T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ
SERAMİK VE CAM TASARIMI ANASANAT DALI
Yüksek Lisans Tezi

HARÇ YIĞMA TEKNİĞİ İLE ÇALIŞAN ÜÇ BOYUTLU SERAMİK YAZICILARDA KULLANILABİLECEK BÜNYE ARAŞTIRMALARI

Hazırlayan
Fatih Aslan

Danışman
Doç. Efe Türkel

İZMİR-2021

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Harç Yığma Tekniği İle Çalışan Üç Boyutlu Seramik Yazıcılarda Kullanılabilecek Bünye Araştırmaları” adlı çalışmanın, tarafımdan, bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Tarih

… / … / …

Fatih Aslan

İmza

TUTANAK

Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü' nün …… / …… / ……. tarih ve …… sayılı toplantısında oluşturulan jüri, Lisanüstü Öğretim Yönetmeliği' nin …….. maddesine göre Yüksek Lisans öğrencisi Fatih Aslan'ın "Harç Yığma Tekniği İle Çalışan Üç Boyutlu Seramik Yazıcılarda Kullanılabilecek Bünye Araştırmaları" konulu tezi incelenmiş ve aday …… / ……. / ……... tarihinde, saat ……'da jüri önünde tez savunmasına alınmıştır.

Adayın kişisel çalışmaya dayanan tezini savunmasından sonra ……. dakikalık süre içinde gerek tez konusu, gerekse tezin dayanağı olan anasanat dallarından jüri üyelerine sorulan sorulara verdiği cevaplar değerlendirilerek tezin …….. olduğuna oy …… ile karar verilmiştir.

BAŞKAN

ÜYE ÜYE

ÖZET

"Harç Yığma Tekniği İle Çalışan Üç Boyutlu Seramik Yazıcılarda Kullanılabilecek Bünye Araştırmaları" başlıklı tez çalışması 218M919 TÜBİTAK projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Çalışma üç boyutlu kil yazıcıların kullanımına elverişli bünyeler elde etmek amacıyla, üçlü ve dörtlü diyagram yöntemleri kullanılarak oluşturulan 542 reçetenin 414 tanesinin uygulanmasıyla gerçekleşmiştir. 900, 950, 1000, 1050°C'lerde pişirimleri yapılan bünyelerin bir kısmı geleneksel şekillendirme yöntemlerine uygun olmakla birlikte bir kısmı da geleneksel yöntemlerle şekillendirilemeyecek düzeyde düşük plastikliğe sahiptir. Uygulama bölümünde, deneme baskıları yapılan bünyelerin reçeteleri ve pişirim sonuçları verilmiş, yapılan gözlemlerin sonuçları aktarılmış ve elde edilen uygun bünyeler ile üç boyutlu yazıcıda form denemeleri yapılmıştır. Bu killerin reçeteleri, görselleri, pişirim sıcaklıkları ve test sonuçları tez çalışması içinde paylaşılmıştır.

Bu çalışmada ulaşılmak istenen bilimsel ve teknolojik hedef; yerel hammaddelerle üç boyutlu yazıcılarda kullanılmak üzere düşük derecelerde pekişebilen seramik çamurları geliştirmek, seramik sanayinde şekillendirme aşamasında kullanılan alçı, polimer v.b. ürünlere bağlı kalmaksızın ürün geliştirerek alana yönelik maliyetleri azaltmak, bu çamurların fiziki yapılarına göre yazıcıda yapılabilecek geliştirme önerilerini sunmaktır. Sosyo-ekonomik olarakta; orta ve küçük ölçekli üreticiler veya bireysel kullanıcılar için düşük maliyetli ürünler üretebilme ve ürün gamını geliştirme imkânı sağlanması da hedeflenmiştir.

ABSTRACT

This thesis titled “Research on Clay Bodies that can be used in Ceramic 3D Printers Working with the Fused Deposition Modelling Principle” is within the scope of 218M919 TÜBİTAK Project. In this study, 414 of 542 recipes, that are created using ternary and quadratic diagram methods, were applied for the purpose of creating suitable bodies for three dimensional clay printers. Some of these bodies, which are fired at 900°C, 950°C, 1000°C, and 1050°C, are suitable for standard shaping methods while the plasticity ratio of others are too low to be shaped by hand. During the application process, trial prints of the recipes were made, and based on the firing results and observations, suitable bodies were determined. With these selected ones, form trials in 3D printers were carried out. Data consisting of recipes, visuals, firing temperatures, observations and test results of these clays are shared within the scope of these thesis and project.

Scientific and technological goal to be achieved in this thesis; to develop ceramic clay recipes by the use of local raw materials that can be fired at low degrees to be used in three-dimensional printers, also to reduce the costs of production by restrain utilisation of gypsum, polymer etc. that used in the shaping process in the ceramic industry, and offer improvement suggestions that can be made in the printer according to the physical structure of these clays. Socio-economically; providing the opportunity for medium and small scale enterprises or individual user to produce low-cost products and to develop their product range is aimed.

ÖNSÖZ

Dünyada üç boyutlu yazıcılarda harç yığma tekniğiyle seramik çamuru kullanımı ilk olarak 1990'ların başında ortaya çıkmış ve gelişme göstermiştir. Bu yazıcılar teknik açıdan gıdadan mimariye, arkeolojiden savunma sanayiine kadar pek çok alanda kullanıma uygun olmakla beraber, ihtiyaca göre spesifik aparatlar eklenebilmesi sayesinde seramik alanında da kullanılabilir. Dünyanın önde gelen seramik üreticilerinden birisi olan ülkemizde, sürekli olarak gelişime açık bir yapıda olan bu yazıcılarla ilgili olarak sınırlı sayıda ve ağırlıklı sanatsal üretimle ilişkili kullanımlar gerçekleşmektedir. Ülkemizde endüstriyel alanda henüz kullanılmayan bu yazıcıların potansiyeli gelişime açıktır ancak buna yönelik henüz kapsamlı bir çalışma yapılmadığı gibi alanla ilgili literatür de sınırlıdır. Bu çalışmanın ana amacı bu yazıcılarda kullanılmak üzere seramikte geleneksel yöntemlerle şekillendirilmesi güç, düşük derecede pekişebilen baz çamur reçeteleri oluşturmak ve bunları uygulamaktır.

Bu tezin başlangıç aşamasında bu çalışmanın TÜBİTAK desteği alması gerektiğini söyleyen ve bu konuda başvuru yaparak çalışmanın aynı zamanda bir projeye dönüşmesini sağlayan, çalışma esnasında çıkan sorunlara karşı geri adım atmadan ilerlememi sağlayan değerli tez danışmanım Doç. Efe Türkel hocama içtenlikle teşekkür ederim. Bunun yanı sıra tez ve proje sürecinde yanımda yer alan ve bu tezin şekillenmesinde, atılacak adımlarda yardımını esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Pınar Çalışkan Güneş hocama ve eğitimim süresince desteğini esirgemeyen Anasanat Dalı Başkanımız Prof. Halil Yoleri hocam başta olmak üzere tüm hocalarıma teşekkürlerimi sunarım. Araştırma ve uygulamalarım süresince yardımlarını benden esirgemeyen gerektiğinde çalışma ortamı, ekipman ve malzeme sağlayan değerli sanatçı Mehmet Tüzüm Kızılcan'a, çalışmalarım süresince desteğini hiç esirgemeden yanımda olan Derya Deniz'e ayrıca çok teşekkür ederim. Proje ekibinde yer alan bölümümüz öğrencisi Nazlı Harika Zorkun Çağlayan'a projeye ve tezime bulunduğu katkılardan dolayı teşekkür ederim.

Eğitim ve meslek yaşamımdaki süreçte desteklerini benden esirgemeyen sevgili aileme, kıymetli annem ve babama sonsuz teşekkürleri bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

YEMİN METNİ i

TUTANAK ii

ÖZET iii

ABSTRACT iv

ÖNSÖZ v

İÇİNDEKİLER vi

ŞEKİLLER LİSTESİ ix

TABLOLAR LİSTESİ xxiii

KISALTMALAR VE SEMBOLLER LİSTESİ xxv

GİRİŞ 1

1. BÖLÜM

ÜÇ BOYUTLU SERAMİK YAZICILAR

1.1. Üç Boyutlu Seramik Yazıcı Teknolojisi 3

1.1.1. Sulu Harç Beslemeli Yazıcılar 4

1.1.2. Toz Beslemeli Yazıcılar 7

1.1.3. Yığınsal Katı Beslemeli Yazıcılar 9

2. BÖLÜM

HARÇ YIĞMA TEKNİĞİ İLE ÇALIŞAN SERAMİK ÜÇ BOYUTLU YAZICININ OLUŞTURULMASI VE ÖN UYGULAMALAR

2.1. Delta Tipi Bir Seramik Üç Boyutlu Yazıcının Donanım Bileşenleri 14

2.2. Delta Tipi Bir Seramik Üç Boyutlu Yazıcının Yazılım Bileşenleri 16

2.3. Seramik Üç Boyutlu Yazıcının Baskıya Hazırlık Aşamaları 18

2.4. Baskı Süreci İçin Uygun Çamur Yoğunluğunun Tespit Edilmesi 19

3. BÖLÜM

BÜNYE ARAŞTIRMALARI VE UYGULAMALAR

3.1. Yöntem 29

3.1.1. Üçlü Diyagram Yöntemi 30

3.1.2. Dörtlü diyagram yöntemi 32

3.2. Deneyde Kullanılan Hammaddeler 34

3.3. Reçete Uygulamaları 38

3.4. Üçlü ve Dörtlü Diyagram Yöntemi İle Hazırlanan Bünyeler 41

3.4.1. Piramit 1 41

3.4.2. Piramit 2 57

3.4.3. Piramit 3 70

3.4.4. Piramit 4 99

3.4.5. Piramit 5 102

3.4.6. Piramit 6 121

3.4.7. Piramit 7 136

3.4.8. Diyagram 1 157

3.4.9. Diyagram 2 165

3.4.10. Diyagram 3 173

3.4.11. Diyagram 4 181

3.4.12. Diyagram 5 189

3.5. Seçilen Bünyelere Uygulanan Deneyler 196

3.5.1. Kuru, Pişme ve Toplu Küçülme Deneyi 196

3.5.1.1. Kuru Küçülme Deneyi 196

3.5.1.2. Pişme Küçülme Deneyi 197

3.5.1.3. Toplu Küçülme Deneyi 197

3.5.2. Su Emme Deneyi 197

3.5.3. Mukavemet Deneyi 198

3.5.3.1. Ham Mukavemet 198

3.5.3.2. Kuru Mukavemet 198

3.5.3.3. Pişme Mukavemeti 199

SONUÇ 215

KAYNAKÇA 217

ÖZGEÇMİŞ 221

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil 1. Seramik ve camın ana hammaddelerinden biri olan SiO_2 ile SL yazıcılarla basılan parçalardan örnekler. (a) Gözenekli biyoseramik parça, (b) fotonik kristaller, (c) boşluklu türbin kanadı, (d) kanatçıklı disk, (e-f) hassas döküm kalıpları 5

Şekil 2. DLP yönteminde alümina (a-b) ve biyocam..... 5

Şekil 3. %40 oranında seramik mikroyapıların TPP yöntemiyle kürlenerek oluşturulduğu şekiller..... 6

Şekil 4. TiO_2'in katmanlar halinde basılmış (a) ve sinterleştirilmiş (b) görüntüsü 6

Şekil 5. Direkt mürekkep baskı (DIW) şematiği ve basılmış bir çene protezi örneği 6

Şekil 6. 3DP yazıcı teknolojisinin genel işleyiş şeması..... 8

Şekil 7. SLS yazıcı teknolojisinin genel şeması 8

Şekil 8. SLM ile üretilmiş ZrO_2 objenin yüzey özellikleri; (a) çatlaklar, (b) açık gözenekler, (c) ZrO_2 nesne 9

Şekil 9. Titanyum silikokarbitle (Ti_3SiC_2) şekillendirilmiş bir çark parçası. (a) Parçanın ham görüntüsü, (b) parçanın sinterlenmiş görüntüsü, (c) parçanın silikon kaplamalı görüntüsü..... 11

Şekil 10. Bu tip yazıcılarda farklı bileşenlerden oluşan filamentler veya hammaddenin direkt olarak kendisi şeritler halinde üst üste eklemlenerek işlenir 11

Şekil 11. Unfold tasarım stüdyosunun ilk olarak 2009'da geliştirdiği RepRap Seramik yazıcı..... 12

Şekil 12. Çamur deposu ve çamurun depoya yüklenmesi işlemi 15

Şekil 13. Ekstrüderin parçalı ve montajlı görünüşü..... 15

Şekil 14. (a) Ekstrüderin yazıcı kollara montajlanması, (b) çamur deposunun montajlanması, (c) bilgisayara bağlanmış delta tipi yazıcının genel görünümü..... 16

Şekil 15. STL formatında bir küre modelin sert (a) ve yumuşak (b) yüzey görünümü.... 17

Şekil 16. Modelleme, dilimleme ve baskı sonucu. “Same lies different lives”, 1040 °C, Fatih Aslan-2019 19

Şekil 17. Stoneware çamuru, **“**Modern Themis” Heykelin yüz kısmı elle şekillendirildikten sonra üst parçası yüz hattına göre modellenip 3d yazıcı ile devam edilmiştir. 1100C, Fatih Aslan-2019 22

Şekil 18. “Hayatın Yarısında” Rhinoceros 6 + Grasshopper eklentisinde algoritma oluşturarak modellenmiş gcode’u seramik heykel uygulaması. 1200C, Porselen, Fatih Aslan-2020 23

Şekil 19. “Kesişen Hayatlar” Rhinoceros 6 + Grasshopper eklentisinde algoritma oluşturarak modellenmiş gcode’u seramik heykel uygulaması. 1200C, Porselen, Fatih Aslan-2020 23

Şekil 20. Rhinoceros programında yapılan katı model ve delta tipi yazıcıda basılan seramik heykel uygulaması. Heykelin başı elle şekillendirilmiştir. Stoneware çamuru. “Başka Bir Dünya”, 50 x 20 x 12 cm, 1040 °C, Efe Türkel-2019 24

Şekil 21. Kahverengi stoneware çamuru, “Çobanyıldızı”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, 40x12x5.5 cm, 1000 ^{0}C, Nil Küçükerbaş-2019..... 25

Şekil 22. Stoneware çamuru, “Thinking Overdose ” Fatih Aslan, 2019 26

Şekil 23. Stoneware çamuru, “Thinking Overdose ” Fatih Aslan, 2019 27

Şekil 24. Solda hava ile çalışan enjeksiyon tüpü, sağda motor ile çalışan enjeksiyon tüpü..... 30

Şekil 25. Üçlü diyagram örneği 32

Şekil 26. Dörtlü diyagram örneği..... 33

Şekil 27. Reçetelere su ilave edilerek öğütmeye hazırlanması işlemi 38

Şekil 28. Baskı aşaması 39

Şekil 29. Piramit 1’e ait reçete 17, 22, 27 ve 30 nolu denemelerin baskı süreçlerinden örnekler 40

Şekil 30. Piramit 1'e ait reçete 37 (a,b) ve 46'nın (c,d) baskı süreci ve sonrasında tüpten geri çıkarılmış halleri 40
Şekil 31. P1R1 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....49
Şekil 32. P1R2 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....49
Şekil 33. P1R3 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....49
Şekil 34. P1R4 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....50
Şekil 35. P1R5 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....50
Şekil 36. P1R6 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....50
Şekil 37. P1R7 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....51
Şekil 38. P1R9 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....51
Şekil 39. P1R10 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....51
Şekil 40. P1R14 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....52
Şekil 41. P1R15 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....52
Şekil 42. P1R19 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....52
Şekil 43. P1R20 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....53
Şekil 44. P1R21 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....53
Şekil 45. P1R27 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....53
Şekil 46. P1R28 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....54
Şekil 47. P1R35 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....54
Şekil 48. P1R36 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....54
Şekil 49. P1R44 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....55
Şekil 50. P1R45 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....55
Şekil 51. P1R47 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....55
Şekil 52. P1R48 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....56
Şekil 53. P1R49 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....56
Şekil 54. P1R50 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....56

