanlar, baskı sürecindeki mekanik titreşimlerin ve nozzle hareketlerinin bir yansımasıdır. Nozzle ilerleyişi sırasında oluşan bu ince dalgalanmalar, yüzeye dokusal bir zenginlik katmış ve eserin organik bir estetik anlayışına sahip olmasını sağlamıştır. Aynı zamanda, baskı parametrelerinin dengeli bir şekilde ayarlanması sayesinde formun genel bütünlüğü korunmuş ve çamurun katmanlar arasındaki dağılımı stabil kalmıştır.



Resim 3.29. Toprağın Yeşili, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme, Yeşil Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2025)



Resim 3.30. Toprağın Yeşili, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme, Yeşil Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2025)



Resim 3.31. Toprağın Yeşili, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme, Yeşil Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2025)

Bu formda yeşil baskın şekilde üst ve alt kısımlarda yer alırken, sarı rengin belirginleşemediği görülmüştür. Bunun temel sebebi, formun dar çapı nedeniyle renk geçiş alanının sınırlı olması ve yeşilin baskın kalmasıdır. Daha dar bir çap kullanılsaydı, sarı rengin daha fazla yayılma alanı bulması ve geçişin daha dengeli olması mümkün olabilmektedir. Katman çizgileri düzenli bir doku oluşturmuş ancak orta kısımdaki geçiş bölgesinde hafif dalgalanmalar gözlemlenmiştir, bu da çamurun akışkanlığı veya baskı sırasındaki basınç değişimlerinden kaynaklıdır. Renk geçişlerini daha belirgin hale getirmek için sarı çamurun tank içerisindeki oranı artırılabilir veya katman sayısı artırılarak renklerin daha uzun mesafeye yayılması sağlanabilir.



Resim 3.32. Toprağın Yeşili, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme, Yeşil Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2025)



Resim 3.33. Toprağın Yeşili, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme, Yeşil Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2025)

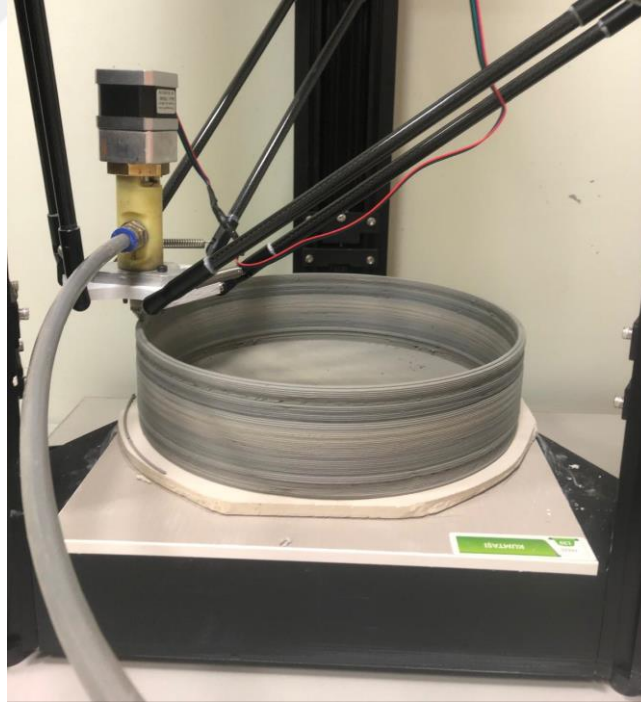
Bu formlarda, seramik çamurunun renklendirilmesi ile üç boyutlu baskı tekniği birleştirilerek estetik bir dil oluşturulabilmektedir. Teknik süreçte ortaya çıkan dalgalanmalar ve renk geçişleri, formların sanatsal yönünü desteklerken, seramik malzemenin sınırlarını keşfetmeye yönelik deneysel bir yaklaşımı da gözler önüne sermektedir.

6. Mavi- Beyaz

1000 gram beyaz porselen çamuruna % 4 oranında kobalt oksit ilave edilerek mavi renk elde edilmiştir. Mavi ve beyazı tercih edilme sebebi, renk kontrastlığını, geçiş etkisini daha belirgin hale getirmek, katman geçişlerini daha iyi analiz etmek ve renklerin birbiriyle olan etkisini gözlemlemektir.

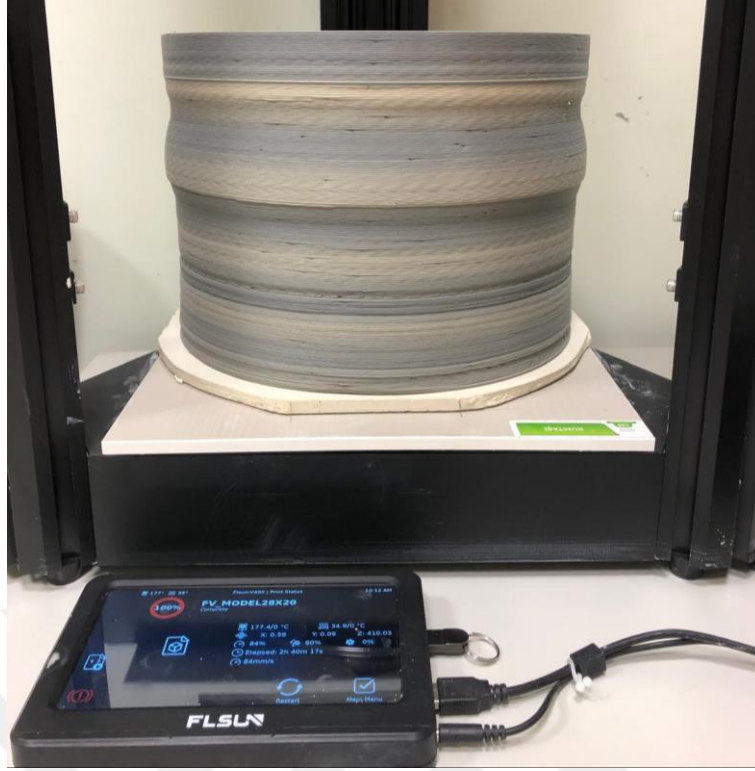
250 gram beyaz porselen çamur, 50 gram mavi porselen çamur arka arkaya gelecek şekilde ve tank doluncaya kadar bu oranlar tekrar edecek biçimde yerleştirilmiştir. Kobalt oksidin yoğun yapısı nedeniyle, çamur içerisinde baskın hale gelmesini önlemek için beyaz çamurun miktarı artırılarak renk dengesi korunmaya çalışılmıştır.

Tanklardaki çamur oranlarının dengeli olması, renk geçişlerinin kontrollü ve tutarlı olmasını sağlamaktadır. Eğer mavi çamur, beyaza oranla daha fazla miktarda yerleştirilirse, baskıda mavi pigment baskın çıkmakta ve beyaz renk tamamen kaybolabilmektedir. Bu durumda, ara tonların kaybolması ve istenmeyen renk karışımları (gri veya kirli mavimsi tonlar) meydana gelebilmektedir. Doğru renk dağılımı için tanktaki oranların iyi hesaplanması, baskı süresince düzenli akışın sağlanması ve çamur tüketim oranlarının sürekli kontrol edilmesi gerekmektedir.



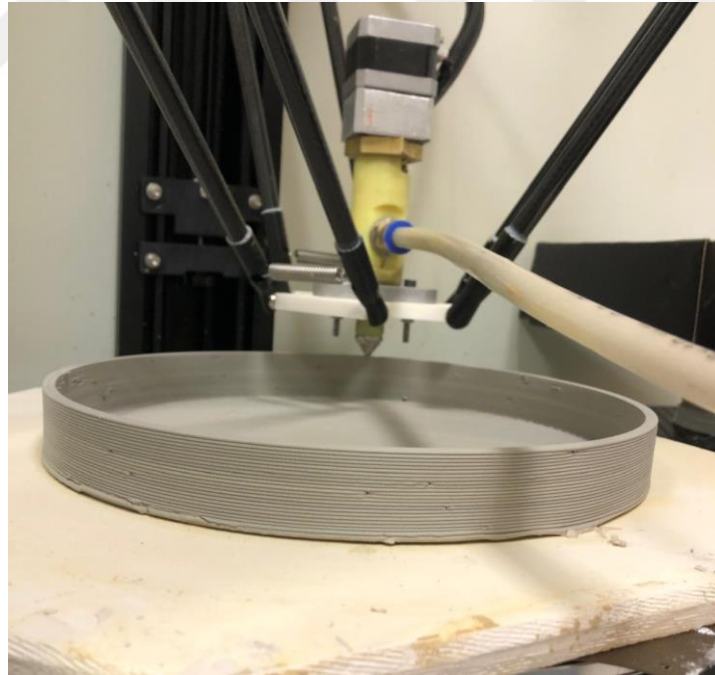
Resim 3.34. Üç Boyutlu Yazıcıyla Üretim Aşaması, FDM Yöntemi