Şekil 55. P1R53 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....57
Şekil 56. P2R1 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....64
Şekil 57. P2R2 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....64
Şekil 58. P2R3 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....64
Şekil 59. P2R4 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....65
Şekil 60. P2R5 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....65
Şekil 61. P2R6 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....65
Şekil 62. P2R7 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....66
Şekil 63. P2R8 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....66
Şekil 64. P2R9 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler. En sağda basılı örnek üzerinden anlaşılmaktadır ki bünye 1000°C üzerinde pişirilmemelidir.....66
Şekil 65. P2R11 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....67
Şekil 66. P2R12 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 67
Şekil 67. P2R13 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 67
Şekil 68. P2R16 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 68
Şekil 69. P2R17 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 68
Şekil 70. P2R18 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 68
Şekil 71. P2R19 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler. En sağda basılı örnek üzerinden anlaşılmaktadır ki bünye 1000°C üzerinde pişirilmemelidir.....69
Şekil 72. P2R22 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....69
Şekil 73. P2R24 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....69
Şekil 74. P2R25 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....70
Şekil 75. P2R30 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....70
Şekil 76. P3R1 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....78
Şekil 77. P3R2 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....78
Şekil 78. P3R3 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....78

Şekil 79. P3R4 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....79
Şekil 80. P3R5 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....79
Şekil 81. P3R6 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....79
Şekil 82. P3R7 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....80
Şekil 83. P3R8 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....80
Şekil 84. P3R9 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....80
Şekil 85. P3R10 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....81
Şekil 86. P3R11 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....81
Şekil 87. P3R12 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....81
Şekil 88. P3R13 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....82
Şekil 89. P3R14 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....82
Şekil 90. P3R15 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....82
Şekil 91. P3R16 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....83
Şekil 92. P3R17 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....83
Şekil 93. P3R18 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....83
Şekil 94. P3R19 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....84
Şekil 95. P3R20 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....84
Şekil 96. P3R21 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....84
Şekil 97. P3R22 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....85
Şekil 98. P3R23 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....85
Şekil 99. P3R24 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....85
Şekil 100. P3R25 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....86
Şekil 101. P3R26 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....86
Şekil 102. P3R27 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....86
Şekil 103. P3R28 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....87
Şekil 104. P3R29 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....87

Şekil 105. P3R30 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....87
Şekil 106. P3R31 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....88
Şekil 107. P3R32 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....88
Şekil 108. P3R33 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....88
Şekil 109. P3R34 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....89
Şekil 110. P3R35 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....89
Şekil 111. P3R36 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....89
Şekil 112. P3R37 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....90
Şekil 113. P3R38 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....90
Şekil 114. P3R39 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....90
Şekil 115. P3R40 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....91
Şekil 116. P3R41 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....91
Şekil 117. P3R42 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....91
Şekil 118. P3R43 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....92
Şekil 119. P3R44 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....92
Şekil 120. P3R45 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....92
Şekil 121. P3R46 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....93
Şekil 122. P3R47 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....93
Şekil 123. P3R48 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....93
Şekil 124. P3R49 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....94
Şekil 125. P3R50 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....94
Şekil 126. P3R51 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....94
Şekil 127. P3R52 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....95
Şekil 128. P3R53 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....95
Şekil 129. P3R55 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....95
Şekil 130. P3R56 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....96

Şekil 131. P3R57 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....96
Şekil 132. P3R58 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....96
Şekil 133. P3R59 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....97
Şekil 134. P3R60 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....97
Şekil 135. P3R63 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....97
Şekil 136. P3R64 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....98
Şekil 137. P3R65 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....98
Şekil 138. P3R66 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....98
Şekil 139. P5R1 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler..... 107
Şekil 140. P5R2 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler..... 107
Şekil 141. P5R3 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler..... 108
Şekil 142. P5R4 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler..... 108
Şekil 143. P5R5 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler..... 108
Şekil 144. P5R6 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler..... 109
Şekil 145. P5R7 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler..... 109
Şekil 146. P5R8 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler..... 109
Şekil 147. P5R9 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler..... 110
Şekil 148. P5R10 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler..... 110
Şekil 149. P5R11 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler..... 110
Şekil 150. P5R12 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler..... 111
Şekil 151. P5R13 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler..... 111
Şekil 152. P5R14 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler..... 111
Şekil 153. P5R15 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler..... 112
Şekil 154. P5R16 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler..... 112
Şekil 155. P5R17 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler..... 112
Şekil 156. P5R18 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler..... 113

Şekil 157. P5R19 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....113
Şekil 158. P5R20 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....113
Şekil 159. P5R21 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....114
Şekil 160. P5R22 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....114
Şekil 161. P5R23 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....114
Şekil 162. P5R24 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....115
Şekil 163. P5R25 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....115
Şekil 164. P5R26 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....115
Şekil 165. P5R27 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....116
Şekil 166. P5R28 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....116
Şekil 167. P5R29 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....116
Şekil 168. P5R30 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....117
Şekil 169. P5R31 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....117
Şekil 170. P5R32 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....117
Şekil 171. P5R33 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....118
Şekil 172. P5R34 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....118
Şekil 173. P5R35 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....118
Şekil 174. P5R36 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....119
Şekil 175. P5R42 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....119
Şekil 176. P5R43 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....119
Şekil 177. P5R44 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....120
Şekil 178. P5R45 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....120
Şekil 179. P6R1 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....126
Şekil 180. P6R2 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....126
Şekil 181. P6R3 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....126
Şekil 182. P6R4 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....127

Şekil 183. P6R5 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....127
Şekil 184. P6R6 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....127
Şekil 185. P6R7 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....128
Şekil 186. P6R8 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....128
Şekil 187. P6R9 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....128
Şekil 188. P6R10 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....129
Şekil 189. P6R11 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....129
Şekil 190. P6R12 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....129
Şekil 191. P6R13 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....130
Şekil 192. P6R14 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....130
Şekil 193. P6R15 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....130
Şekil 194. P6R17 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....131
Şekil 195. P6R18 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....131
Şekil 196. P6R19 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....131
Şekil 197. P6R24 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....132
Şekil 198. P6R27 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....132
Şekil 199. P6R28 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....132
Şekil 200. P6R33 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....133
Şekil 201. P6R34 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....133
Şekil 202. P6R35 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....133
Şekil 203. P6R36 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....134
Şekil 204. P6R42 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....134
Şekil 205. P6R43reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....134
Şekil 206. P6R44 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....135
Şekil 207. P6R45 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....135
Şekil 208. P7R1 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....142

Şekil 209. P7R2 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....142
Şekil 210. P7R3 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....142
Şekil 211. P7R4 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....143
Şekil 212. P7R5 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....143
Şekil 213. P7R6 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....143
Şekil 214. P7R7 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....144
Şekil 215. P7R8 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....144
Şekil 216. P7R9 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....144
Şekil 217. P7R10 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....145
Şekil 218. P7R11 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....145
Şekil 219. P7R12 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....145
Şekil 220. P7R13 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....146
Şekil 221. P7R14 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....146
Şekil 222. P7R15 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....146
Şekil 223. P7R16 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....147
Şekil 224. P7R17 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....147
Şekil 225. P7R18 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....147
Şekil 226. P7R19 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....148
Şekil 227. P7R20 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....148
Şekil 228. P7R21 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....148
Şekil 229. P7R22 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....149
Şekil 230. P7R23 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....149
Şekil 231. P7R24 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....149
Şekil 232. P7R25 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....150
Şekil 233. P7R26 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....150
Şekil 234. P7R27 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....150
Şekil 235. P7R28 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....151
Şekil 236. P7R29 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....151
Şekil 237. P7R30 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....151
Şekil 238. P7R31 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.....152

Şekil 239. P7R32 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 152
Şekil 240. P7R33 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 152
Şekil 241. P7R34 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 153
Şekil 242. P7R35 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 153
Şekil 243. P7R36 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 153
Şekil 244. P7R37 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 154
Şekil 245. P7R38 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 154
Şekil 246. P7R39 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 154
Şekil 247. P7R40 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 155
Şekil 248. P7R41 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 155
Şekil 249. P7R42 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 155
Şekil 250. P7R43 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 156
Şekil 251. P7R44 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 156
Şekil 252. P7R45 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 156
Şekil 253. D1R1 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 159
Şekil 254. D1R2 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 159
Şekil 255. D1R3 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 159
Şekil 256. D1R4 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 160
Şekil 257. D1R5 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 160
Şekil 258. D1R6 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 160
Şekil 259. D1R7 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 161
Şekil 260. D1R8 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 161
Şekil 261. D1R9 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 161
Şekil 262. D1R10 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 162
Şekil 263. D1R11 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 162
Şekil 264. D1R12 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 162
Şekil 265. D1R13 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 163
Şekil 266. D1R14 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 163
Şekil 267. D1R15 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 163
Şekil 268. D1R16 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 164

Şekil 269. D2R1 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 167
Şekil 270. D2R2 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 167
Şekil 271. D2R3 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 167
Şekil 272. D2R4 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 168
Şekil 273. D2R5 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 168
Şekil 274. D2R6 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 168
Şekil 275. D2R7 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 169
Şekil 276. D2R8 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 169
Şekil 277. D2R9 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 169
Şekil 278. D2R10 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 170
Şekil 279. D2R11 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 170
Şekil 280. D2R12 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 170
Şekil 281. D2R13 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 171
Şekil 282. D2R14 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 171
Şekil 283. D2R15 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 171
Şekil 284. D2R16 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 172
Şekil 285. D3R1 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 175
Şekil 286. D3R2 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 175
Şekil 287. D3R3 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 175
Şekil 288. D3R4 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 176
Şekil 289. D3R5 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 176
Şekil 290. D3R6 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 176
Şekil 291. D3R7 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 177
Şekil 292. D3R8 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 177
Şekil 293. D3R9 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 177
Şekil 294. D3R10 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 178
Şekil 295. D3R11 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 178
Şekil 296. D3R12 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 178
Şekil 297. D3R13 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 179
Şekil 298. D3R14 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 179

Şekil 299. D3R15 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 179
Şekil 300. D3R16 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 180
Şekil 301. D4R1 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 183
Şekil 302. D4R2 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 183
Şekil 303. D4R3 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 183
Şekil 304. D4R4 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 184
Şekil 305. D4R5 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 184
Şekil 306. D4R6 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 184
Şekil 307. D4R7 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 185
Şekil 308. D4R8 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 185
Şekil 309. D4R9 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 185
Şekil 310. D4R10 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 186
Şekil 311. D4R11 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 186
Şekil 312. D4R12 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 186
Şekil 313. D4R13 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 187
Şekil 314. D4R14 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 187
Şekil 315. D4R15 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 187
Şekil 316. D4R16 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 188
Şekil 317. D5R1 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 191
Şekil 318. D5R2 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 191
Şekil 319. D5R3 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 191
Şekil 320. D5R4 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 192
Şekil 321. D5R5 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 192
Şekil 322. D5R6 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 192
Şekil 323. D5R7 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 193
Şekil 324. D5R8 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 193
Şekil 325. D5R9 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 193
Şekil 326. D5R10 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 194
Şekil 327. D5R11 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 194
Şekil 328. D5R12 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 194

Şekil 329. D5R13 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 195
Şekil 330. D5R14 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 195
Şekil 331. D5R15 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 195
Şekil 332. D5R16 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler 196
Şekil 333. P1R2 reçetesine ait pişirilmiş örnek 201
Şekil 334. P1R14 reçetesine ait pişirilmiş örnek 202
Şekil 335. P2R5 reçetesine ait pişirilmiş örnek 203
Şekil 336. P2R12 reçetesine ait basılmış (a) ve pişirilmiş (b) örnek 204
Şekil 337. P3R17 reçetesine ait pişirilmiş örnek 205
Şekil 338. P5R11 reçetesine ait pişirilmiş örnek 206
Şekil 339. P5R16 reçetesine ait pişirilmiş örnek 207
Şekil 340. P6R12 reçetesine ait pişirilmiş örnek 208
Şekil 341. P6R12 reçetesine ait pişirilmiş örnek 209
Şekil 342. P6R18 reçetesine ait pişirilmiş örnek 209
Şekil 343. P7R4 reçetesine ait pişirilmiş örnek 210
Şekil 344. D4R8 reçetesine ait pişirilmiş örnek.....212
Şekil 345. D4R8 reçetesine ait pişirilmiş örnek.....212
Şekil 346. D5R6 reçetesine ait pişirilmiş örnek.....213
Şekil 347. D5R6 reçetesine ait pişirilmiş örnek.....214

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1. Seramik üç boyutlu yazıcı teknolojileri 3

Tablo 2.Üretim aşamasında kullanılan çamurların su yüzdelerini belirten tablo 21

Tablo 3. Piramit 1'e ait sonuçlar 42

Tablo 4. Piramit 1'e ait sonuçlar 43

Tablo 5. Piramit 1'e ait sonuçlar 44

Tablo 6. Piramit 1'e ait sonuçlar 45

Tablo 7. Piramit 1'e ait sonuçlar 46

Tablo 8. Piramit 1'e ait sonuçlar 47

Tablo 9. Piramit 1'e ait sonuçlar 48

Tablo 10. Piramit 2'ye ait sonuçlar 58

Tablo 11. Piramit 2'ye ait sonuçlar 59

Tablo 12. Piramit 2'ye ait sonuçlar 60

Tablo 13. Piramit 2'ye ait sonuçlar 61

Tablo 14. Piramit 2'ye ait sonuçlar 62

Tablo 15. Piramit 2'ye ait sonuçlar 63

Tablo 16. Piramit 2'ye ait sonuçlar 63

Tablo 17. Piramit 3'e ait sonuçlar 71

Tablo 18. Piramit 3'e ait sonuçlar 72

Tablo 19. Piramit 3'e ait sonuçlar 73

Tablo 20. Piramit 3'e ait sonuçlar 74

Tablo 21. Piramit 3'e ait sonuçlar 75

Tablo 22. Piramit 3'e ait sonuçlar 76

Tablo 23. Piramit 3'e ait sonuçlar 77

Tablo 24. Piramit 4'e ait sonuçlar 99

Tablo 25. Piramit 4'e ait sonuçlar 100

Tablo 26. Piramit 4'e ait sonuçlar 101
Tablo 27. Piramit 5'e ait sonuçlar 102
Tablo 28. Piramit 5'e ait sonuçlar 103
Tablo 29. Piramit 5'e ait sonuçlar 104
Tablo 30. Piramit 5'e ait sonuçlar 105
Tablo 31. Piramit 5'e ait sonuçlar 106
Tablo 32. Piramit 5'e ait sonuçlar 107
Tablo 33. Piramit 6'ya ait sonuçlar 121
Tablo 34. Piramit 6'ya ait sonuçlar 122
Tablo 35. Piramit 6'ya ait sonuçlar 123
Tablo 36. Piramit 6'ya ait sonuçlar 124
Tablo 37. Piramit 6'ya ait sonuçlar 125
Tablo 38. Piramit 6'ya ait sonuçlar 125
Tablo 39. Piramit 7'ye ait sonuçlar 136
Tablo 40. Piramit 7'ye ait sonuçlar 137
Tablo 41. Piramit 7'ye ait sonuçlar 138
Tablo 42. Piramit 7'ye ait sonuçlar 139
Tablo 43. Piramit 7'ye ait sonuçlar 140
Tablo 44. Piramit 7'ye ait sonuçlar 140
Tablo 45. Piramit 7'ye ait sonuçlar 141
Tablo 46. Diyagram 1'e ait sonuçlar 157
Tablo 47. Diyagram 1'e ait sonuçlar 158
Tablo 48. Diyagram 2'ye ait sonuçlar 165
Tablo 49. Diyagram 2'ye ait sonuçlar 166
Tablo 50. Diyagram 3'e ait sonuçlar 173
Tablo 51. Diyagram 3'e ait sonuçlar 174

Tablo 52. Diyagram 4'e ait sonuçlar 181
Tablo 53. Diyagram 4'e ait sonuçlar 182
Tablo 54. Diyagram 5'e ait sonuçlar 189
Tablo 55. Diyagram 5'e ait sonuçlar 190
Tablo 56. Piramit 1'e ait sonuçlar 201
Tablo 57. Piramit 2'ye ait sonuçlar 203
Tablo 58. Piramit 3'e ait sonuçlar 205
Tablo 59. Piramit 5'e ait sonuçlar 206
Tablo 60. Piramit 6'ya ait sonuçlar 208
Tablo 61. Piramit 7'ye ait sonuçlar 210
Tablo 62. Diyagram 1'e ait sonuçlar 211
Tablo 63. Diyagram 3'e ait sonuçlar 211
Tablo 64. Diyagram 4'e ait sonuçlar 211
Tablo 65. Diyagram 5'e ait sonuçlar 213

KISALTMALAR VE SEMBOLLER LİSTESİ

Kısaltmalar

3DP: Three-dimensional printing

A.Kili: Afyon kili

DIW: Direct ink writing

DLP: Digital Light Processsing

E. Kili: Eskişehir Kili

FDM: Fused deposition modeling

G-code: Geometric code

IJP: Inkjet printing

Ka.Kil: Karacasu Kili

Ko.Kil: Konya Kili

LOM: Laminated object manufacturing

RepRap: Replicating rapid prototyper

SL: Stereolitography

SLC: Selective laser curing

SLM: Selective laser melting

SLS: Selective laser sintering

TPP: Two-photon polymerisation

Semboller

√ Olumlu

- Gözlenmiyor

x Olumsuz

GİRİŞ

Üç boyutlu yazıcılar basitçe, bilgisayarda tasarlanan nesneleri veya hazır nesnelerin taranmasıyla oluşturulmuş dijital verileri farklı tip materyallerle yapılandırabilen cihazlar olarak tanımlanabilir. Bu yazıcılar hızlı ve ölçekli bir şekilde el işçiliğine veya kalıba ihtiyaç duyulmadan üretim yapılabilmesini sağlamaktadırlar. Çok farklı materyal tiplerinin kullanıldığı bu yazıcılarda farklı yüzey dokuları ve et kalınlıklarında üretim yapılabilmesi mümkündür. Bu yönüyle basit bir endüstriyel ürünün bile estetik olarak değerini artırabilme özelliğine sahiptir. Boyutları dâhilinde adeta birer taşınabilir fabrika olarak nihai ürüne yönelik yeni nesil üretim pratiklerinde kendine sağlam bir yer edinen üç boyutlu yazıcı teknolojisi prototip üretiminde de ön plana çıkmış durumdadır. Üç boyutlu yazıcı teknolojisi ile ilgili bilgilerin günümüzde açık kaynaklı (open-source) olması kişisel kullanımları da arttırmış, bireylerin yazıcı üretimi için gerekli olan parçalara kolayca ulaşabilmesini, denemeler yapabilmesini ve tecrübelerinin artmasını da sağlamıştır.