Kaynak: (Çil, 2024)



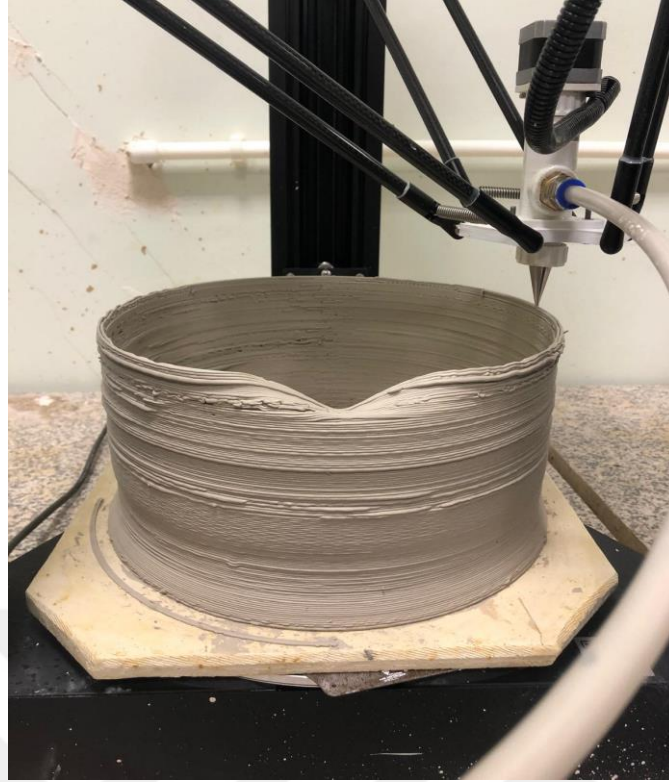
Resim 3.35. Üç Boyutlu Yazıcıyla Üretim Aşaması, FDM Yöntemi

Kaynak: (Çil, 2025)



Resim 3.36. Üç Boyutlu Yazıcıyla Üretim Aşaması, FDM Yöntemi

Kaynak: (Çil, 2025)



Resim 3.37. Üç Boyutlu Yazıcıyla Üretim Aşaması, FDM Yöntemi
Kaynak: (Çil, 2025)

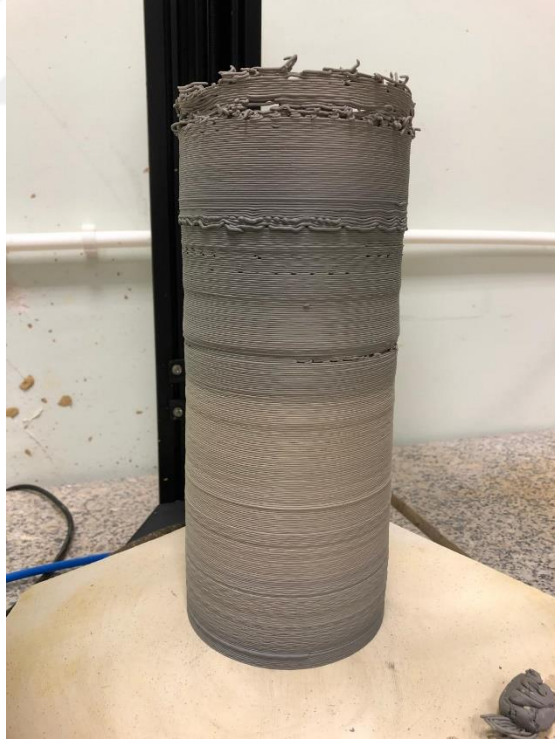


Resim 3.38. Üç Boyutlu Yazıcıyla Üretim Aşaması, FDM Yöntemi
Kaynak: (Çil, 2025)



Resim 3.39. Üç Boyutlu Yazıcıyla Üretim Aşaması, FDM Yöntemi

Kaynak: (Çil, 2025)



Resim 3.40. Üç Boyutlu Yazıcıyla Üretim Aşaması, FDM Yöntemi

Kaynak: (Çil, 2025)

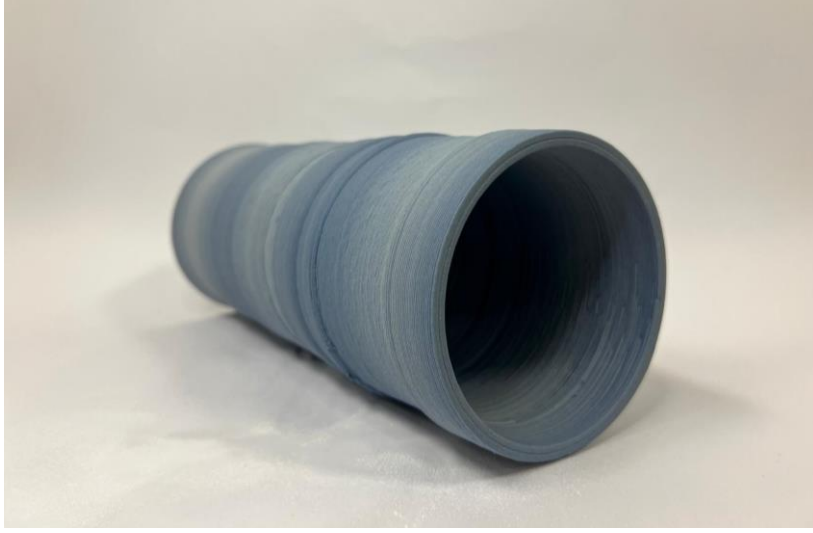
Kobalt oksit kullanılarak üretilen formlarda, renk dağılımının hortum içerisinde birbirine karıştığı gözlemlenmiştir. Bunun temel nedeni, kobalt oksidin beyaz porselen çamur üzerindeki baskın etkisidir. Baskı sürecinde basınç etkisiyle çamur, hortum içerisinde birbirine karışmış, ancak bu durum görsel bütünlüğü olumsuz etkilememiştir. Planlandığı gibi, renk geçişleri açıktan koyuya doğru bir geçiş sağlayarak yüzeyde derinlik ve katmanlı bir yapı oluşturmuştur.

Buna ek olarak, belirli formlarda nemli bir sünger yardımıyla gerçekleştirilen bilinçli bozulmalar, yüzeye dinamik bir karakter kazandırmıştır. Bu müdahaleler, seramik yüzeyde hem dokusal bir zenginlik hem de hacimsel bir derinlik oluşturarak formun sanatsal değerini artırmıştır.



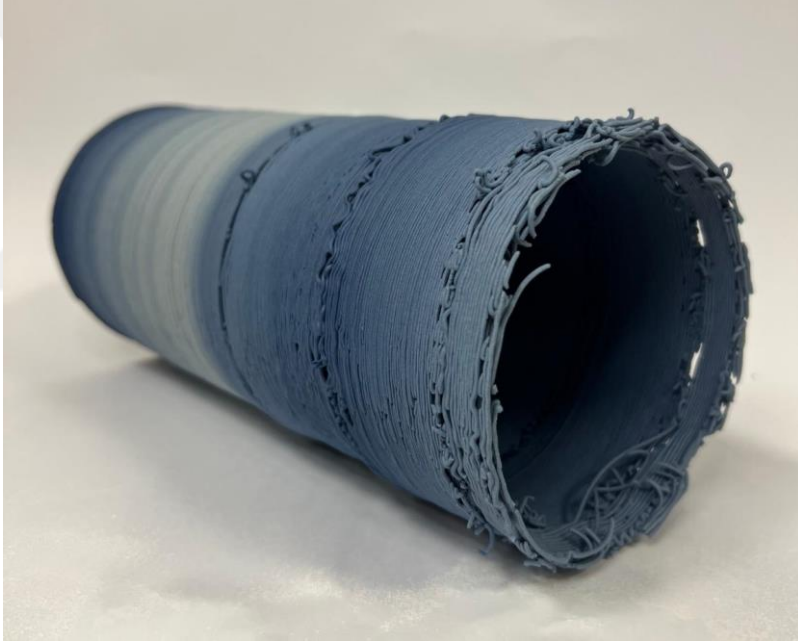
Resim 3.41. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2025)