Dünyada üç boyutlu seramik yazıcılara ilişkin özellikli bir kaynak bulunmamakla beraber sadece çamur bünyeler ve çamuru oluşturan hammaddeler üzerine yazılı kaynaklar vardır. Seramik malzemeyle çalışanların yapmış olduğu bünye araştırmaları genelde çalıştıkları alana ilişkin farklılıklar gösterir. Vitrifiye ürün için gerekli olan çamur tipi genelde döküme uygun sıvı çamur tipiyken şablon baskı yöntemiyle üretilen ürünlerde plastikliği yüksek kil özellikleri aranmaktadır. Ayrıca üretimin yapıldığı bölgeye ait killerin veya hammaddelerin gösterebileceği farklılıklar da seramik bünye tasarımında değişken değer olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada büyük oranda değişmeyen yataklardan elde edilen hammaddelerle çalışılmıştır. Ayrıca kullanılan üç boyutlu yazıcı proje ekibi tarafından geliştirilmiş olup ticari olarak piyasada yer alan çamurların hepsiyle çalışabilecek düzeydedir.

Üç boyutlu seramik yazıcılarla ve çamur tipleriyle pazarın ana akım ürünlerinden farklı ürünler üretmek de mümkündür. Yazıcının geliştirilmesi, uç sayılarının artırılarak seri üretime de uygun ürün tipi ve üretim modelleri tasarlanabilmesi, baskı alanı geniş yazıcılar ile prefabrik ev yapımı, parametrik duvar ve heykel yapımı gibi olanaklar da sunmaktadır. Ayrıca sanatsal üretimde de tasarımcı ve sanatçıya malzeme geliştirme ve geri dönüştürülebilir malzeme kullanmanın yolunu açması gibi çalışmaların yapılması da bu alana yönelik sürdürülebilirliği öngörülebilir kılmaktadır. Biçimlendirme konusunda mutlaka dezavantajlara da sahip olarak gözükebilecek üç boyutlu seramik yazıcılarda oldukça karmaşık, geleneksel yöntemlerle şekillendirilemeyecek biçimleri oluşturabilmek de mümkündür. Kendine özel yapısıyla değerlendirilebilecek olan bu yazıcıların sunduğu olanaklara baktığımızda hem yazıcıların hem de bu yazıcılarda kullanılabilecek bünye tipleri üzerine yapılacak çalışmaların gelişime açık olduğu görülmektedir. Elle şekillendirme, çömlekçi çarkıyla şekillendirme, alçı kalıp ile şekillendirme, kuru pres yoluyla şekillendirme gibi şekillendirme yöntemlerinin haricinde, seramik şekillendirme yöntemleri arasında üç boyutlu yazıcıların da literatüre girdiği görülmektedir. Seramik endüstrisinde de kullanılmaya başlanan üç boyutlu yazıcılar gerek sanatsal gerekse endüstriyel seramik üretiminde de bir gelecek vaat etmektedir.

1. BÖLÜM

ÜÇ BOYUTLU SERAMİK YAZICILAR

1. BÖLÜM

ÜÇ BOYUTLU SERAMİK YAZICILAR

Üç boyutlu çıktı ya da üç boyutlu baskı ilk kullanıldığı yıllarda prototip üretimlerinin yapıldığı günümüzde ise nihai ürün de üretmenin mümkün olduğu bir yatasarlanan veya taranan dijital modelin üretiminde hammaddenin katmanlar halinde yığılarak veya toz haldeyken sertleştirilerek somut hale gelmesiyle gerçekleşir. Üç boyutlu seramik yazıcılar da bu eklemeli üretim tekniğinde seramik hammaddelerinin kullanılmasıyla modellerin üretildiği cihazlardır (Özgündoğdu, 2014, s. 215).

1.1. Üç Boyutlu Seramik Yazıcı Teknolojisi

Üç boyutlu yazıcılar incelendiğinde hepsinin aynı teknolojiyi kullanmadığı görülür. Genellikle katmanlı üretim yapan üç boyutlu yazıcılarda, kürleme teknikleri de farklılık gösterir. Seçmeli lazerle sinterleme ve harç yığarak modelleme teknolojileri genelde en yaygın üretim yöntemleridir (Al-Maliki, 2015, s. 161). Bu farklılıklar seramik üç boyutlu yazıcılar içinde geçerlidir.

Seramik malzeme kullanarak üretim yapabilen üç boyutlu yazıcı teknolojileri üç ana başlık altında toplanabilir. Bunlar, sulu harç, toz ve yığınsal katı olarak malzeme temeline göre ayrılmakla beraber kendi içlerinde de malzemenin işleniş biçimine göre farklılık gösterirler (Tablo 1).

Tablo 1. Seramik üç boyutlu yazıcı teknolojileri. (Chen, 2019 : 662)

Besleme tipi	Seramik 3 boyutlu yazıcı teknolojisi	Kısaltmalar
Sulu Harç (Slurry-based)	Stereolitografi (Stereolitography) Dijital ışık işleme (Digital light processing) İki fotonlu polimerizasyon (Two-photon polymerisation)	SL DLP TPP

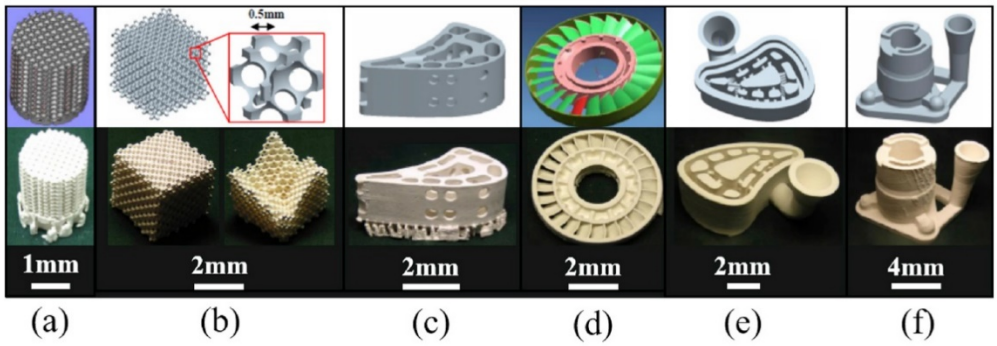
	Inkjet Baskı (Inkjet printing) Direkt mürekkep baskı (Direct ink writing)	IJP DIW
Toz (Powder-based)	Üç boyutlu baskı (Three-dimensional printing) Seçmeli lazerle sinterleme (Selective laser sintering) Seçmeli lazerle eritme (Selective laser melting)	3DP SLS SLM
Yığınsal Katı (Bulk solid-based)	Katmanlı nesne işleme (Laminated object manufacturing) Harç yığarak modelleme (Fused deposition modeling)	LOM FDM

1.1.1. Sulu Harç Beslemeli Yazıcılar

Sulu harç beslemeli yazıcılarda genelde ince seramik parçacıklarının sıvı veya yarı sıvı hammaddeler içerisinde macun veya mürekkep kıvamında basılmasıyla gerçekleşir. Burada basılan ürün direkt seramik materyal değil bir polimerize seramik veya kısmi seramik niteliğindedir. Bu parçalar şekillendirildikten sonra ana kütleden temizlenerek ayrılır ve lazerle kürleme yapılarak sertleştirilir (Chen, 2019: 662). Hassas ölçülerde çalışmaların yapılmasına uygun olmakla beraber işleme süreci ve basamakları açısından daha kapsamlıdır. Küçük boyutlu seramik parçaların imalatı, hassas entegre döküm gibi karmaşık yapılara sahip kalıp parçalarından, sensörler gibi mikroelektronik bileşenlere, fotonik kristaller ve kemik benzeri biyomedikal implantlara kadar yaygın kullanım alanları vardır (Chen, 2019: 663).

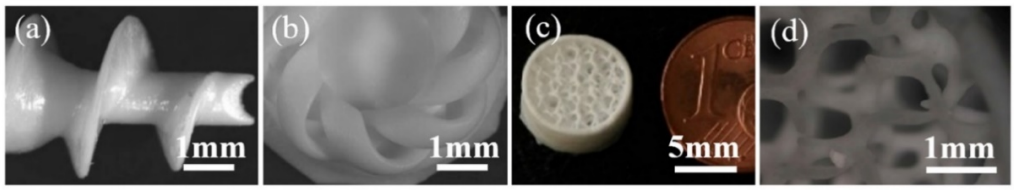
Stereolitografi (SL) yazıcılar en yaygın yazıcı tiplerinden biridir. Temel şekillendirme prensibi sıvı veya bulamaç şeklinde bulunan hammaddeyi ışınla kürleyerek sertleştirmektir (Şekil 1). Dijital ışık işleme (DLP) SL yazıcılarla benzerlik gösterir. Ana farkı ise biçimi kürlerken fiziksel bir maske kullanılmasıdır (Şekil 2). İki fotonlu polimerizasyonda ise (TPP) yakın-kızılötesi ışın veya yeşil lazerin iki fotonunun eşzamanlı şekilde bir ışığa duyarlı reçineyi kürlemesiyle gerçekleşir (Şekil 3). Inkjet baskı

(IJP) ise iki boyutlu yazıcıların mürekkeplerinde olan metalik bileşenlerin üst üste sürekli olarak aynı yüzeye basılması ve daha sonra elde edilen katmanlı yüzeyin kürlenmesiyle oluşturulur (Şekil 4). Direkt mürekkep baskı (DIW) -robocasting olarak da adlandırılır- filament benzeri sıvı bir harcın üst üste yığılması ve akabinde ışıkla kürlenmesiyle oluşur.(Chen, 2019: 663-669). Bu teknik projede kullanılan harç yığma tekniğine benzer bir tekniktir. Fakat kürleme sonrasında basılan objeyle kürlenen obje arasındaki boyut farkı fazladır ve DIW yönteminde nesne bir yağ haznesinde basılabilir. Ayrıca tipik bir DIW yönteminde basılacak nesne örgüler halinde zıt yönde basılır (Şekil 5).

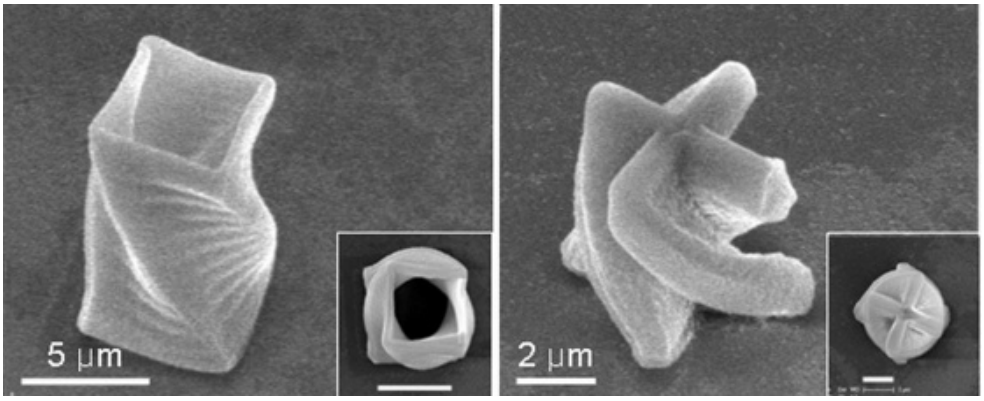


Şekil 1. Seramik ve camın ana hammaddelerinden biri olan SiO2 ile SL yazıcılarla basılan parçalardan örnekler.

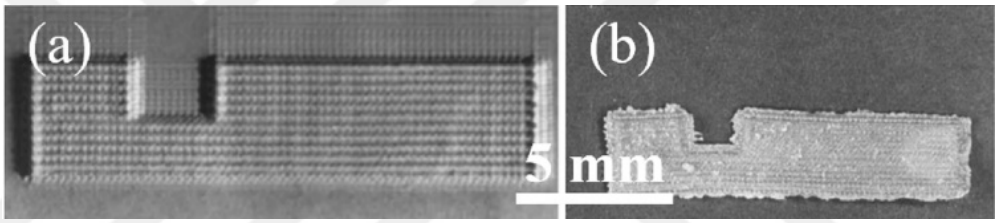
(a) Gözenekli biyoseramik parça, (b) fotonik kristaller, (c) boşluklu türbin kanadı, (d) kanatçıklı disk, (e-f) hassas döküm kalıpları. (Chen, 2019: 663)



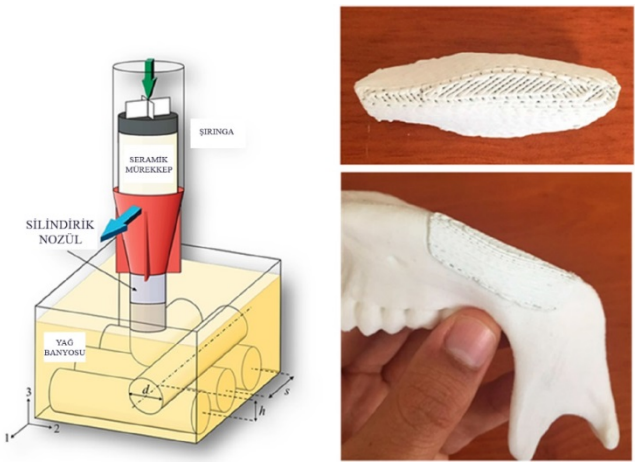
Şekil 2. DLP yönteminde alümina (a-b) ve biyocam (c-d) ile modellenen parçalar. (Chen, 2019: 665)



Şekil 3. %40 oranında seramik mikroyapıların TPP yöntemiyle kürlenerek oluşturulduğu şekiller. (Tae-Ho Yoon, 2010, s. 442)



Şekil 4. TiO_2'in katmanlar halinde basılmış (a) ve sinterleştirilmiş (b) görüntüsü. (Chen, 2019: 667)

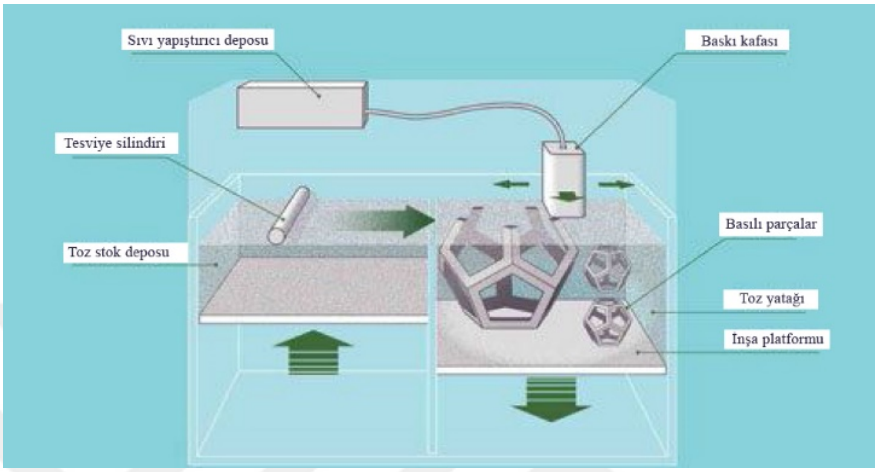


Şekil 5. Direkt mürekkep baskı (DIW) şematiği ve basılmış bir çene protezi örneği. (Ben-Arfa, 2020: 2)

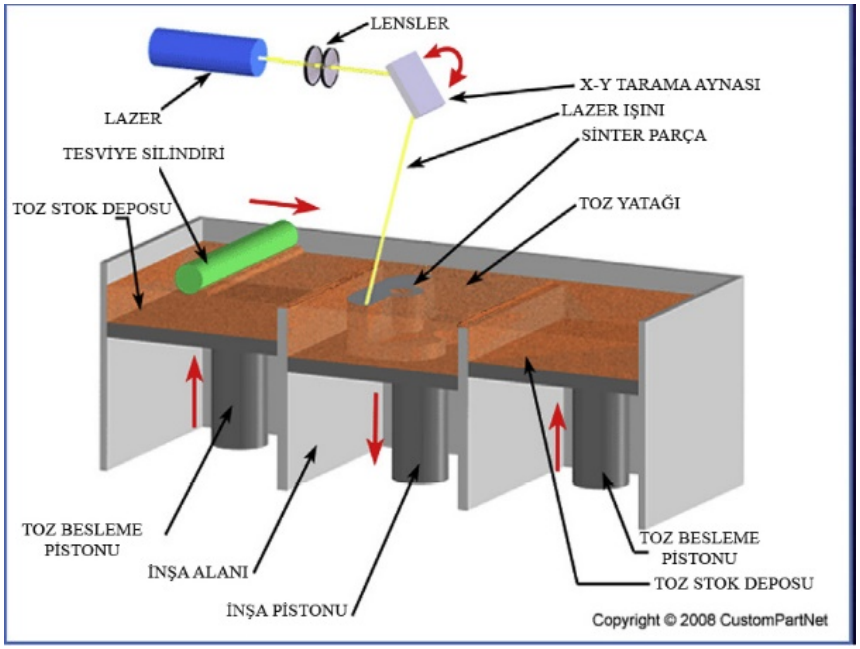
1.1.2. Toz Beslemeli Yazıcılar

Toz bazlı 3B seramik baskı teknolojileri besleme stoğu olarak yaygın şekilde gevşek seramik partikülleri içeren toz yataklarını kullanır. Bu baskı teknolojisinde adı geçen üç boyutlu baskıyı (3DP) üç boyutlu yazıcı baskısıyla (3D printing) karıştırmamak gerekir. Bu geçmişte yaşanmış terminolojik bir karmaşadan kaynaklanmaktadır. Bu tarz yazıcılarda yazıcı tepsisi üzerinde yer alan ve lazerle kürlenebilen toz hammadde kütlesi bilgisayarda tasarlanmış olan -montajı gerçekleştirilmiş komplike parçalar dahil- modeli katmanlar halinde işler. Daha sonra toz kütle içinde yer alan parça su veya hava aracılığıyla temizlenerek ortaya çıkartılır. 3DP tekniğinde toz yatağı üzerine organik veya inorganik bağlayıcıları nozullar aracılığıyla püskürterek bir çeşit yapıştırma işlemi gerçekleştirir ve tasarlanmış nesneyi katmanlar halinde yapılandırır (Şekil 6) (Chen, 2019: 671). Bu yöntemde işlem esnasında sinterleme yapılmasına gerek yoktur. Seramik ve metal bazlı modellerin son işlemleri de birbirine benzemektedir. Tozdan arındırma, sinterleme ve infiltrasyon bu işlemlerin en yaygın olanıdır. Bu işlemlerle nesnenin parça yoğunluğu ve sertliği artar (Utela, 2009:102). Seçmeli lazerle sinterleme (SLS) ile şekillendirme işleminde sistem 3DP ile benzer olup materyalin sabitleme işlemi lazerle gerçekleştirilmektedir. Ayrıca SLS'nin benzeri olan ve yakın dönemde geliştirilen SLC (selective laser curing – seçmeli lazer kürleme) yöntemi de SLS ile birebir aynı süreçlere sahiptir (Şekil 7) (Zhou, 2020: 16). Seçmeli lazerle eritme (SLM) teknolojisi işleyiş olarak neredeyse SLS ile aynıdır ancak daha hızlı üretim yapar. Bunun sebebi ikincil bir bağlayıcı materyale veya ekstra bir sinterleme işlemine gerek duyulmamasıdır. Üretim malzemenin kat kat eritilerek birleşmesiyle gerçekleşir. SLM'nin bir seramik tozuna uygulanması ile direkt kullanılabilir bir seramik obje elde etmek mümkündür. Bununla birlikte seramik tozlara SLM teknolojisini uygulamak metale nazaran daha zordur. Seramikte sinterleşme sonrasında bir geri dönüşüm olmadığı gibi ısının yüksek olduğu veya karışımın homojen olmadığı anlarda toplanma efekti, çatlama, gözeneklenme gibi istenmeyen sonuçlar ortaya çıkabilir (Şekil8) (Chen, 2019 : 675). Eğer bu tarz hatalar ortaya çıkıyorsa bunların önüne geçmek için genelde yapılabilecek işlem, yüzey taramasında aynı bölgeden daha düşük ısılarda iki veya dört kez arasında geçmek

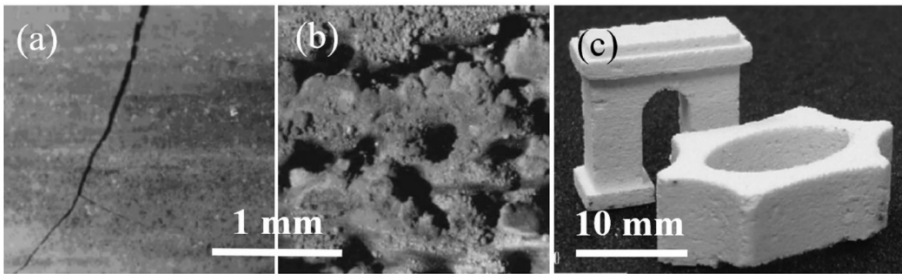
olacaktır (Hao, 2009: 5795). Seçmeli lazerle eritme (SLM) teknolojisi için mevcut olan sınırlı malzeme yelpazesi, endüstride hızla benimsenen bir teknoloji olmasına rağmen, bu teknolojinin diğerleri kadar hızlı ilerlemesine engel teşkil etmektedir (Gan, 2017: 4147).



Şekil 6. 3DP yazıcı teknolojisinin genel işleyiş şeması. (Al-Maliki, 2015: 162)



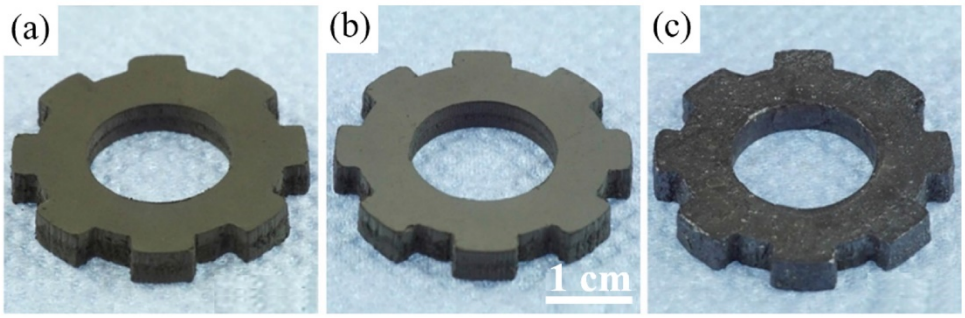
Şekil 7. SLS yazıcı teknolojisinin genel şeması (Alizadeh-Osgouei, 2019:. 29)



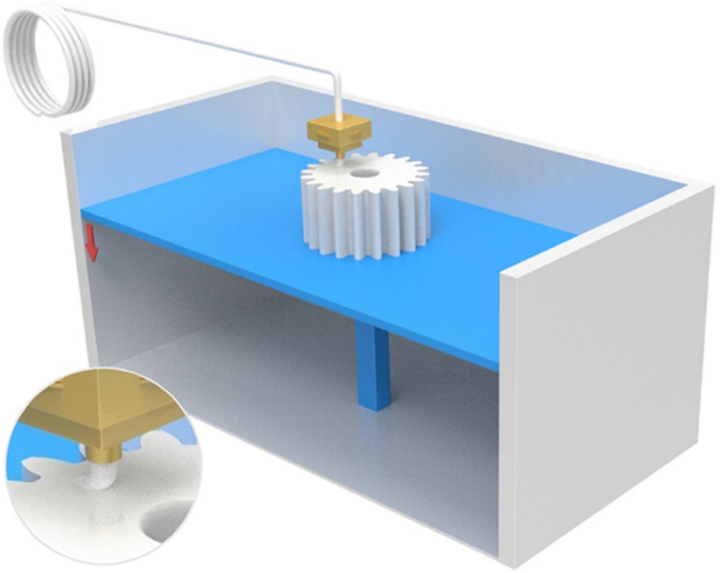
Şekil 8. SLM ile üretilmiş ZrO_2 objenin yüzey özellikleri; (a) çatlaklar, (b) açık gözenekler, (c) ZrO_2 nesne (Chen, 2019: 676).

1.1.3. Yığınsal Katı Beslemeli Yazıcılar

Yığınsal katı beslemeli yazıcılar belki de günümüzde en yaygın olan yazıcı tipleridir. Katmanlı nesne işleme ve harç yığarak modelleme teknolojileri bu başlık altında toplanırlar. Katmanlı nesne işleme (LOM) kâğıt, seramik, metal, plastik gibi materyallerin şeritler halinde katmanlı olarak üst üste eklenerek üretimin gerçekleştirildiği hızlı üretim tekniklerinden biridir (Cui, 2002: 1300) . Bu yöntemde üretilecek parçalar, ham halde eklenen katmanların eş zamanlı olarak ısıtılması ve sıkıştırılmasıyla gerçekleştirilir. Parça bir şerit üzerine yayılmış hammaddelerin ısıtılıp, kesilerek birbirine yapıştırılmasıyla bütünleşik bir form halini alır. Sinterleme işlemi harici olarak da gerçekleştirilebilir (Şekil 9) (Chen, 2019: 677). Harç yığarak modelleme yönteminde ise (FDM) parça, hammaddenin şeritler halinde süreklilik arz edecek şekilde üst üste bindirilmesiyle oluşturulur. Endüstriyel uygulamalarda FDM yöntemi diğer uygulamalara nazaran daha yaygındır. Bunun başlıca sebepleri, yazıcı aygıtının daha düşük maliyetli oluşu ve çok farklı kalitede ve tipte ucuz filamentlerin bulunabilmesidir. Bu tip yazıcılar, otomotivden ilaç sanayiine kadar pek çok alanda kullanılmaktadır (Şekil 10) (Heidari-Rarani, 2019: 1)



Şekil 9. Titanyum silikokarbitle (Ti_3SiC_2) şekillendirilmiş bir çark parçası. (a) Parçanın ham görüntüsü, (b) parçanın sinterlenmiş görüntüsü, (c) parçanın silikon kaplamalı görüntüsü (Chen, 2019: 679).

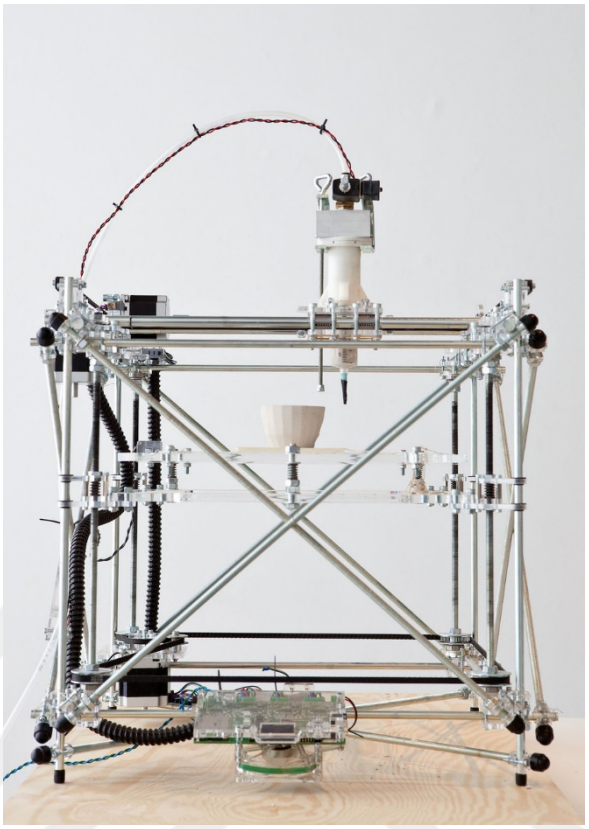


Şekil 10. Bu tip yazıcılarda farklı bileşenlerden oluşan filamentler veya hammaddenin direkt olarak kendisi şeritler halinde üst üste eklemlenerek işlenir (Chen, 2019: 679).

FDM teknolojisinde kullanılan yazıcıların filamentleri farklı bileşenlerden oluşabileceği gibi, hammaddenin kendisinden de yararlanılabilir. Örneğin tıp alanında

protez üretiminde kullanılan hammaddeler, polimerler ve %40-45 oranında toz seramik hammaddelerinin karışımıyla oluşturulan filamentlerden oluşturulabilmektedir (Mohd Pu'ad, 2020:. 229).

Bu çalışmada kullanılan yazıcı FDM teknolojisiyle çalışmaktadır. Yazıcı proje grubu tarafından internette açık kaynak olarak paylaşılan bilgiler aracılığıyla bir kısmı satın alınan bir kısmı da ekip tarafından uyarlanan veya tasarlanan parçaların toplanmasıyla oluşturulmuştur. İlk olarak piyasaya sürüldüğü dönemlerde kişisel kullanıcılar için ulaşılmaz fiyatlarda olan üç boyutlu yazıcılar bir University of Bath girişimi olan ve Dr. Adrian Bowyer tarafından bilgileri açık kaynak olarak paylaşılan RepRap yazıcı üretme projesi ile tüm dünyada yaygınlaşmıştır (Earl, 2017). Kullanıcıların da yapmış olduğu geliştirmeleri bu proje dâhilinde paylaşmasıyla günümüzde bu tip açık kaynaklı bilgileri kullanarak farklı yazıcı tipleri de tasarlayabilmek mümkündür. Öyle ki kullanıcı bu kaynaklar aracılığıyla kendi üretimine yönelik özel geliştirmeler de yapabilir. İlk üç boyutlu seramik çamuru basabilen yazıcı Belçikalı tasarım stüdyosu Unfold tarafından RepRap projesi temel alınarak geliştirilmiştir (Şekil 11). (Mühür, 2016: 89) Tez sürecinde kullanılan yazıcı hakkındaki bilgiler ve yazıcı üzerinde yapılan geliştirmeler bir sonraki bölümde anlatılmıştır.