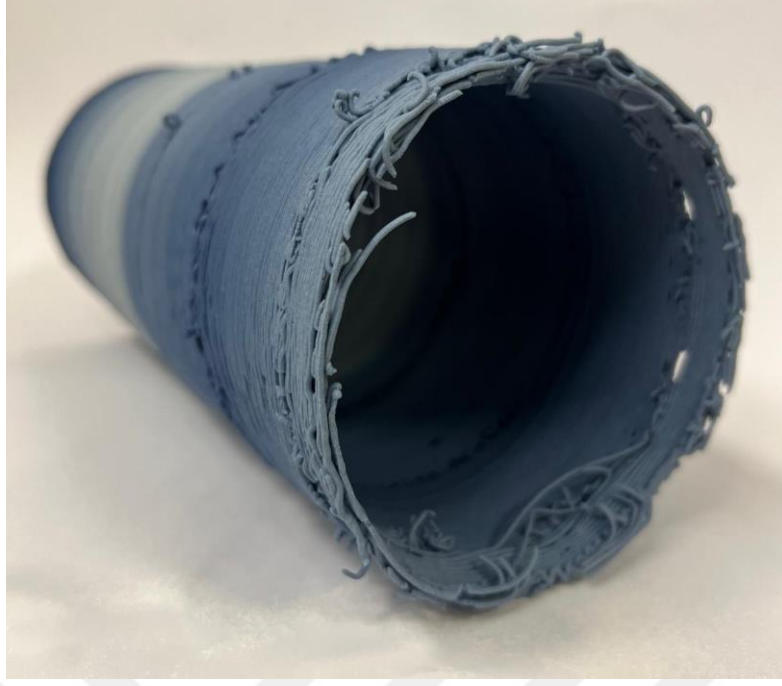
Resim 3.42. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2025)



Resim 3.43. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 2 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2025)



Resim 3.44. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme Detay, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 2 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2025)



Resim 3.45. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 2 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2025)



Resim 3.46. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme Detay, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 2 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2025)

Katman yüksekliği ve baskı hızı dikkate alınarak geçiş aralıkları 1 mm olarak belirlenmiştir. Mavi rengin yoğunluğunun beyaz üzerinde fazla baskın olmaması için daha uzun geçiş aralıkları kullanılmıştır. Ancak, baskı sırasında mavi pigmentin baskınlığı nedeniyle bazı bölgelerde beyaz çamurun yeterince belirginleşemediği görülmektedir.



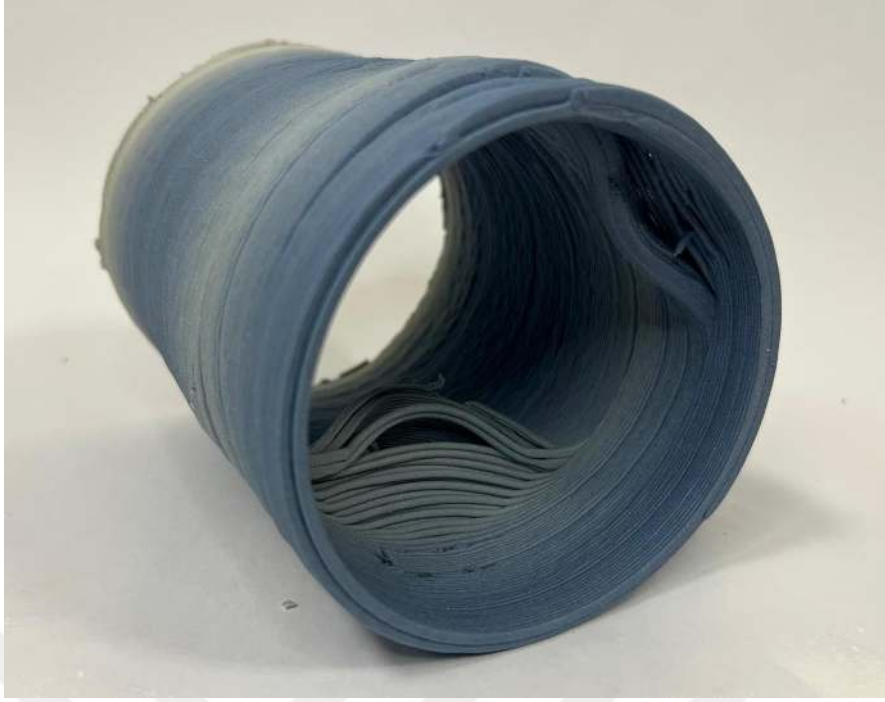
Resim 3.47. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme Detay, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 2 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2025)



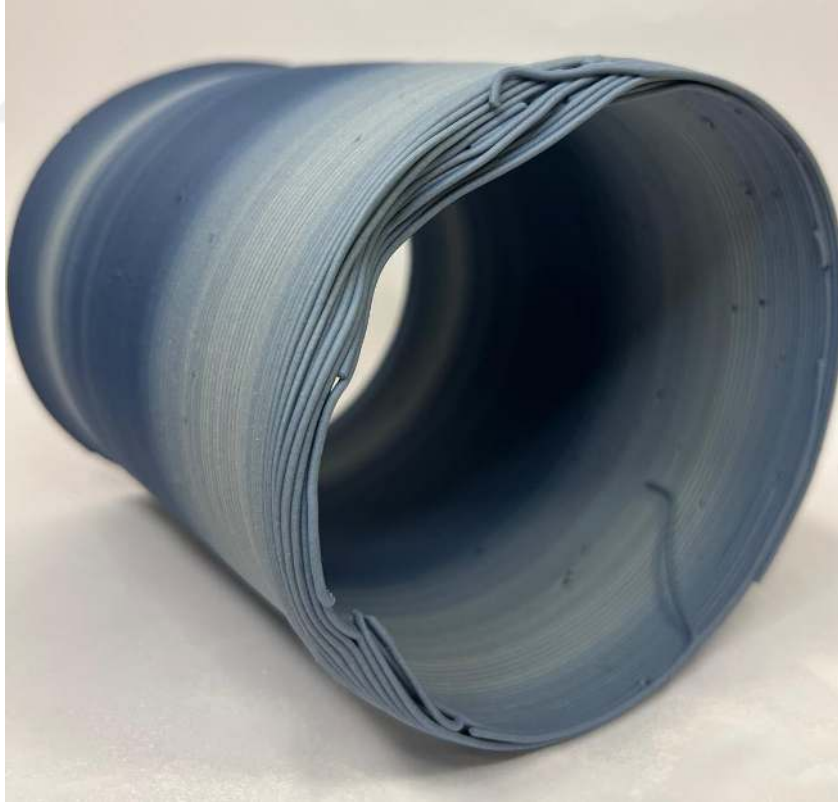
Resim 3.48. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2025)



Resim 3.49. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2025)



Resim 3.50. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2025)



Resim 3.51. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2025)



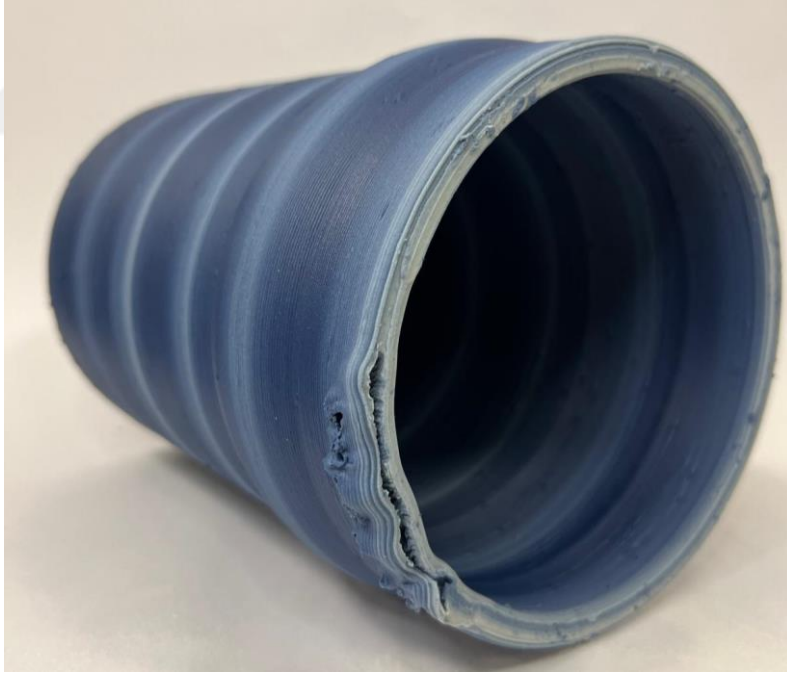
Resim 3.52. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2025)