Şekil 11. Unfold tasarım stüdyosunun ilk olarak 2009'da geliştirdiği RepRap seramik yazıcı. (Unfold, 2009)

2. BÖLÜM

HARÇ YIĞMA TEKNİĞİYLE ÇALIŞAN SERAMİK ÜÇ BOYUTLU YAZICININ OLUŞTURULMASI VE ÖN UYGULAMALAR

2. BÖLÜM

HARÇ YIĞMA TEKNİĞİYLE ÇALIŞAN SERAMİK ÜÇ BOYUTLU YAZICININ OLUŞTURULMASI VE ÖN UYGULAMALAR

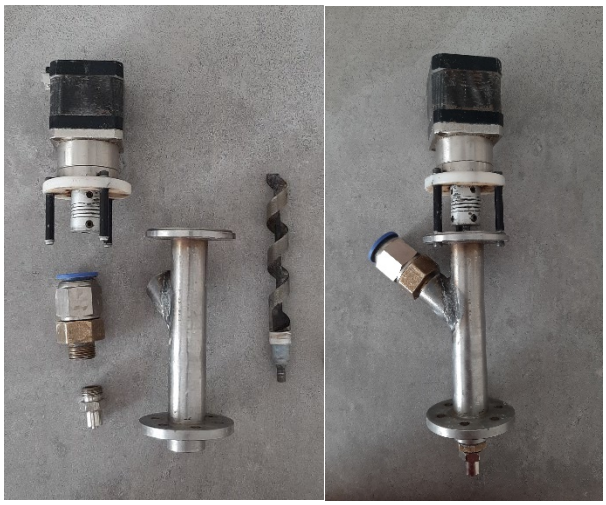
Harç yığma tekniğiyle çalışan yazıcılarda (FDM) direkt seramik çamuruyla inşa edilecek nesnelerde üretim şırıngalama veya akıtma yöntemiyle gerçekleşir. Kullanılan iticiye göre sıvıya yakın macun veya plastik kıvamdaki çamur devamlı biçimde kontrollü olarak birbiri üzerine eklemlenir ve malzemenin kurutulmasıyla ilk mekanik sertleşme sağlanır. Bu teknolojinin bir diğer avantajı da aynı katman içinde farklı bölgelere, mekanik veya kimyasal özellikleri farklı malzemeleri yığabilme kolaylığı sağlamasıdır. Özellikle delta tipi seramik yazıcılar, günümüzde pek çok seramik sanatçısı ve tasarımcısı tarafından kullanılmaktadır (Özgüven, 2015:173-174).

2.1. Delta Tipi Bir Seramik Üç Boyutlu Yazıcının Donanım Bileşenleri

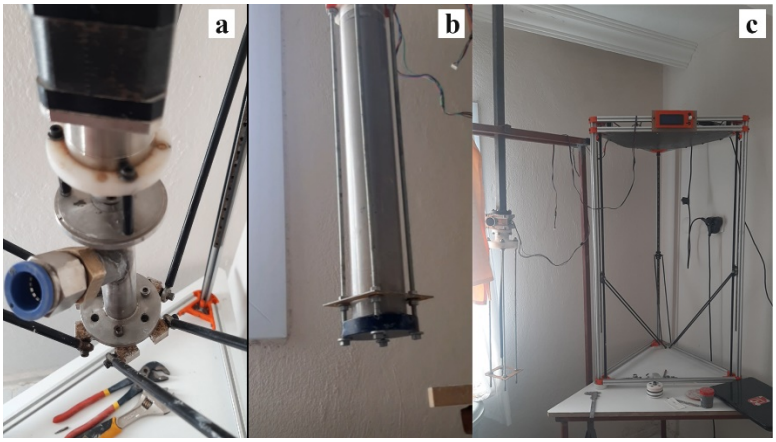
Bu çalışmada kullanılan delta tipi yazıcıda iki farklı hammadde yükleme yöntemi kullanılmıştır. İlkinde kompresör aracılığıyla hammadde hava yoluyla ekstrüdere iletilmiş diğerinde ise hammadde mekanik itkili bir akıtma tüpüne yerleştirilmiştir. Ekstruderin baskı sürecinde sürekli beslenebilmesi için çamurun depolanmasını sağlayacak bir silindirik boru tankına ihtiyaç vardır. Bu borunun itiş esnasında içinde basınç oluşacağı için basınca dayanıklı ve sızdırmaz olması gerekmektedir. Çamurun depoya yüklenmesi de üretim için oldukça önemlidir. Eğer çamur içinde boşluklar olacak şekilde tanka yerleştirilirse modelleme esnasında hammadde akışı kesilecek bu da modelin bozulmasına sebebiyet verecektir (Şekil 12) (Martinez, 2016: 10).

Şekil 12. Çamur deposu ve çamurun depoya yüklenmesi işlemi

Delta tipi yazıcılarda çamurun yığılması bir ekstrüder aracılığıyla gerçekleşir. Bu ekstrüder ihtiyaca göre ölçülendirilebilir. Çamurun ekstürder içine yandan yüklenmesi ve bir sonsuz vida ile itilmesiyle çamur akışı sağlamak mümkündür (Şekil 13). Ekstrüder ve kompresöre bağlanan çamur deposu, piyasadan alınmış parçaların toplanmasıyla üretilmiş kartezyen delta yazıcı gövdesine montajlanarak bilgisayara bağlanır ve yapılan bazı kalibrasyon ayarlarından sonra yazıcı basıma hazır hale gelir (Şekil 14).



Şekil 13. Ekstrüderin parçalı ve montajlı görünüşü

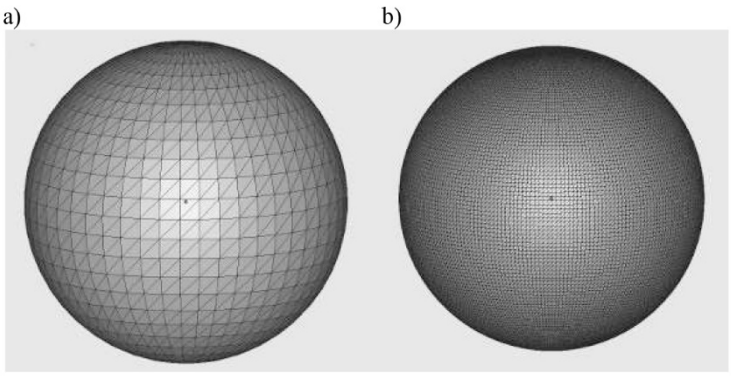


Şekil 14. (a) Ekstrüderin yazıcı kollara montajlanması, (b) çamur deposunun montajlanması, (c) bilgisayara bağlanmış delta tipi yazıcının genel görünümü

2.2. Delta Tipi Bir Seramik Üç Boyutlu Yazıcının Yazılım Bileşenleri

Üç boyutlu yazıcılar ile birlikte kullanılan bilgisayar destekli üretim (CAM: Computer Aided Manufacturing) yazılımlarını, yazıcının bir robot olarak kontrol edilmesini sağlayan yazılımlar ve dilimleyici yazılımlar olarak iki gruba ayırabiliriz. Bu yazılımlar, STL, OBJ formatındaki 3d model dosyalarını, üç boyutlu yazıcıların anlayabileceği dil olan G-code formatına dönüştürmeye ve bunun yanı sıra baskı işleminin de kontrol edilmesini sağlarlar. STL dosyaları, içlerindeki nesneleri katı modeller olarak tanımlar fakat bu sayısal veriler üç boyutlu yazıcıların üretim diline tam olarak uygun değildir. Üç boyutlu yazıcılar nesneleri katmanlar halinde inşa ederler. Slic3r, Cura, Simplify3D gibi dilimleyici yazılımlar, STL formatındaki üç boyutlu modelleri kullanıcının belirlediği ayarlar doğrultusunda yatay şekilde katmanlara ayırarak 3d modellerin G-code dosyalarına dönüşmesini sağlarlar. G-code formatı üç boyutlu yazıcılar gibi bilgisayar destekli üretim yapabilen makinaların ortak programlama dilidir (Arlı, 2017: 70-71).

Üç boyutlu yazıcılarla baskı alabilmek için kullanılan yazılımlar farklılık göstermektedir. Öncelikle bilgisayar destekli tasarım yöntemi (CAD: Computer Aided Design) ile basılacak nesnenin tasarlanması veya tarayıcılar ile nesnenin dijital ortama aktarılması gerekir. Bu işlemden sonra bilgisayar destekli üretim (CAM: Computer Aided Manufacturing) aşamasında nesnenin basılabilir hale getirilebilmesi için modelin yazıcıya uygun bir formatta yeniden kaydedilmesi gerekmektedir. Genellikle ".stl" (STL: Sterolitography) formatı üç boyutlu yazıcılarda kullanılan modelleme formatıdır (Arlı, 2017: 65). Bilgisayar destekli tasarım programlarıyla oluşturulmuş modeller genellikle dörtgen yüzeylerden oluşurken STL formatındaki modeller üçgen yüzeylerden oluşmaktadır (Şekil 15). STL modelin bu özelliği dijital modelin dönüştürülmesinde oluşabilecek yüzey yırtıklarının tamirini kolaylaştırdığı için üç boyutlu baskı için önemlidir.



Şekil 15. STL formatında bir küre modelin sert (a) ve yumuşak (b) yüzey görünümü. (Królikowski, 2014: 77)

Bilgisayar destekli yazılım programları ele alındığında en önemli noktanın yazılımın üç boyutlu katı modelleme yapabiliyor olmasıdır. Bu çalışmada kullanılan modelleme yazılımı Rhinoceros 6.0'dır. Katı obje olarak tanımlanamayan nesnelerin STL formatına çevrimi veya yazıcının aygıt yazılımı (firmware) tarafından algılanması problemleri çıkabileceği gibi baskı işlemi de gerçekleşmez.

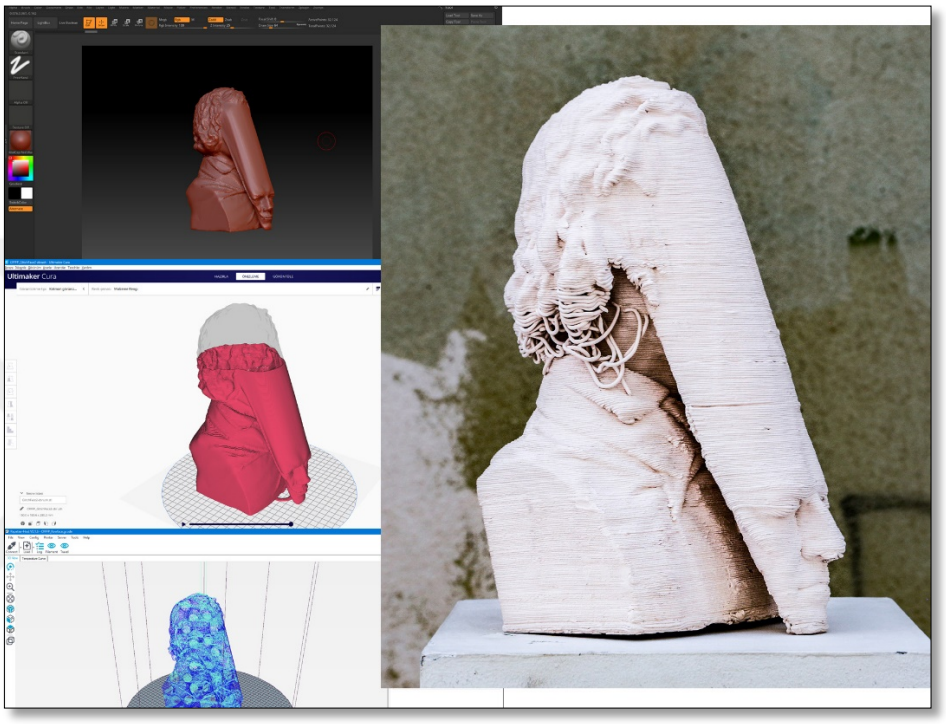
Üç boyutlu yazıcılarda kullanılan bir diğer yazılım da baskı işleminin başlatılmasını ve yazıcının kontrol edilmesini sağlayan yazılımlardır. Bu yazılımların en yaygın olanlarından biri Repetier-Host yazılımıdır. Repetier-Host'un en önemli özelliği Slic3r, Cura gibi dilimleyici yazılımlar ile uyumlu çalışmasıdır. Repetier-Host ile üretim esnasında yazıcının baskı hızı ayarlanabilir, baskı esnasında nozul akışı ayarı yapılabilir, baskı işlemi başlatılıp, bir süreliğine duraklatılabilir veya tamamen durdurulabilir. Bunun haricinde bu yazılımdan, baskı işlemi devam ederken baskının hangi katmanda olduğuna ve baskı işleminin bitmesine ne kadar süre kaldığına dair bilgiler de elde edilebilir.

Yardımcı yazılımlara baktığımızda ise, üç boyutlu yazıcıların çalışmasını sağlamak için yazıcının kartına bir aygıt yazılımı (firmware) yüklenmesi gerekir. Bu yazılımların pek çok farklı çeşidine ücretli veya ücretsiz olarak ulaşılabilmektedir. Delta model yazıcılarda ise genellikle açık kaynak kodlu olarak sunulan "Marlin Firmware" kullanılır. Ancak Marlin yazılımının yazıcının Arduino kartına yüklenebilmesi için ek olarak Arduino yazılımına ihtiyaç vardır. Arduino kartı, üç boyutlu yazıcılarda kullanılan, analog ve dijital sinyalleri işleme çeviren bir elektronik karttır. Arduino yazılımı USB kablo ile kart ve bilgisayar arasında bağlantı kurarak, kartın yazılımında değişiklikler yapmak, kullanılan yazılımı silmek veya farklı bir yazılım yüklemek için kullanılır ve bunlar açık kaynak olarak elde edilebilir (Türkel, 2020: 187-190).

2.3. Seramik Üç Boyutlu Yazıcının Baskıya Hazırlık Aşamaları

Üç boyutlu yazıcıların tamamında basılacak olan modelin katı model olarak modellenmesi çıkabilecek sorunları en aza indirmektedir. Katı modeller, modellenen nesnenin belirsizliği olmayan ve verisel anlamda tüm bilgilerini içeren modellerdir (Rodriguez, 1992: 183). Basılacak olan model STL yada OBJ formatında kaydedilir ve dilimleme yazılımında açılarak dilimleme ve yazdırma ayarları yapılır. Bu ayarlar, baskı hızı ve ivme, filament akış ayarları, fan kontrolleri, yazdırmak istediğimiz modele uygun iç dolgu (infill) çeşidi ve yoğunluğunun seçimi, modele uygun katman kalınlığı, nozulun baskı tablasına olan mesafesi (z offset) gibi bir çok detayda ve çeşitlilikte sayısal değerler içeren ayarlardır. Yazdırma ayarları yapılan model G-Code formatında kaydedilmelidir.

G-code'a dönüştürülmüş model Repetier Host programı üzerinde açılarak baskı işlemi başlatılabilir. Bu program sayesinde baskı işlemi sırasında baskı hızı ve çamurun akış hızı gibi bileşenler kontrol edilebilirken bunun yanı sıra baskının bitimine kalan süre de gözlemlenebilir (Şekil 16).



Şekil 16. Modelleme, dilimleme ve baskı sonucu. "Same lies different lives", 1040 °C, Fatih Aslan-2019

2.4. Baskı Süreci İçin Uygun Çamur Yoğunluğunun Tespit Edilmesi

Proje ve tez çalışması öncesine ait ön baskı çalışmalarında piyasada perakende olarak satılan hazır çamurlar kullanılarak modelleme çalışmaları yapılmıştır (Şekil 17,18,19,20). Çamurun depo içerisinden, ekstrüdere ilerlemesini sağlayacak olan hava basıncı ya da motor gücü çamurun yoğunluğuna göre değişkenlik gösterir. Sağlıklı bir baskı için kullanılacak olan çamurun 2-4 bar arası bir basınç uygulandığında kesintisiz

bir şekilde hortum ve ekstrüder içinde ilerlemesi beklenir. Çamurun gereğinden yoğun kıvamda olması hem gereken hava basıncını yükseltir hem de ekstrüder motorunun gücünü zayıflatıp çamurun akış hızını düşürür. Yani üretim esnasında alınacak olan baskının kalitesi kullanılacak olan çamurun yoğunluğu ile doğrudan bağlantılıdır. Baskı sürecinin sağlıklı ilerleyebilmesi için kullanılacak olan çamurun yoğunlugunun saptanıp standartlaştırılması gerekmektedir. Bu bağlamda, uygulamaların üretimi esnasında kullanılan farklı çamurlar önce kurutulup tartılmış ve daha sonra farklı su oranlarıyla karıştırılarak plastik hale getirilmiştir.

Bu işlem sonucunda kendi içlerinde deney gruplarına ayrılmış olan farklı akışkanlıktaki çamur numunelerine basınç deneyi uygulanmış ve uygun yoğunluk saptanmaya çalışılmıştır. Saptamanın doğru sonuçlanabilmesi için farklı yoğunluktaki çamur numuneleri birer şırıngaya doldurulmuş ve numunelere eletronik bir tartı üzerinde, üretim için uygun basınç aralığının kg cinsinden karşılığı kadar baskı uygulanmıştır[1]. Bu işlem esnasına numunelerinin şırınga içindeki ilerleme hızları gözlemlenmiş ve uygun yoğunlukta olduğu düşünülen numuneler bir kere de çamur deposunun haznesine doldurulup, uygulanacak formlar üzerinde tekrar test edilmiştir. Bu çalışmanın uygulamalarında kullanılan çamurlar stoneware[2] çamuru, kahverengi stoneware çamuru, Limoges porselen çamuru ve Menemen yöresine ait kırmızı çömlekçi çamurudur.

Tüm bu testlerin sonucunda elde edilmiş veriler tablo 2'de yer almaktadır;

---

[1] 1 Bar=1.02 Kg/cm²

[2] **Stoneware:** Plastik ve refrakter özelliklere sahip, sekonder yataklardan elde edilen, 1300°C'ye kadar pişirilebilen kil (Fournier, 1992: 274)

Tablo 2.Üretim aşamasında kullanılan çamurların su yüzdelerini belirten tablo (Türkel, 2020: 191).

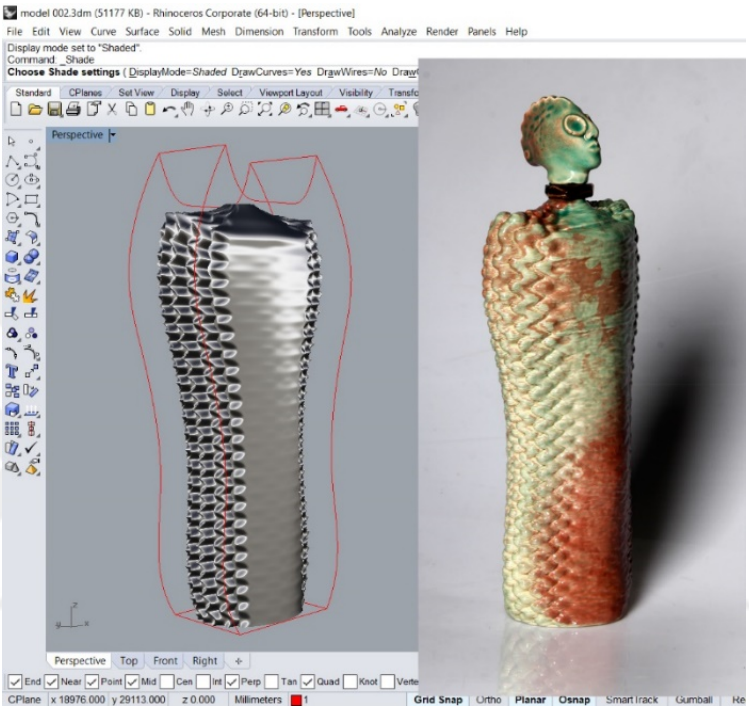
Kullanılan çamur çeşidi	**Kuru çamur oranı (gr)**	**Su oranı (gr)**	**Su yüzdesi**
Stoneware çamuru	660-640	340-360	%34-36
Kahverengi stoneware torna çamuru	700-680	300-320	%30-32
Limoges porselen vakum çamuru	800-780	200-220	%20-22
Kırmızı çamur (Menemen)	780-750	220-250	%22-25

Üretim için uygun yoğunluğu saptanmış olan çamur önceden belirlenen oranlara bağlı kalınarak hazırlanır ve plastik hale getirilir. Baskı esnasında kullanılacak olan çamurun içinde herhangi bir katı parçacık ve hava kabarcığı kalmamalıdır bu yüzden çamur depoya doldurulmadan önce spatula ya da sistre ile ezilerek pürüzsüz hale getirilmelidir. Pürüzsüz hale getirilen çamur deponun ağız kısmından sığabilecek büyüklükte toplar halinde getirilerek çamur deposunun içine atılır. Ancak çamur topları arasında hava kalmaması için her işlemden sonra depo içindeki çamur kütlelerinin üzerine el ya da başka bir araç ile baskı uygulanması gerekmektedir (Türkel, 2020: 190-191).

Şekil 17. Stoneware çamuru, **“**Modern Themis” Heykelin yüz kısmı elle şekillendirildikten sonra üst parçası yüz hattına göre modellenip üç boyutlu yazıcı ile devam edilmiştir. 1100°C, Fatih Aslan-2019.

Şekil 18. "Hayatın Yarısında" Rhinoceros 6 + Grasshopper eklentisinde algoritma oluşturarak modellenmiş gcode'u seramik heykel uygulaması. 1200°C, Porselen, Fatih Aslan-2020

Şekil 19. "Kesişen Hayatlar" Rhinoceros 6 + Grasshopper eklentisinde algoritma oluşturarak modellenmiş ve gcode'u oluşturulmuş seramik heykel uygulaması. 1200°C, Porselen, Fatih Aslan-2020



Şekil 20. Rhinoceros programında yapılan katı model ve delta tipi yazıcıda basılan seramik heykel uygulaması. Heykelin başı elle şekillendirilmiştir. Stoneware çamuru. "Başka Bir Dünya", 50 x 20 x 12 cm, 1040°C, Efe Türkel-2019 (Türkel, 2020: 187).

Şekil 21. Kahverengi stoneware çamuru, “Çobanyıldızı”, üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme, 40x12x5.5 cm, 1000 ^{0}C, Nil Küçükerbaş-2019 (Küçükerbaş, 2019: 114).

Şekil 22. Stoneware çamuru, “Thinking Overdose ” Fatih Aslan, 2019.

Şekil 23. Stoneware çamuru, “Thinking Overdose ” Fatih Aslan, 2019..

3. BÖLÜM

BÜNYE ARAŞTIRMALARI VE UYGULAMALAR

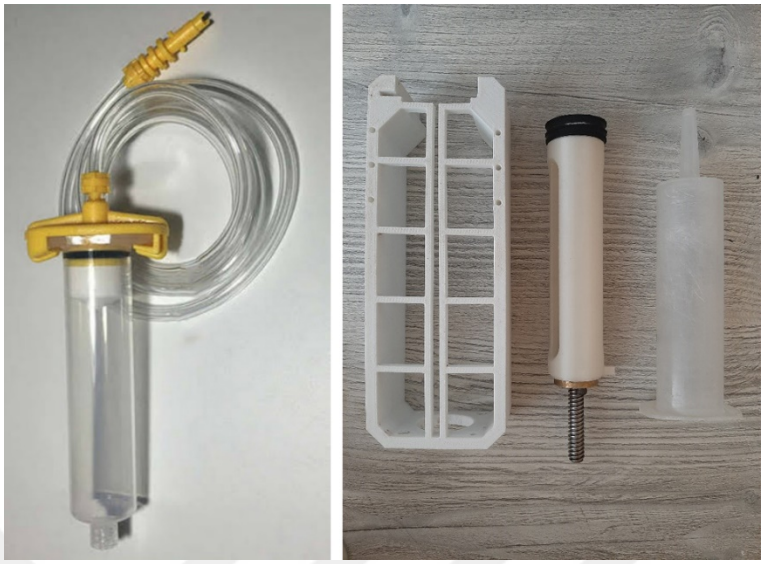
3. BÖLÜM

BÜNYE ARAŞTIRMALARI VE UYGULAMALAR

Elle şekillendirme, çömlekçi çarkıyla şekillendirme, alçı kalıp ile şekillendirme, kuru pres yoluyla şekillendirme gibi şekillendirme yöntemlerinin haricinde, seramik şekillendirme yöntemleri arasında üç boyutlu yazıcılarla şekillendirme de literatüre girmiştir. Seramik endüstrisinde de prototipleme amacıyla kullanılmaya başlanan üç boyutlu yazıcılar gerek sanatsal gerekse endüstriyel seramik üretiminde de bir gelecek vaat etmektedir. Çalışmada şekillendirme sürecinde yaşanan deneyimler ve yönteme yönelik olası geliştirmeler sunulacaktır.

Bu araştırmada çalışılan seramik bünyelerin deneyleri yazıcıda basılan silindirik formlardan oluşmaktadır. Deney formunun silindirik olmasının sebepleri model aşamalarında katmanların birbiri üzerine yığılması esnasında çamurun şekillendirilebilir oluşunu ve statiğini gözlemlemek, kuruma ve pişme esnasında oluşabilecek deformasyonları incelemek, katmanlar arasında herhangi bir gözeneklilik olup olmadığını incelemektir.

Çalışmada uygulanan deneme parçaları küçük boyutlu ve az gramajlı olduğu için yazıcının ekstrüderi ve hammadde deposunda proje çalışması için değişik yapılmıştır. Çamur besleme sistemi havalı itkiyle çalışmakta olup deney parçalarının boyutları küçük olduğu için bu parçalarda da küçültülmeye gidilmiştir. Ancak hava yoluyla çamurun işlenmesi esnasında kompresörden iletilen havanın baskı bitiminde formun üzerine gelmesi sonucunda basılan deney parçalarında deformasyonlar oluşmuştur. Bundan dolayı küçük boyutlu bir motorlu ekstrüder tasarlanmış ve yazıcıda kullanılmıştır (Şekil 24).



Şekil 24. Solda hava ile çalışan enjeksiyon tüpü, sağda motor ile çalışan enjeksiyon tüpü.

3.1. Yöntem

Çalışma kapsamında üç boyutlu seramik yazıcı kullanımına uygun düşük derecelerde pekişebilen çamur reçeteleri hazırlanmıştır. Uygun reçetelerin araştırılması ve denemelerin oluşturulması aşamasında üçlü ve dörtlü diyagram yöntemi kullanılmıştır. Deneyler toplamda 7 adet üçlü diyagram, 5 adet dörtlü diyagramdan oluşmaktadır. Üçlü diyagramlarda oluşturulan deneyler piramit 1, piramit 2, piramit 3 ... şeklinde numaralandırılırken, dörtlü diyagramlarda oluşturulan deneyler diyagram 1, diyagram 2 ... şeklinde numaralandırılmıştır.

3.1.1. Üçlü Diyagram Yöntemi

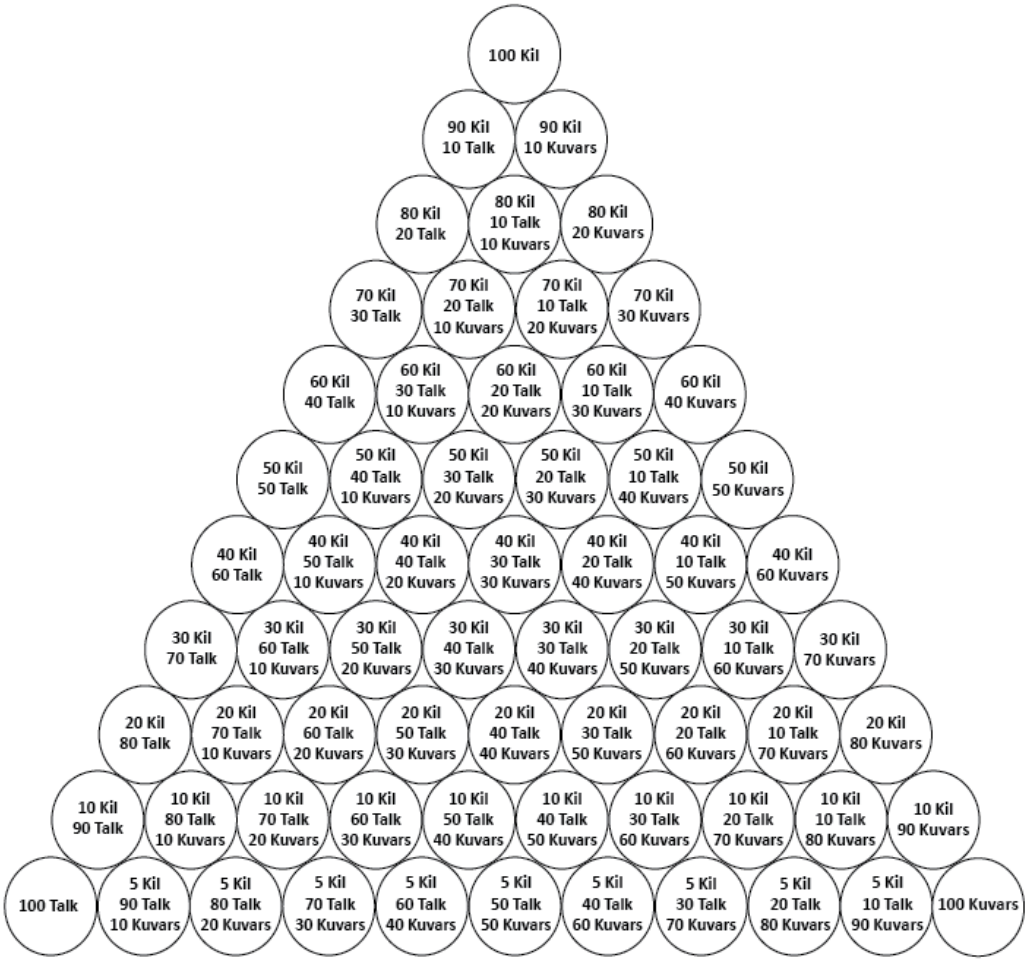
Bu yöntemde, oluşturulan üçgen diyagramın her bir köşesi kullanılmak istenilen hammaddelerle tanımlanır. Diyagramın üzerinde bu hammaddelerin farklı yüzdelerdeki birleşiminden oluşan çok sayıda reçete oluşturulur. Bu reçeteler hazırlanarak pişirilir ve elde edilen sonuçlar değerlendirilerek istenilen nitelikte bünyeler hazırlanabilir. Bu şekilde değişik hammaddeler kullanılarak farklı nitelik ve özellikte çamur reçeteleri hazırlanabilir. Üçlü diyagramda her nokta farklı hammadde oranlarını göstermekte olup,

bu noktaların okunması saat yelkovanı yönünde aralarında 120 derecelik açı ile belirlenir (Taçyıldız, 2018: 50).

Aşağıda üçlü ve dörtlü diyagrama yönelik bir örnek tablo yer almaktadır (Şekil 25, şekil 26). Üçlü diyagramda kil-talk ve kuvars üçlüsünden oluşturulmuş karışımlar görülmektedir. Diyagramın sol tarafı kil ve talk, sağ tarafı ise kil ve kuvars karışımından oluşmaktadır. Yukarıdan aşağı doğru inildikçe kil oranı 10 birim azalmakta, talk ve kuvars miktarı ise 10 birim artmaktadır. Orta bölümde yer alan kısımda ise 3. bir hammadde karışıma eklenmektedir. Üç hammaddeden oluşan bölüme bakıldığında soldan sağa doğru ilerlendiğinde kuvars miktarının 10 birim artış gösterdiği görülmektedir (Şekil 25).

Bu diyagram üzerinden aşağıda yer alan hammaddelerle üçlü karışımlar hazırlanmıştır.

- Kil-talk-boraks
- Kil-kuvars-soda
- Kaolin-talk-vollastonit
- Frit-talk-kuvars
- Kil-boraks-kuvars
- Kaolin-boraks-kuvars
- Kil-kuvars-magnezit



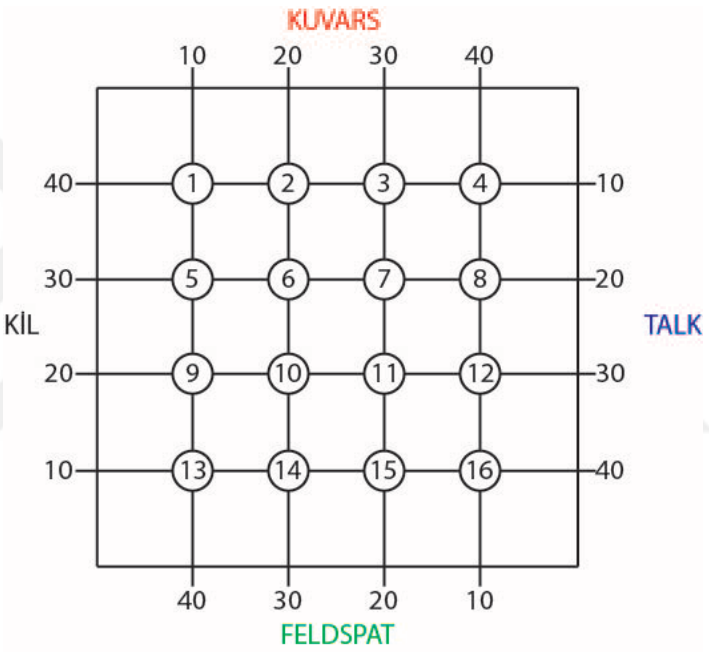
Şekil 25. Üçlü diyagram örneği (Hopper,1984: 71)

3.1.2. Dörtlü Diyagram Yöntemi

Bu yöntemde, oluşturulan dörtlü diyagramın her bir köşesi kullanılmak istenilen hammaddelerle tanımlanır. Diyagramın üzerinde bu hammaddelerin farklı yüzdelerdeki birleşiminden oluşan çok sayıda reçete oluşturulur. Bu reçeteler hazırlanarak pişirilir ve elde edilen sonuçlar değerlendirilerek istenilen nitelikte bünyeler elde edilebilir. Bu şekilde çeşitli hammaddeler kullanılarak farklı nitelik ve özellikte çamur reçeteleri hazırlanabilir. Dörtlü diyagramda her nokta farklı hammadde oranlarını göstermekte

olup, bu noktaların okunması ilgili noktadan karenin her bir kenarına dikme çıkılarak belirlenir (Taçyıldız, 2018: 51).