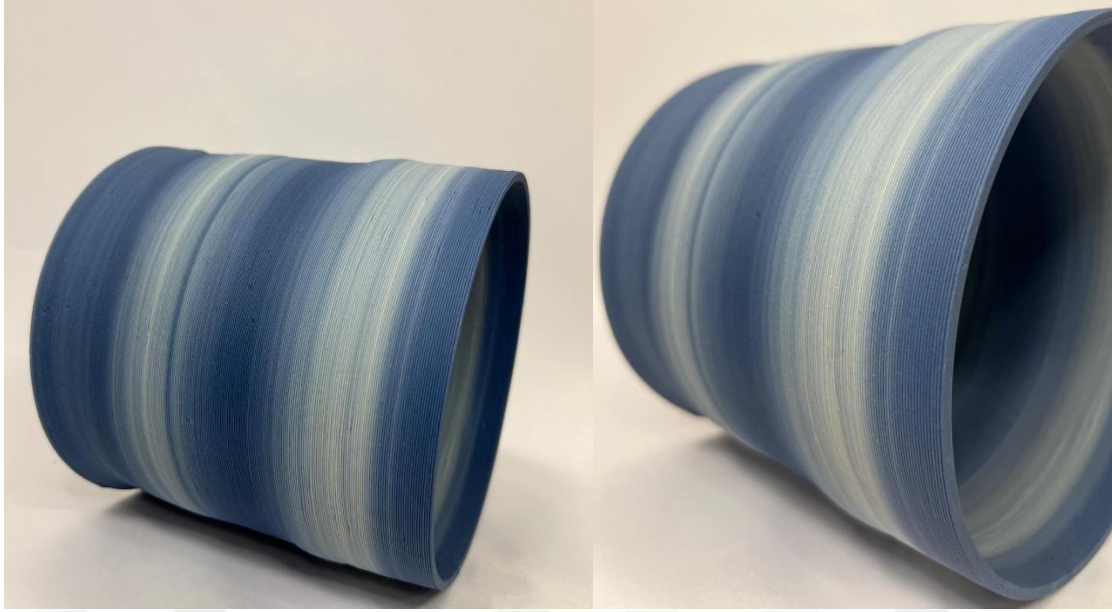
Resim 3.53. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2025)



Resim 3.54. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 2 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2025)



Resim 3.55. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 2 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2025)

Bazı formlarda mavi pigmentin yoğun olması nedeniyle bazı bölgelerde beyaz renk tam olarak belirginleşmemiş, ancak geçiş alanlarında açık mavi tonlarının ortaya çıktığı fark edilmektedir. Beyaz çamurun yeterince baskın olamaması, mavi pigmentin yoğunluğu ve çamur akışının kontrol edilme şekliyle ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Katman çizgilerinin belirgin ve düzenli olması, çamurun baskı sırasında istikrarlı bir şekilde ekstrüde edildiğini göstermektedir. Dilimleyici programında katman yüksekliği artırıldığında mavi ve beyaz renk arasındaki geçişin daha genişlediği görülmektedir. Katman yüksekliğinin azalmasıyla da iki renk arasındaki geçiş daha sıklaşmaktadır.

Silindir çapındaki değişim, katman geçişleri, duvar kalınlığı ve yüzey dokusu üzerinde belirgin etkiler yaratmaktadır. Daha geniş çaplı silindir formlarda, 2 mm duvar kalınlığı ve 1 mm katman yüksekliğiyle baskılar daha dolgun ve pürüzsüz olmaktadır, ancak katman geçişleri daha az belirgin hale gelmektedir. Daha dar çaplı silindirlerde ise, katmanlar arasındaki geçişler daha net görülmektedir ve bu sayede kullanılan porselen çamurun renkler arasındaki kontrastını arttırmaktadır. Bu nedenle, çap seçimi baskının estetik ve teknik gereksinimlerine göre seçilmelidir.



Resim 3.56. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 2 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2024)



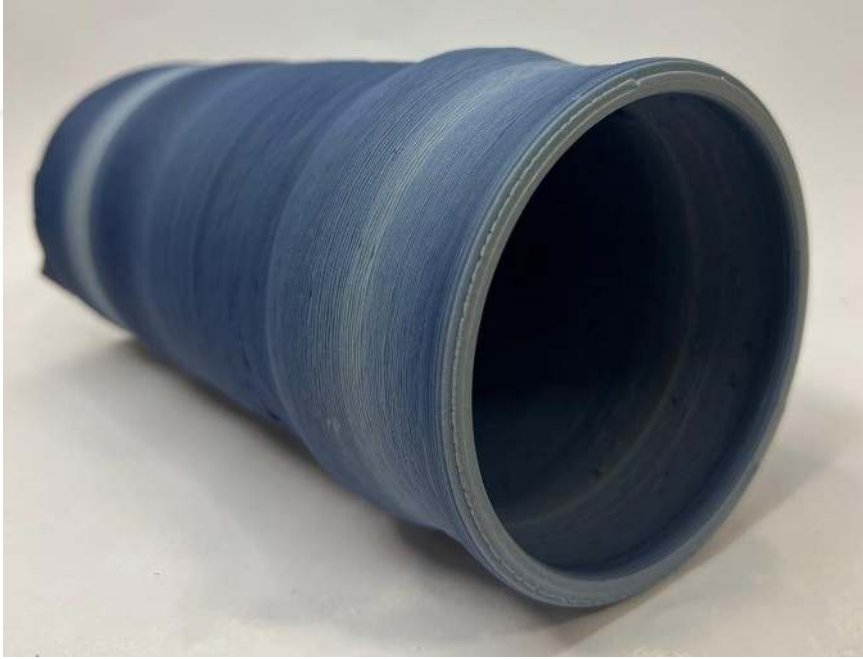
Resim 3.57. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 2 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2024)



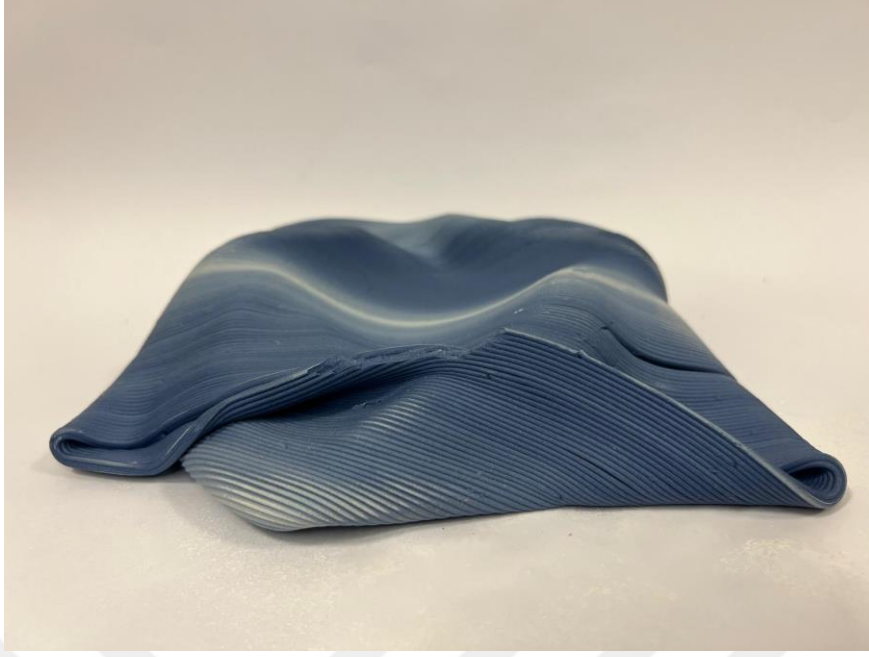
Resim 3.58. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 2 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2025)



Resim 3.59. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 2 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2025)



Resim 3.60. Kobalt Yankısı, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme, Kobalt Oksit Katkılı Porselen Çamuru, 2 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2024)

7. Sarı-Yeşil-Kırmızı

Bu formlar, sarı, yeşil, kırmızı ve beyaz porselen çamurlarının üç boyutlu baskı teknolojisiyle bir araya getirilmesiyle üretilmiştir. Baskı sürecinde, her bir renkten 100'er gram olarak sarı-yeşil-kırmızı ve beyaz porselen çamuru tank içerisine arka arkaya gelecek şekilde yerleştirilmiş ve şekillendirme aşamasında doğal bir renk geçişi sağlanmıştır.

Ancak, üretim sürecinde kullanılan üç boyutlu yazıcının teknik sınırlamaları ve baskı hataları, formların ölçülerinin bozulmasına neden olmuştur. Buna rağmen, bu bozulmalar sanatsal bir anlatım aracı olarak değerlendirilebileceği ve eserin özgün bir karakter kazanmasını sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu süreç, seramik yüzeyde akıcı ve doğal bir renk değişimi meydana getirerek, formlara hareket hissi kazandırmıştır. Formların yüzeyinde net bir şekilde gözlemlenebilen renk geçişleri, baskının kontrollü ilerlemesiyle sağlanmış olup, bu geçişler yüzeye derinlik ve katmanlı bir yapı kazandırmıştır.



Resim 3.61. Sonbahar Kodları, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme, Sarı, Kırmızı ve Yeşil Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2025)



Resim 3.62. Sonbahar Kodları, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme, Sarı, Kırmızı ve Yeşil Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2025)

Sarı ve yeşilin yumuşak geçişi, kırmızı tonlarının daha belirgin kontrastıyla birleşerek formun görsel etkisini güçlendirmiştir. Bu tür bir renk dağılımı, geleneksel seramik üretim

yöntemlerinden farklı olarak, üç boyutlu yazıcı teknolojisinin sunduğu yenilikçi malzeme kullanımının bir sonucu olarak değerlendirilebilir. Nozzle yüksekliğinin ayarlanması ile birlikte bu düzensizlik belirginleşmiş ve formlara özgün bir dokusal karakter kazandırmıştır.

Böylece, seramik malzemenin sınırlarını zorlayan bu yaklaşım, geleneksel seramik üretim tekniklerinden farklı olarak, hataların bilinçli bir estetik öğeye dönüşebileceğini göstermektedir.



Resim 3.63. Sonbahar Kodları, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme, Sarı, Kırmızı ve Yeşil Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2025)



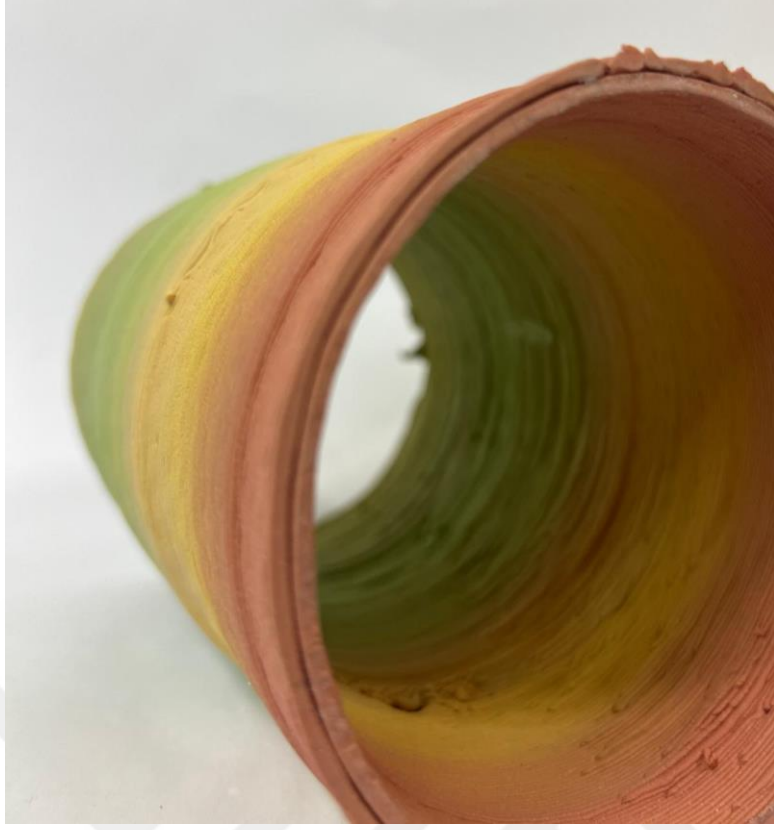
Resim 3.64. Sonbahar Kodları, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme, Sarı, Kırmızı ve Yeşil Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2025)



Resim 3.65. Sonbahar Kodları, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme, Sarı, Kırmızı ve Yeşil Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2025)



Resim 3.66. Sonbahar Kodları, Üç Boyutlu Yazıcı İle Şekillendirme Detay, Sarı, Kırmızı ve Yeşil Pigment Katkılı Porselen Çamuru, 3 mm Nozzle Uç, 1200°C

Kaynak: (Çil, 2025)

SONUÇ

Bu tez çalışmasında, üç boyutlu yazıcı teknolojisinin seramik sanatında kullanımına dair renklendirilmiş seramik çamurunun üretim sürecindeki olanakları ve sınırlılıkları incelenmiştir. Geleneksel seramik şekillendirme yöntemlerinin aksine, renkli çamurun yeni bir şekillendirme yöntemi olan üç boyutlu yazıcılarda kullanımı ile literatüre yenilikçi bir katkı sağlanması amaçlanmıştır. Üç boyutlu yazıcılar, seramik üretim sürecine yalnızca hız ve tekrar edilebilirlik kazandırmakla kalmayıp, aynı zamanda form ve yüzey tasarımında kontrol edilebilir, parametrik yaklaşımlar geliştirilmesine olanak tanımıştır.

Çalışma kapsamında yapılan denemeler, renklendirilmiş seramik çamurunun baskı sürecinde gösterdiği davranışları ortaya koymuş ve bu araştırmalar ile farklı pigmentlerin çamur içerisindeki dağılımı, formlardaki etkisi ve pişme sürecindeki renk stabilitesi gibi teknik unsurlar değerlendirilmiştir. Üç boyutlu yazıcılar sayesinde, renk geçişlerinin daha düzenli ve kontrollü hale getirilebildiği, baskı sürecinde çamurun akışkanlık özelliklerine bağlı olarak elde edilen rastlantısal geçişlerin, bilinçli parametre ayarları ile yönlendirilebildiği görülmüştür. Böylece, renk geçişleri tamamen şansa bırakılmadan, tasarım sürecinin bir parçası haline getirilerek daha kontrollü sonuçlar elde edilmiştir.

Teknik açıdan değerlendirildiğinde, renklendirilmiş çamur kullanımıyla seramik üretiminde yeni bir şekillendirme yöntemi geliştirilmiş ve geleneksel üretim süreçlerinden farklı olarak, katmanlı üretimin sunduğu avantajlar kullanılarak özgün yüzey dokuları ve formlar elde edilmiştir. Tek nozzle ile gerçekleştirilen baskılarda, farklı renklerdeki çamurların birleşim noktalarında zaman zaman karışmalar ve homojen olmayan geçişler gözlemlenmiş olup, bu durumun çift nozzle sistemi ile daha verimli bir şekilde yönetilebileceği değerlendirilmiştir. Çift nozzle kullanımı ile farklı çamurların daha belirgin sınırlarla ve daha kontrollü bir şekilde katmanlanmasının sağlanabileceği, baskı sürecindeki renk stabilitesini artırabileceği ve istenilen desenlerin daha net bir şekilde ortaya çıkmasına imkan tanıyabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmada, renklendirilmiş seramik çamurun üç boyutlu yazıcılarla şekillendirilmesinde elde edilen teknik kazanımların yanı sıra, bu yöntemin sanatsal potansiyelini gözler önüne serilmiştir. Üretim sürecinde karşılaşılan teknik hatalar, yalnızca bir sınırlama olarak değil, aynı zamanda formların özgün karakterini belirleyen birer sanatsal unsur olarak değerlendirilmiştir. Renklerin geçişi ve baskı sürecinde ortaya çıkan yüzey dokuları,

yalnızca görsel bir etki yaratmakla kalmayıp, üretim sürecinin teknik detaylarını da ortaya koymaktadır.

Uygulama sürecinde edindiğim en önemli tecrübelerden biri, renklendirilmiş çamurun homojen bir kıvamda tutulmasının ne kadar kritik olduğudur. Baskı sırasında çamurun yoğunluğundaki küçük değişiklikler bile katman birleşimlerini etkileyebilmekte, bu da baskının sağlamlığını doğrudan değiştirebilmektedir. Ayrıca, seramik çamurun yazıcı sistemine uyum sağlaması için belirli kurutma sürelerinin ve nem oranlarının göz önünde bulundurulması gerektiğini deneyimlerim sonucunda fark edilmiştir.