Dörtlü diyagram örneğinde ise kuvars-kil-feldspat ve talk dörtlüsünden oluşturulmuş karışımlar görülmektedir. Bu diyagramda her bir numara farklı bir deney reçetesini temsil etmektedir. Numaralı kısımlardan karenin dörtkenarına dikey hatlar çizilerek karışım yüzdelerinin hangi miktarlardan oluştuğu anlaşılabilir. Örneğin 7 no'lu deney %30 kuvars, %30 kil, %20 feldspat ve %20 talktan meydana gelmektedir (Şekil 26).



Şekil 26. Dörtlü diyagram örneği (Hopper,1984: 75)

Aynı diyagram üzerinden aşağıda yer alan hammaddelerle dörtlü karışımlar hazırlanmıştır.

- Kil-kaolin-kuvars-dolomit
- Kil-kuvars-feldspat-mermer
- Kil-talk-frit-vollastonit
- Kil- kuvars-talk-bentonit
- Talk-vollastonit- bentonit-kaolin.

3.2. Deneyde Kullanılan Hammaddeler

Ülkemizdeki kil yatakları düşük dereceli bünyeler geliştirmeye yöneliktir. Porselen ve stoneware (pekişmiş sert çini) gibi yüksek derece bünye üretimi ancak Doğu Asya ve Kuzey Avrupa ülkelerinde yer alan kil yatakları sayesinde üretilebilmektedir. Dolayısıyla bu tür üretimleri yerel hammaddeler ve killer ile üretebilmek adına, mevcut kil örneklerine yöntem kısmında özellikleri açıklanan çeşitli eritici hammaddeler ilave edilerek geleneksel üretim yöntemlerinde kullanılamayan fakat porselen ve stoneware'in aksine düşük derecelerde pekişen, katmanlı üretime uygun, düşük maliyetli bünyeler hazırlanması amaçlanmıştır. Hammadde araştırmaları yapılırken yerel firmaları desteklemek amacıyla özellikle ülkemiz rezervlerinde hali hazırda üretilen hammaddeler seçilerek reçeteler oluşturulmuştur.

Diyagramlarda plastikliği sağlamak amacıyla yerel killer, kaolinler ve bentonitler kullanılmıştır. Bu hammaddelerin belli başlı özellikleri aşağıda başlıklar halinde açıklanmıştır.

Kil: Plastik seramik hammaddesi denildiğinde ilk akla gelen killerdir. Killer ince taneli yapıda olup, su ile kolaylıkla yoğurulabilen, şekil verilebilen ve bu şekillerini uzun süre koruyabilen hammaddelerdir (Genç, 2013: 28).

Kaolin: Kaolinin oluştuğu ana kayaç kompleks alümina silikatlardan oluşur (Arcasoy,1983: 9). Kaolinin içeriği genelde kaya parçaları feldspat ve kuvars ile karışık haldedir bu yüzden kaolin kullanılmadan önce çeşitli metotlarla bu mineral taneciklinden arındırılmalı ve saflaştırılmalıdır (Rhodes, 1957: 20). Saf olduğunda beyaz safsızlıklar içermesi durumunda ise yeşilimsi ve sarımsı renkte olabilir. Kaolin, refrakterliği oldukça yüksek ve ergime noktası 1800°C'nin üzerinde olan bir plastik seramik hammaddesidir. Plastisitesinin killere göre düşük olması nedeniyle tek basına kullanıldığında şekillendirmede ve refrakterliğinin yüksekliği nedeniyle de zinterleşmede güçlük çekilir. Bu nedenle kaolin nadiren tek başına kullanılır. Kaolin şekillendirilebilme kabiliyetini

arttırmak için çamur ve sır hazırlamada sıklıkla kullanılır, su ile yoğrulabilir ve kolaylıkla şekillendirilebilir (Rhodes, 1957: 20).

Bentonit: Bentonit, alüminyum ve magnezyumca zengin volkanik kül, tüf ve lavların kimyasal ayrışması veya bozulmasıyla oluşmuş, çok küçük kristallere sahip kil minerallerinden (başlıca montmorillonit) oluşan ve ağırlıklı olarak kolloidal silis yapıda, yumuşak, gözenekli ve kolayca şekil verilebilir açık bir kayadır. Bünyeye plastiklik sağlamak için kullanılır. Bünyesinde demir oksit bulunduran ham haldeki bentonitin açık krem- beyaz olan rengi, 1000°C ve üzerindeki pişirimlerde, bünyenin kırmızı olmasını sağlar. Ayrıca bentonitin içinde yer alan alkali oksitlerin ve demir oksidin fazla olması nedeniyle katıldıkları bünyeler 1200-1300°C sıcaklık arasındaki pişirimlerde zinterleşir ve erir. Suda çözünme özelliği yoktur. Bünyesine çok miktarda su emerek hacimce büyüme gösterir (Genç, 2013: 22).

Plastikliği sağlamak amacıyla camsı yapıyı oluşturabilmek amacıyla kuvars, pişme derecesini düşürebilmek amacıyla çeşitli eritici malzemeler reçeteye eklenecektir. Reçetelerde kullanılan bu hammaddeler ve özellikleri aşağıdaki gibidir;

Kuvars: Yeryüzünün bilinen kısmının %25'ini oluşturur. Oksijenden sonra dünyada en çok rastlanan silisyumun bir bileşimidir. Kimyasal formülü SiO_2'dir (Arcasoy, 1983: 13). Kuvars camın üretilmesinde kullanılan hammaddenin aslını oluşturur. Seramik sanayiinde kuvars silika tozu şeklinde seramik çamuru ve sırlarında kullanılır (Genç, 2013: 30).

Vollastonit: Doğal, lifli bir kalsiyum silikat olan vollastonit, sır ve çamurlarda eritici özelliği için kullanılır. Pişirim sırasında gaz çıkışı olmadığından vollastonit ile hazırlanan çamurlar sırlı tek pişirim için çok uygundur. Sır ve çamurda pişme sıcaklık derecesini düşürmek içinde kullanılır. Pişme küçülmesini azaltır. Suda çözünme özelliği yoktur (Genç, 2013: 41).

Mermer: kimyasal formülü $CaCO_3$ olan mermer, kireç taşı ve dolomitik kireç taşlarının ısı ve basınç altında başkalaşıma uğrayarak kristalleşmesiyle oluşan bir metaformik kayaçtır. Seramik çamur, sır, astar ve boyalarında kullanılır. Seramik bünyelerde ince öğütülmüş biçimde kullanılan mermerin içindeki karbondioksit 900-1000°C arasında bünyeden uzaklaşır. Geriye kalan CaO, 1050°C sıcaklıktan sonra bünye içindeki diğer maddelerle reaksiyona girerek pekişmeyi başlatır. Genelde tüm pişirim sıcaklıklarında ergitici olarak kullanılır. Pişirimlerde tek başına herhangi bir erime göstermez. Suda çözünme özelliği yoktur (Genç, 2013: 32-33).

Dolomit: Kalsiyum ve magnezyum karbonatın doğadaki bileşik haline dolomit denir. Endüstride dolomitten ateş tuğlaları üretilir. Ayrıca bazı çamur ve sır bünyelerinde de kullanılır. Dolomitin erime sıcaklığı çok yüksektir. Pişirimlerde camsılaşma ve erime göstermez. Suda çözünme özelliği yoktur (Genç, 2013: 25-26).

Feldspat: Feldspatlar, içinde alkali bulunduran alümina silikat mineralleridir. Feldspatlar kimyasal bileşimlerinde yer alan sodyum, potasyum, lityum ve kalsiyum içeriğine ve bu oksitlerin oranlarına göre isimlendirilirler. Ergime dereceleri kil ve kaolinlere göre daha düşüktür. Seramik bünyelerde içerdiği alkali oranına ve türüne bağlı olarak ergimeyi sağlarlar (Taçyıldız, 2018: 17). Lityumun çok pahalı olması ve Nefelin siyenit'in ülkemizin doğal kaynaklarında mevcut olmaması sebebiyle, yapılan çalışmalarda sodyum feldspat (albit) ve potasyum feldspat (ortoklas) kullanılmıştır.

Firit: Öğütülmüş seramik hammaddelerinin bir reçeteye göre bir araya getirilip, özel firit fırınlarında yüksek sıcaklıklarda eritilmesi ve bu akkor halindeki eriyiğin suya dökülerek aniden soğutulmasıyla elde edilen ürüne boncuk firit (sırça) adı verilir. Ayrıca firit eritilerek cama dönüştürülmüş suda çözünmez silikatlar olarak tanımlanır. Genellikle kullanıldıkları bünyenin ergime sıcaklıklarını düşürme özellikleri vardır (Genç, 2013: 26).

Talk: Kimyasal formülü $3MgO.\ 4SiO_2.\ H_2O$ olan bu hammaddenin, yaprak, kepek veya toz şeklinde bulunan tipine talk, kütlesel haline sabuntaşı (speckstein) denir. Özellikle porselen sanayiinde ergitici olarak kullanılır. Seramik sanayiinde pişirim sıcaklıklarını düşürmesi bakımından maliyeti olumlu etkiler (Genç, 2013: 38). Geniş pişme intervali sağlamak amacıyla talk kullanılmıştır.

Boraks: Tüvenan (doğadan çıkarıldığı gibi) veya konsantre bor cevherlerinin rafinasyonu veya kimyasal reaksiyonu sonucunda elde edilen inorganik boratlar ile bu ürünlerin ısıl işlem sonucu dehidrasyona uğramış hallerinden biri de borakstır. Suda ve gliserinde çözünür. Eritici ve camlaşma özelliği için kullanılır. Çok yüksek camlaşma oranına sahiptir. Boraks 1000°C de erimeye başlar ve 1200-1300°C sıcaklıklarda tamamen eriyerek camsı yapıya dönüşür (Genç, 2013: 23).

Soda: Sodyum karbonat olarak da adlandırılan bu bileşik beyaz renkli kristalin bir tuzdur. Suda kolay çözüldüğü için sırda sırçalaştırılarak kullanılırlar (Hacızade, 2019: 195).

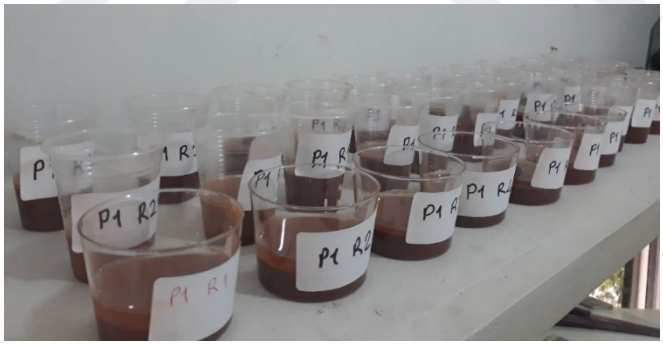
Magnezit: Magnezit minerali, saf halde iken %47,6 MgO ve %52,4 CO_2 ihtiva eden ve içinde az miktarda Fe_2O_3 bulunan magnezyum karbonattır (Erdoğan, 1995: 15). Isıya dayanıklılık gösterdiğinden düşük dereceli sırlarda bulutlanmalara sebep olurken, yüksek derecelerde pürüzsüz yüzeyler oluşturabilir (Hopper, 1984: 85).

Çalışmada kullanılan Anadolu topraklarındaki kil yatakları ise aşağıdaki gibidir;

- Karacasu Kili[3]
- Menemen Kili[4] (Karacasu kili ile benzer özellikler gösterdiği için sadece ön uygulamalar bölümünde kullanıldı.
- Eskişehir Kili
- Afyon Kili
- Konya Kili
- Ülkemiz Seramik sektöründe üretilen hazır killerin denenmesi

3.3. Reçete Uygulamaları

Üçlü ve dörtlü diyagrama göre hazırlanan reçetelerin hazırlanma aşamasının ilk basamağını tartım işlemi oluşturur. Tartımlar hassas terazide titizlikle tamamlanmalıdır. Kuru tartımları tamamlanan çamur bünyelere su emme özelliklerine göre 40-80 ml arasında su ilave edilerek öğütme işlemine hazır hale getirilir.(Şekil 27).



Şekil 27. Reçetelere su ilave edilerek öğütmeye hazırlanması işlemi

[3] Karacasu kili ile ilgili ayrıntılı bilgi almak için bkz. (İsmail Yardımcı, 2019, s. 86)

[4] Menemen kili ile ilgili ayrıntılı bilgi almak için bkz. (Çelik, 2017, s. 138)

10 dakika bilyalı jet değirmende öğütme işlemi gerçekleştirilen reçeteler yaş çamur halini (balçık) alır. Öğütme işlemi tamamlanan yaş çamurun alçı plakalar üzerinde bekletilip fazla suyu uçurularak plastik (yoğurulabilir) hale getirilir. Hava kalmayacak şekilde şekil 21'deki makine haznesine aktarılan çamurlar yazıcıda baskıya hazır hale getirilir ve basılır (Şekil 28-29).

Şekil 28. Baskı aşaması

Şekil 29. Piramit 1'e ait reçete 17, 22, 27 ve 30 nolu denemelerin baskı süreçlerinden örnekler

Şekil 30. Piramit 1'e ait reçete 37 (a,b) ve 46'nın (c,d) baskı süreci ve sonrasında tüpten geri çıkarılmış halleri

Yazıcıdan başarı ile baskı alınabilen bünyelerin 900, 950, 1000, 1050 °C pişirimleri gerçekleştirilmiştir. Yazıcıda uygulama testlerini geçen başarılı çamur denemelerine aynı zamanda kuru, pişme ve toplu küçülme deneyleri ile su emme deneyi yapılmıştır.