Elde edilen bulgular, üç boyutlu yazıcıların seramik üretiminde daha etkin ve yaratıcı biçimde kullanılabileceğini göstermiş ve gelecekte bu yöntemin hangi yönlere evrilebileceğine dair önemli veriler sunmuştur. Çalışmanın sonuçları, farklı renkli çamurların çift nozle sistemleri ile daha verimli bir şekilde kullanılabileceğini, baskı sürecinde renk ve doku kontrollerinin daha hassas hale getirilebileceğini ve seramik üretiminde dijital tekniklerin sunduğu avantajların geleneksel yöntemlerle bir araya getirilerek yeni anlatım biçimleri oluşturulabileceğini göstermektedir.

Bu bağlamda, renklendirilmiş seramik çamurunun üç boyutlu yazıcı teknolojisi ile renklendirilmesini teknik bir yenilik olarak görmekten öte yeni potansiyellere işaret eden bir açılım olarak görülmelidir. Renk unsurunun, seramik çamuruyla bilinegelen ilişkisini yenileyen bir bakış açısı kazanılmıştır. Daha önce yüzeysel bir leke ya da kaplama rolüyle sınırlı kalan renk, yazıcı teknolojisi aracılığıyla hacim kazanan, yapının ayrılmaz bir bileşeni haline gelen bir öğeye evrilmiştir. Rengin hacim kazanma olanaklarının keşfedildiği bu araştırmanın, gelecekte yapılacak benzer çalışmalara yön verebileceği öngörülmektedir.

KAYNAKÇA

- 3d Wasp.** (2023). *Pushing the boundaries of ceramic 3D printing with Jonathan Keep*. [Erişim: 21.12.2024, <https://www.3dwasp.com/en/pushing-the-boundaries-of-ceramic-3d-printing-with-jonathan-k/>]
- 3DMcy.** (2024). *3ds Max–Ev Modelleme* [Erişim: 12.12.2024, <https://3dmcy.blogspot.com/p/3ds-max-ev-modelleme-1-bolum.html>]
- Aberdeen City Museums.** (2021). *Jack Hardie. EMuseum*. [Erişim: 20.11.2024, <https://emuseum.aberdeencity.gov.uk/people/37087/jack-hardie>]
- ABK Teknik.** (2023). *ABK Teknik*. [Erişim: 16.01.2025, <https://www.abkteknik.com/solidworks-nedir/>]
- Abraham, J.** (2024). *CNC Vs 3D Printing* [Erişim: 12.12.2024, <https://mellowpine.com/cnc-vs-3d-printing/>]
- Akdemir, Z., D.** (2012). *Renkli Astar Araştırmaları ve Seramik Bünye Üzerine Uygulanması*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, İzmir.
- Alcadsoft.** (2022). *2 Boyutlu Çizim Nedir? 2 Boyutlu Çizim Örnekleri*. [Erişim: 15.12.2024, <https://alcadsoft.com/2022/01/28/2-boyutlu-cizim-nedir-2-boyutlu-cizim-ornekleri/>]
- Animanya.** (2020). *Zbrush İle Kafa Modelleme*. [Erişim: 10.12.2024, <https://animanya.com/zbrush-ile-kafa-modelleme/>]
- Apak S.** (2010). Et Al., Farklı Hızlı Prototipleme Cihazlarında Üretilen Parçaların Üretim Zamanı Ve Maliyet Açısından Karşılaştırılması. *2. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi Bildirileri*, İstanbul.
- Ata Teknik.** (2023). *Eklemeli ve Çıkarmalı İmalat: Avantaj ve Dezavantajları*. [Erişim: 18.02.2025, <https://atateknik.com.tr/blog/eklemeli-ve-cikarmali-imalat-avantaj-ve-dezavantajlari/>]
- Ayta, T.** (1976). *Toprak Sanatlarında Dekoratif Uygulama Yöntemleri*, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Bakırcı, G.** (2008). *20. Yüzyıl Türk Seramik Sanatçılarının Kültürel Üretimlerindeki Düşünsel Altyapılar*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, İstanbul.

- Balyemez, A.** (2018), Seramikte Malzeme Taklidi Geleneği ve Renk, *Journal Of Arts Dergisi*, 1,51-60.
- Beard, P.** (2021). *Ceramics*. [Erişim: 18.11.2024, <https://peterbeard.co.uk/ceramics/>]
- Boyes, A.** (2024) *Ceramics*. [Erişim: 15.11.2024, <https://www.almaboyes.co.uk/work-1/ceramics>]
- Can, E.** (2019). *Seramik Üretim Sürecinde Üç Boyutlu Yazıcıların Kullanımı Ve Sanatsal Öneriler*, Sanatta Yeterlik Tezi, Anadolu Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Eskişehir.
- Chhabra, D., & Sandeep.** (2017). Comparision And Analysis Of Different 3D Printing. *Uluslararası Mühendislik ve Teknolojideki Son Trendler Dergisi*, 8 (4-1).
- Chipstone Foundation** (2024). *Swirls And Whirls: English Agateware Technology*. [Erişim: 15.10.2024, <https://www.chipstone.org/images.php/78/Ceramics-in-America-2003/Swirls-and-Whirls:-English-Agateware-Technology>]
- Colbeck, J.** (1983). *Pottery Techniques of Decoration*. B.T. Batsford Ltd.
- Cottone Auctions.** (2017). *Dorothy Feibleman*, [Erişim: 05.12.2024, <https://www.cottoneauctions.com/lots/49273/dorothy-feibleman-american-b-1951-zig-zag-bowl>]
- Crafts.** (2019). *Agateware: Nedir ve Nasıl Oluşturulur? The Spruce Crafts*. [Erişim: 16.11.2024, <https://www.thesprucecrafts.com/how-to-create-agateware-ceramics-4141725>]
- Crown Work Pottery.** (2021). *Nerikomi With, Ben Davies* [Erişim: 04.12.2024, <https://www.crownworkspottery.com/shop/nerikomi-bendavies>]
- Çağıl, H.** (2019). *12. ve 13. Yüzyıllarda İran ve Anadolu'da Üretilmiş Minai Seramikleri Üzerine Bir İnceleme*, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Çakır, İ. H.** (2011). *Arkaik Dönem Yunan Seramiklerinin İncelenmesi ve Günümüz Yorumlamaları*, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Çalışkan, A.** (2017). *3B Seramik Yazıcı Tasarımı ve Prototip İmalatından Seramik Malzeme Üretimi ve Yazdırma Parametrelerinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Çallı, L., & Taşkın, K.** (2015). 3D Yazıcı Endüstrisinin Oluşturacağı Yeni Pazarlar ve Pazarlama Uygulamaları, *Uluslararası Ekonomi ve İşletme Kongresi (ICEB 2015)*, Gostivar, Makedonya.
- Çevik, N.** (2009). Hacılar Antik Yerleşkesinde Bulunan Seramik Kaplar Üzerindeki Bezemelerin Plastik Açıdan İncelenerek Artistik Yüzey Değerlendirmesinde Bireysel Etkileri. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 29(2), 557-574.
- Çizer, S., & Engineri M.** (2016). Japanese Decorating Technique Nerikomi, *Dokuz Eylül Üniversitesi, 10. Uluslararası Eskişehir Pişmiş Toprak Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, İzmir.
- Çobanlı, Z.** (1996). *Seramik Astarları*, Anadolu Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi Yayınları, No: 15, Eskişehir.
- Çobanlı, Z.** (2021). *Zehra Çobanlı, Anadolu University Museum*. [Erişim: 25.07.2024, <https://csmuze.anadolu.edu.tr/muze-koleksiyonu/cobanli-zehra>]
- Dai Ichi Arts.** (1988). *Matsui Kosei: Jar With Marble Design*. [Erişim: 05.12.2024, <https://www.daiichiarts.com/artists/320-matsui-kosei/works/4705-matsui-kosei-jar-with-marble-design-1988/>]
- Davies, B.** (2023). *Ben Davies, E8 Art & Craft Trail*. [Erişim: 12.11.2024, <https://www.e8artandcrafttrail.co.uk/trail/ben-davies/>]
- Demirbaş, Y. K. & Arlı, B.** (2015). *Uygulamalarla 3 Boyutlu Yazıcı Yapımı ve Kullanımı*, Abaküs Yayınları, İstanbul.
- Diren, S.** (2007). *1930'lardan Günümüze Türk Seramik Sanatından Seçme Eserler*, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Türk Seramik Sanatı Sergi Kataloğu, Graphis Printing House, İstanbul.
- Elanchezhian C., Shanmuga Sundar G., & Sunder Selwyn T.** (2007). *Computer Aided Manufacturing*, (2. Baskı). Boston: Laxmi Publications (P) LTD.
- Elms, F.** (2024). *Multi-tone Round Flow*. [Erişim: 25.07.2024, <https://www.fenellaelms.com/wall-mounted/blue-round-flow>]
- Emre Can Ceramic.** (2017). *Seljuk Iceblue*. [Erişim: 16.12.2024, <https://www.emrecanceramic.com/3rd-gallery?pgid=iv6t336z-93426ae6-cbea-4fb6-b716-458b59084c80>]

Er, Önder., Ç. (2004). *Seramik Sanatında Mermer Tekniği*, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.

Erzincan, A. (2021). Sofra Seramiklerinde Dekorlama Teknikleri, Ink-Jet Dekorlama Tekniği ile Diğer Tekniklerin Birlikte Kullanımı, *Inonu University Journal of Art and Design Dergisi*, 1309-9876.

Erzincan, M. (2018). *3D Programlarının Heykel Sanatına Etkisi Bağlamında Z-Brush Uygulama Örnekleri*, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Erzurum.

Everson (2024). *Object Of The Week: Inner Landscape By Miyashita Zenji*, *Everson Museum Of Art*. [Erişim: 18.11.2024, <https://everson.org/object-of-the-week/object-of-the-week-inner-landscape-by-miyashita-zenji/>]

Feibleman, D. (2021). *Mobilia Gallery*. [Erişim: 18.11.2024, <https://www.mobilia-gallery.com/artists/dorothy-feibleman/>]

Fine Art (2023). *Jasperware, Creamware ve Black Basalt: Wedgwood Seramiklerini Koruma*. *Fine Art Restoration*. [Erişim: 15.11.2024, <https://fineart-restoration.co.uk/news/jasperware-creamware-and-black-basalt-protecting-wedgwood-ceramics/>]

Gallery Japan. (2024). *Work*. [Erişim: 15.11.2024, https://www.galleryjapan.com/locale/en_US/work/101462/]

Gibson, I., Rosen, D. W., & Stucker, B. (2015). Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, *Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing*. Springer. 1-498.

Halkacı, H. S., & Yiğit, O. (2004). Parametrik Tasarım Ve Solidworks CAD Programı İle Bir Uygulama, *Mühendis ve Makina*, 45(537).

Hao, L., Mellor, S., Seaman, O., Henderson, J., Sewell, N., & Sloan, M. (2010). Material Characterisation And Process Development For Chocolate Additive Layer Manufacturing, *Virtual and Physical Prototyping*, 5(2).

Hatipoğlu, T. Y. (2015). *Renklendirilmiş Seramik Çamurlarının Günümüz Sanatında Kullanım Olanakları*, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

- Hitit3D.** (2016). *Üç Boyutlu Yazıcı Tipleri*. [Erişim: 10.12.2024, <https://hitit3d.blogspot.com/2016/12/uc-boyutlu-yazici-tipleri.html>]
- Horn, H.** (2024). *Clay 3D Printing – A Potter’s Perspective*. [Erişim: 22.12.2024, <https://www.ceramicsnow.org/articles/clay-3d-printing-a-potters-perspective/>]
- Işıктаş, İ. D.** (2018). Tasarımda ve Üretimde Üç boyutlu Baskı Teknolojisinin Seramik Alanında Kullanım Olanakları, *Ulakbilge Sosyal Bilimler Dergisi*, 6, (28).
- İ-Akademi.** (2024). *Rhino 3D Uzmanlığı*. [Erişim: 12.12.2024, <https://iakademi.com/egitim/rhino-3d-uzmanligi/>]
- Jmkac** (1996). *Dorothy Feibleman*. [Erişim: 18.02.2025, <https://www.jmkac.org/artist/feibleman-dorothy/>]
- Kacar, V.** (2018). Seramik Yüzeylerde Alternatif Bir İfade Aracı Olarak Ebru Tekniği, *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 6-71.
- Karakaya, F. B.** (2014). *Endüstrileşme Sürecinde Porselen Ürün Tasarımı ve Örnek Uygulama*, Sanatta Yeterlik Tezi, Anadolu Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Eskişehir.
- Kılıç, N. G.** (2019). *Seramik Alanında Üç Boyutlu Yazıcılarla Tasarım*, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Köpüklü, M.** (2019). Silindirik Yüksek Formların Seramik Tornasında Şekillendirilmesi. *Dergi Park Sanat ve Tasarım Dergisi*, 23.
- Kubat, L.** (2002). *Seramik Yüzeyler Üzerinde Akıtma Dekorunun Araştırılması ve Uygulanması*, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- Kubat, L.** (2020). Bilgisayar Kontrollü Sistemlerin Seramik Üretiminde Kullanımı ve CNC Tezgâhlarında Üretimin Seramik Endüstrisine Katkıları, *İdil Dergisi*, 7(13), 125-132.
- Küçükerbaş, M. N.** (2019). *Üç Boyutlu Yazıcılarla Üretilebilecek Form Araştırmaları*, Sanatta Yeterlilik Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, İzmir.
- Küçüksolak, S.** (2019). *Üç Boyutlu Yazıcıların Eğitimde Kullanımı, Öğrenciler Üzerine Bir Uygulama*, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aksaray.
- Küplemez, B.** (2022). Çağdaş Seramik Sanatında Mozaik Tekniği, *Kocaeli Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Dergisi*.

Lauerman, T. (2024). *Presentations, Panel Discussions, Podcasts*. [Erişim: 18.12.2024, <https://www.tomlauerman.com/presentations>]

Lesley. (2023). *Nerikomi Pottery-3 Easy Techniques With Pictures. The Pottery Wheel*. [Erişim: 18.11.2024, <https://thepotterywheel.com/nerikomi-pottery/>]

Lindenfeld, N. (2020). *Cylindrical Vase-Medium. Naomi Lindenfeld Clayworks*. [Erişim: 25.07.2024, https://www.naomilindenfeldshop.com/product/cylindrical-vase-medium/245?cp=true&sa=false&sbp=false&q=false&category_id=2]

Madex Binary. (2022). *Shop, Madex Binary*. [Erişim: 22.12.2024, <https://www.madexbinary.com/shop>]

Marmara, T. (2019). *Yıldız Porselen Vejvut Serisi İle Wedgwood Jasper Serisi Ürünlerinin Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya.

McKenzie, J. (2022). *Nerikomi Bowls, Judy McKenzie Ceramics* [Erişim: 18.11.2024, <https://www.judymckenzie.com/nerikomi/f1im9a8plmxuv7l90iq51lu2o2g6y>]

McRaine, D. (2024). *Dean McRaine-Colored Clay*. [Erişim: 18.11.2024, <https://ceramic.school/courses/dean-mcraime-colored-clay/>]

Meer. (2014). *Spiral Pinch Bowls By Ben Davies. The Geffrye Museum Of The Home*. [Erişim: 04.12.2024, <https://www.meer.com/the-geffrye-museum-of-the-home/artworks/49806>]

Meister Drucke (2024). *Yunan Sanatı: Koşan Atletleri Temsil Eden Siyah Figürlü Panathenaiik Seramik Amfora*. [Erişim: 20.11.2024, <https://www.meisterdrucke.com.tr/fine-art-baski/Kleophrades-Painter-%28fl.500-475-BC%29/1022671/Yunan-Sanat%C4%B1:-Ko%C5%9Fan-atletleri-temsil-eden-siyah-fig%C3%BCr%C3%BC-Panathenaiik-seramik-amfora.-Kleophrades-Ressam%C4%B1-Seramik-%28M%C3%96-5.-yy%27dan-itibaren%29.-500-M.%C3%96.-0,55x0,41-m.html>]

Met Museum (2021). *Search The Collection*. [Erişim: 02.02.2024, <https://www.metmuseum.org/art/collection/search>]

Mirviss, J. B. (2019). *Joan B Mirviss Ltd*. [Erişim: 05.12.2024, <https://www.mirviss.com/artists/miyashita-zenji?view=slider#6>]

- Mirviss, J. B.** (2019). *Ogata Kamio: Waves Of Optical Illusion*. Joan B. Mirviss Ltd. [Erişim: 05.12.2024, <https://www.mirviss.com/exhibitions/ogata-kamio?view=slider#7>]
- Morais, L, & Granja Pereira De** (2014). *Foreign Ceramists In Japan*. Nihon Jōmin Bunka Kenkyūjo Nenpō: Hi-Monji Shiryō Kenkyū Sentā Kiyō. [Eriřim: 22.08.2024, <https://kanagawa-u.repo.nii.ac.jp/records/8221>]
- Mustafa, S.** (2024). *Fdm Yöntemiyle Üretilen Pla Malzemelerin Üretim Parametrelerinin Optimizasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Naomi Lindenfeld** (2016). *Rings Of Color*. *Ceramics Monthly*. [Erişim: 15.01.2025, <https://naomilindenfeld.com/wp-content/uploads/2011/08/Rings-of-Color-article-about-Naomi-Lindenfelds-colored-clay-work-in-the-January-2016-issue-of-Ceramics-Monthly-magazine-1.pdf>]
- Naomi Lindenfeld** (2020). *Naomi Lindenfeld-Colored Clay*. [Erişim: 15.01.2024, <https://naomilindenfeld.com/about-naomi/>]
- Öğütölmüş, A. S.** (2017). *Scara Tipi Üç Boyutlu Yazıcının Tasarımı ve Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Öncel, A.** (2022). *Endüstriyel Seramik Üretiminde CAD/CAM Yöntemlerinin Kullanımı ve Öneminin Araştırılması*, Anadolu Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Eskişehir.
- Özgüven, S.** (2015). Seramik Sanatında Üç Boyutlu Yazıcıların Yeni Bir İfade Biçimi Olarak Kullanılması, *İdil Dergisi*, 4.18.
- Özgüven, S.** (2022). Görsel Programlama ve Grasshopper İle Yapılan Seramik Tasarımlar. *Ulak Bilge Sosyal Bilimler Dergisi*, (71).
- Per, M.** (2012). Renk Teorilerine Tarihsel Bir Bakış, *Yedi: Sanat, Tasarım ve Bilim Dergisi*, (8), 17-26.
- Peters, B.** (2023). *Artists Prints Clay Sculptures To Resemble Textiles*. [Erişim: 15.10.2024, <https://3dprinting.com/news/artists-prints-clay-sculptures-to-resemble-textiles/>]
- Peters, B.** (2024). *About*. [Erişim: 24.12.2024, <https://www.brian-peters.com/about>]
- Piazzolla, H.** (2023). *Dancing Cylinders*. [Erişim: 24.12.2024, <https://hildapiazzolla.com/dancing-cylinders/>]

- Pitelka, V.** (2000). *Gallery*. [Erişim: 18.11.2024, https://www.vincepitelka.com/gallery/?_gallery=gg-2-158]
- Poyraz, M.** (2021). Seramik Bünyede Farklı Katkı Malzemeleri ve Artistik Uygulamalar, *Jia Journal (Ijua) Uluslararası ve Kültürlerarası Sanat Dergisi*, 6-13.
- Regina Servies** (2019). *Wedgwood Jasperware*. [Erişim: 15.11.2024, <https://reginaservies.nl/tr/wedgwood-jasperware/>]
- Repetier.** (2024). *Software Informer*. [Erişim: 12.12.2024, <https://repetier-host1.software.informer.com/1.6/>]
- SFF Symposium.** (2003). *Table Of Contents*. University of Texas at Austin. [Erişim: 28.03.2025, <http://sffsymposium.engr.utexas.edu/2003TOC>]
- Slic3r.** (2024). *Slic3r Manual-Overview*. *Slic3r*. [Erişim: 24.12.2024, <https://manual.slic3r.org/intro/overview.html>]
- Slic3r.** (2024). *Slic3r: Open Source 3D Printing Toolbox*. [Erişim: 24.12.2024, <https://slic3r.org/>]
- Soyut, G.** (2018). *Mine Poyraz, Galeri Soyut*. [Erişim: 25.07.2024, <https://www.galerisoyut.com.tr/arama?q=Artist#Eser/C7e43d1bae9da7712157f9bf562725a5/29536>]
- Soyut, Galeri.** (2019). *Sanver  zguven. Galeri Soyut*. [Erişim: 20.11.2024, <https://www.galerisoyut.com.tr/sanverozguven2019/#eser/67076eedf56362232ba9997875d74391/18502>]
- Sözen, M., & Tanyeli, U.** (1992). *Sanat Kavram ve Terimleri Sözlüğü*, Remzi Kitapevi, 1992.
- Taligacı, M. M.** (2024). *Seramik Sanatında Dekonstr ktivist Formların 3 Boyutlu Yazıcılarla  killendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- Tatlı, O.** (2020). *   Boyutlu Yazıcı Tasarımı, İmalatı ve Dolgu Geometrisinin Mekanik  zelliklere Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Tezel, T., Topal, E. S., & Kovan, V. (2018). Hibrit İmalat: Eklemeli İmalat ile Talaşlı İmalat Yöntemlerinin Birlikte Kullanılabilirliğinin İncelenmesi. *International Journal of 3D Printing Technologies And Digital Industry*, 2(3), 60-65.

The Potters Cast. (2023). *A 3D Printer-Piotr Waśniowski*. [Erişim: 18.11.2024, <https://thepotterscast.com/a-3d-printer-piotr-wasniowski-episode-970/>]

Tihanyi, T. (2018). *Textile Traditions*. [Erişim: 20.11.2024, <https://www.timeatihanyi.com/textile-traditions/kl24wl8600k4jnm4gu6es3vyaf8ni>]

Topak, N. (2009). *Tekstil Desenlerinin Seramik Yüzeylere Uygulanması*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, İstanbul.

Top-CAD-Center. (2022). *SolidWorks Tipps Und Tricks*. *Top-CAD-Center*. [Erişim: 12.12.2024, <https://www.top-cad-center.de/solidworks-tipps-und-tricks/>]

Türkel E. (2008). *Bilgisayar Destekli Tasarım Programlarıyla Seramik Ürünlerin Modellenmesi ve Bir Pisuar Uygulaması*, Sanatta Yeterlik Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, İzmir.

Türker, H, B. (2013). *Peyzaj Mimarlığında Kullanılan Ağaçların Bilgisayar Destekli Modellenmesi Üzerine Bir Araştırma*, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Unfold. (2012). *Ceramic 3D printing*. *Unfold Design Studio*. [Erişim: 21.12.2024, <https://www.unfold.be/pages/ceramic-3d-printing.html>]

Unfold. (2012). *Stratigraphic manufactory*. [Erişim: 20.12.2024, <https://www.unfold.be/pages/stratigraphic-manufactory.html>]

Usta, S. (2024). *Endüstriyel Seramik Üretiminde Cad/Cam Sistemlerinin Kullanımı: Bir Örnek Vitrifiye Üretimi*, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.

Uzuner, O. (1998). *Seramik Çamurlarının Renklendirilmesi ve Renkli Seramik Çamurları İle Şekillendirme Aşamasında Yapılan Dekor Yöntemleri*, Sanatta Yeterlilik Tezi, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.

Uzuner, O. (1999). Seramik Sanatında Renkli Çamur Tekniği, *Anadolu Sanat Dergisi*, (10).

Van Herpt, O. (2014). *3D Printing Ceramics*. [Erişim: https://oliviervanherpt.com/3d-printing-ceramics/?utm_source=chatgpt.com]

Van Herpt, O. (2017). *3D Printing Porcelain*. [Erişim: 17.12.2024, <https://oliviervanherpt.com/3d-printing-porcelain/>]

Warnier, C., Verbruggen, D., Ehmann, S., & Klanten, R. (2014). *Printing Things Vision And Essentials For 3D Printing*. Berlin, Gestalten.

Waşniowski, P. (2023). *3D Printer* [Erişim: 20.11.2024, <https://thepotterscast.com/a-3d-printer-piotr-wasniowski-episode-970/>]

Yıldırım, G., Yıldırım, S., & Çelik, E. (2018). Yeni Bir Bakış-Üç Boyutlu Yazıcılar ve Öğretimsel Kullanımı: Bir İçerik Analizi, *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi*, (165).

Yoleri, H., Çizer, İ. S., Çövenoğlu, F., Özçalık, G., Doğan, Ş., Bolaç, N., & Canbolat, N. (1999). *Terra Sigillata: Antik Dönemden Günümüze Yapım ve Kullanımı Sürdürülen Bir Zinter Astar Çeşidi*, Uluslararası Seramik, Porselen ve Cam Teknolojileri Fuarı, İstanbul, Turkey.

Yu, L. (2013). *A Comparative Study Of Rapid Prototyping Systems*, MoSpace.

Yücel, T., & Gündoğdu, A. (2016). Bir Japon Dekor Tekniğı: Nerikomi. *10. Uluslararası Eskişehir Pişmiş Toprak Sempozyumu Bildirileri*, 17 Eylül-2 Ekim, Eskişehir.