3.4. Üçlü ve Dörtlü Diyagram Yöntemi İle Hazırlanan Bünyeler

3.4.1. Piramit 1

Piramit 1'de Karacasu kili, talk ve kuvars hammaddelerinin karışımından oluşan 66 adet deney yapılmıştır. Gözlemlenen sonuçlar tablo 3-9'da belirtilmiştir. Tablo işaretleri ve anlamları aşağıdaki gibidir;

√ Olumlu
- Gözlenmiyor
x Olumsuz

Tablo 3. Piramit 1'e ait sonuçlar

*Ka.Kil: Karacasu Kili

Piramit 1	P1R1 %100 Ka. Kil	P1 R2 %90 Ka.Kil %10 Talk	P1R3 %90 Ka. Kil %10 Boraks	P1 R4 %80Ka. Kil %20 Talk	P1 R5 %80Ka. Kil %10 Talk %10 Boraks	P1 R6 %80Ka. Kil %20 Boraks	P1 R7 %70 Ka.Kil %30 Talk	P1 R8 %70 Ka.Kil %20 Talk %10 Boraks	P1 R9 %70Ka. Kil %10 Talk %20 Boraks	% P1 R10 %70Ka. Kil %30 Kuvars
Akışkanlık	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Plastiklik	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pürüzlü Yüzey	-	-	-	-	-	-	-	√	√	-
Deformasyon	-	-	-	-	-	-	-	950 °C'de deformasyon başladı	-	-
Erime	-	-	-	1050 °C'de erime başladı	-	-	950 °C'de sırsı yüzey köpürmeye başladı.	1050 °C'de eridi	-	-
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Mat Yüzey	√	-	√	-	-	√	-	-	-	√
Parlak Yüzey	-	√	-	900 °C'de parlak yüzey gözlemlendi 950 °C'den itibaren köpürme başladı	900 °C'de parlak yüzey gözlemlendi 950 °C'den itibaren köpürme başladı	-	√	√	√	-
Çamurun Makinadaki Başarısı	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

Tablo 4. Piramit 1'e ait sonuçlar

Piramit 1	P1 R11 %60 Ka. Kil %40 Talk	P1R12 %60 Ka. Kil %30 Talk %10 Boraks	P1R13 %60 Ka. Kil %30 Talk %20 Boraks	P1 R14 %60 Ka. Kil %10 Talk %30 Boraks	P1 R15 %60 Ka. Kil %40 Boraks	P1 R16 %50 Ka. Kil %50 Talk	P1 R17 %50 Ka. Kil %40 Talk %10 Boraks	P1R18 %50 Ka. Kil %30 Talk %20 Boraks	P1R19 %50 Ka. Kil %20 Talk %30 Boraks	P1R20 %50 Ka. Kil %10 Talk %40 Boraks
Akışkanlık	√	√	√	√	√	-	√	√	√	√
Plastiklik	√	√	√	√	√	-	√	√	√	√
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	-	-	√	-	-	√	-	-	-	-
Pürüzlü Yüzey	√	-	√	√	-	√	√	√	-	-
Deformasyon	√	√	√	-	-	√	√	√	√	Kuvars oranı %30'un üzerine çıktığında deformasyonun azaldığı gözlemlendi
Erime	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi	900 °C'de köpürme, 950 °C'de eridi	-	-	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi	900°C'de köpürme başladı	-
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	-	-	-	√	√
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	-	-	-	√	√
Mat Yüzey	-	-	-	-	√	-	-	-	-	-
Parlak Yüzey	900 °C'de eridiği için gözlemlene-medi	900 °C'de eridiği için gözlemlene-medi	√	√	-	900 °C'de eridiği için gözlemlene-medi	900 °C'de eridiği için gözlemlene-medi	900 °C'de eridiği için gözlemlene-medi	√	√
Çamurun Makinadaki Başarısı	Yazıcıdaki kullanımı iyi fakat bünye eridiği için kullanımı mümkün değil	Yazıcıdaki kullanımı iyi fakat bünye eridiği için kullanımı mümkün değil	Yazıcıdaki kullanımı iyi fakat bünye 900 °C'de köpürdüğü için kullanımı mümkün değil	√	√	Yazıcıdaki kullanımı başarısız olduğu için bünye iptal edilmiştir.	Yazıcıdaki kullanımı başarısız olduğu için bünye iptal edilmiştir.	Yazıcıdaki kullanımı başarısız olduğu için bünye iptal edilmiştir.	√	√

Tablo 5. Piramit 1'e ait sonuçlar

Piramit 1	P1R21 %50 Ka. Kil %50 Boraks	P1R22 %40Ka. Kil %60 Talk	P1R23 %40 Ka. Kil %50 Talk %10 Boraks	P1R24 %40 Ka. Kil %40 Talk %20 Boraks	P1R25 %40 Ka. Kil %30 Talk %30 Boraks	P1R26 %40 Ka. Kil %20 Talk %40 Boraks	P1R27 %40 Ka. Kil %10 Talk %50 Boraks	P1R28 %40 Ka. Kil %60 Boraks	P1R29 %30 Ka. Kil %70 Talk	P1R30 %30 Ka. Kil %60 Talk %10 Boraks
Akışkanlık	√	-	√	√	√	-	√	√	-	-
Plastiklik	√	-	√	√	√	-	√	√	-	-
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	-	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	-	-	√	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.
Pürüzlü Yüzey	-	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	-	-	-	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.
Deformasyon	-	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.	950 °C'de deformasyon görüldü	-	-	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.
Erime	-	Talk oranı %40 ve üzeri olan ve kuvars içermeyen reçetelerde erime gerçekleşmiş-tir.	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi	1000 °C'de eridi	-	-	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	-	√	√
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Mat Yüzey	√	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	-	-	√	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.
Parlak Yüzey	-	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	√	√	-	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.
Çamurun Makinadaki Başarısı	√	X	Yazıcıdaki kullanımı iyi fakat bünye 900 °C'de köpürme olduğu için kullanımı mümkün değil	Yazıcıdaki kullanımı iyi fakat bünye 900 °C'de köpürme olduğu için kullanımı mümkün değil	Yazıcıdaki kullanımı iyi fakat bünye 900 °C'de köpürme olduğu için kullanımı mümkün değil	X	√	√	X	X

Tablo 6. Piramit 1'e ait sonuçlar

Piramit 1	P1R31 %30 Ka. Kil %50 Talk %20 Boraks	P1R32 %30 Ka. Kil %40 Talk %30 Boraks	P1R33 %30 Ka. Kil %30 Talk %40 Boraks	P1R34 %30 Ka. Kil %20 Talk %50 Boraks	P1R35 %30 Ka. Kil %10 Talk %60 Boraks	P1R36 %30 Ka. Kil %70 Boraks	P1R37 %20 Ka. Kil %80 Talk	P1R38 %20 Ka. Kil %70 Talk %10 Boraks	P1R39 %20 Ka. Kil %60 Talk %20 Boraks	P1R40 %20 Ka. Kil %50 Talk %30 Boraks
Akışkanlık	-	-	-	-	√	-	-	-	-	-
Plastiklik	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	-	√	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.
Pürüzlü Yüzey	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	-	√	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.
Deformasyon	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.	950 °C'de deformasyon görüldü	-	-	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.
Erime	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi	-	-	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Mat Yüzey	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	-	√	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.
Parlak Yüzey	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	√	-	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.
Çamurun Makinadaki Başarısı	X	X	X	X	√	X	X	X	X	X

Tablo 7. Piramit 1'e ait sonuçlar

Piramit 1	P1R41 %20 Ka. Kil %40 Talk %40 Boraks	P1R42 %20 Ka. Kil %30 Talk %50 Boraks	P1R43 %20 Ka. Kil %20 Talk %60 Boraks	P1R44 %20 Ka. Kil %10 Talk %70 Boraks	P1R45 %20 Ka. Kil %80 Boraks	P1R46 %10 Ka. Kil %90 Talk	P1R47 %10 Ka. Kil %80 Talk %10 Boraks	P1R48 %10 Ka. Kil %70 Talk %20 Boraks	P1R49 %10 Ka. Kil %60 Talk %30 Boraks	P1R50 %20 Ka. Kil %50 Talk %40 Boraks
Akışkanlık	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Plastiklik	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	-	-	√	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.
Pürüzlü Yüzey	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	-	-	√	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.
Deformasyon	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	950 °C'de deformasy on görüldü	-	-	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.
Erime	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi	-	-	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Mat Yüzey	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	-	-	√	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.
Parlak Yüzey	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	√	√	-	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.
Çamurun Makinadaki Başarısı	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tablo 8. Piramit 1'e ait sonuçlar

Piramit 1	P1R51 %10 Ka. Kil %40 Talk %50 Boraks	P1R52 %10 Ka. Kil %30 Talk %60 Boraks	P1R53 %10 Ka. Kil %20 Talk %70 Boraks	P1R54 %10 Ka. Kil %10 Talk %80 Boraks	P1R55 %10 Ka. Kil %90 Boraks	P1R56 %100Talk	P1R57 %90Talk %10 Boraks	P1R58 %80 Talk %20 Boraks	P1R59 %70 Talk %30 Boraks	P1R60 %60 Talk %40 Boraks
Akışkanlık	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Plastiklik	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	Erime gerçekleşti-ğinden yüzey değerlendir-mesi yapıla-mamıştır.	Erime gerçekleşti-ğinden yüzey değerlendir-mesi yapıla-mamıştır.	-	-	-	Erime gerçekleşti-ğinden yüzey değerlendir-mesi yapıla-mamıştır.	Erime gerçekleşti-ğinden yüzey değerlendir-mesi yapıla-mamıştır.	Erime gerçekleşti-ğinden yüzey değerlendir-mesi yapıla-mamıştır.	Erime gerçekleşti-ğinden yüzey değerlendir-mesi yapıla-mamıştır.	Erime gerçekleşti-ğinden yüzey değerlendir-mesi yapıla-mamıştır.
Pürüzlü Yüzey	Erime gerçekleşti-ğinden yüzey değerlendir-mesi yapıla-mamıştır.	Erime gerçekleşti-ğinden yüzey değerlendir-mesi yapıla-mamıştır.	-	-	-	Erime gerçekleşti-ğinden yüzey değerlendir-mesi yapıla-mamıştır.	Erime gerçekleşti-ğinden yüzey değerlendir-mesi yapıla-mamıştır.	Erime gerçekleşti-ğinden yüzey değerlendir-mesi yapıla-mamıştır.	Erime gerçekleşti-ğinden yüzey değerlendir-mesi yapıla-mamıştır.	Erime gerçekleşti-ğinden yüzey değerlendir-mesi yapıla-mamıştır.
Deformasyon	Erime gerçekleşti-ğinden defor-masyon değerlen-dirmesi yapılamamı ş-tır.	Erime gerçekleşti-ğinden defor-masyon değerlen-dirmesi yapılamamı ş-tır.	1000 °C'de deformasyon görüldü	-	-	Erime gerçekleşti-ğinden defor-masyon değerlen-dirmesi yapılamamı ş-tır.	Erime gerçekleşti-ğinden defor-masyon değerlen-dirmesi yapılamamı ş-tır.	Erime gerçekleşti-ğinden defor-masyon değerlen-dirmesi yapılamamı ş-tır.	Erime gerçekleşti-ğinden defor-masyon değerlen-dirmesi yapılamamı ş-tır.	Erime gerçekleşti-ğinden defor-masyon değerlen-dirmesi yapılamamı ş-tır.
Erime	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi	-	-	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Mat Yüzey	Erime gerçekleşti-ğinden yüzey değerlendir-mesi yapıla-mamıştır.	Erime gerçekleşti-ğinden yüzey değerlendir-mesi yapıla-mamıştır.	-	√	√	Erime gerçekleşti-ğinden yüzey değerlendir-mesi yapıla-mamıştır.	Erime gerçekleşti-ğinden yüzey değerlendir-mesi yapıla-mamıştır.	Erime gerçekleşti-ğinden yüzey değerlendir-mesi yapıla-mamıştır.	Erime gerçekleşti-ğinden yüzey değerlendir-mesi yapıla-mamıştır.	Erime gerçekleşti-ğinden yüzey değerlendir-mesi yapıla-mamıştır.
Parlak Yüzey	Erime gerçekleşti-ğinden yüzey değerlendir-mesi yapıla-mamıştır.	Erime gerçekleşti-ğinden yüzey değerlendir-mesi yapıla-mamıştır.	√	-	-	Erime gerçekleşti-ğinden yüzey değerlendir-mesi yapıla-mamıştır.	Erime gerçekleşti-ğinden yüzey değerlendir-mesi yapıla-mamıştır.	Erime gerçekleşti-ğinden yüzey değerlendir-mesi yapıla-mamıştır.	Erime gerçekleşti-ğinden yüzey değerlendir-mesi yapıla-mamıştır.	Erime gerçekleşti-ğinden yüzey değerlendir-mesi yapıla-mamıştır.
Çamurun Makinadaki Başarısı	X	X	Geliştirilebilir	Geliştirilebilir	1050 °C'nin üzerinde pişirilirse mukavemeti arttırılabilir	X	X	X	X	X

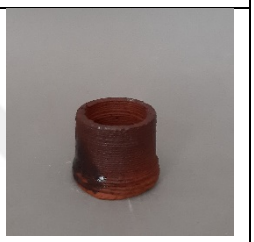
Tablo 9. Piramit 1'e ait sonuçlar

Piramit 1	P1R61 %50Talk %50 Boraks	P1R62 %40Talk %60 Boraks	P1R63 %30Talk %70 Boraks	P1R64 %20Talk %80 Boraks	P1R65 %10Talk %90 Boraks	P1R66 %100 Boraks				
Akışkanlık	-	-	-	-	-	-				
Plastiklik	-	-	-	-	-	-				
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.							
Pürüzlü Yüzey	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.							
Deformasyon			900 °C'de deformasyon görüldü	-						
Erime	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi	950 °C'de eridi	-						
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√				
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√				
Mat Yüzey	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.		-	√				
Parlak Yüzey	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.		√	-				
Çamurun Makinadaki Başarısı	X	X	X	X	X	X				

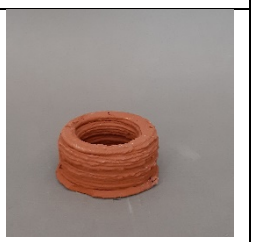
Piramit 1’e ait reçetelerden örnekler aşağıda görülebilir.

P1R1			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 31. P1R1 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P1R2			
			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 32. P1R2 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P1R3			
			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 33. P1R3 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P1R4			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 34. P1R4 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P1R5			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 35. P1R5 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P1R6			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 36. P1R6 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P1R7			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 37. P1R7 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P1R9			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 38. P1R9 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P1R10			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 39. P1R10 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P1R14			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 40. P1R14 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P1R15			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 41. P1R15 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P1R19			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 42. P1R19 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P1R20			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 43. P1R20 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P1R21			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 44. P1R21 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P1R27			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 45. P1R27 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P1R28			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 46. P1R28 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P1R35			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 47. P1R35 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P1R36			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 48. P1R36 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P1R44			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 49. P1R44 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P1R45			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 50. P1R45 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P1R47			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 51. P1R47 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P1R48			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 52. P1R48 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P1R49			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 53. P1R49 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P1R50			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 54. P1R50 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P1R53			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 55. P1R53 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

3.5.Piramit 2

Piramit 2'de Konya kili, kuvars ve soda hammaddelerinin karışımından oluşan 40 adet deney yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda reçete 46'dan 50'ye kadar öğütme işleminden sonra bünyelerde kristallenmeler meydana geldiğinden yeniden öğütülüp baskı süreci devam ettirilmiştir fakat kullanılabilir reçeteler olmaması sebebiyle 51-66 arasındaki reçeteler iptal edilmiştir. Gözlemlenen sonuçlar tablo 10-16'da belirtilmiştir.

*Ko. Kil: Konya Kili

Tablo 10. Piramit 2'ye ait sonuçlar

Piramit 2	P2R1 %100 Ko. Kil	P2R2 %90 Ko.Kil %10 Kuvars	P2R3 %90 Ko. Kil %10 Soda	P2R4 %80Ko. Kil %20 Kuvars	P2R5 %80Ko. Kil %10 Kuvars %10 Soda	P2R6 %80Ko. Kil %20 Soda	P2R7 %70 Ko.Kil %30 Kuvars	P2R8 %70 Ko.Kil %20 Kuvars %10 Soda	P2R9 %70Ko. Kil %10 Kuvars %20 Soda	P2R10 %70Ko. Kil %30 Soda
Akışkanlık	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Plastiklik	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	-	√	-	-	-	-	-	-	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.
Pürüzlü Yüzey	-	-	-	-	-	√	-	-	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.
Deformasyon	-	-	-	-	-	-	-	-	900 °C'de köpürme görüldü	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.
Erime	-	-	-	-	-	-	-	-	950 °C'de eridi	900 °C'de eridi
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Mat Yüzey	√	√	-	√	-	-	√	-	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.
Parlak Yüzey	-	-	√	-	√	√	-	√	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.
Çamurun Makinadaki Başarısı	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

Tablo 11. Piramit 2'ye ait sonuçlar

Piramit 2	P2R11 %60 Ko. Kil %40 Kuvars	P2R12 %60 Ko. Kil %30 Kuvars %10 Soda	P2R13 %60 Ko. Kil %30 Kuvars %20 Soda	P2R14 %60 Ko. Kil %10 Kuvars %30 Soda	P2R15 %60 Ko. Kil %40 Soda	P2R16 %50 Ko. Kil %50 Kuvars	P2R17 %50 Ko. Kil %40 Kuvars %10 Soda	P2R18 %50 Ko. Kil %30 Kuvars %20 Soda	P2R19 %50 Ko. Kil %20 Kuvars %30 Soda	P2R20 %50 Ko. Kil %10 Kuvars %40 Soda
Akışkanlık	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Plastiklik	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	√	-	-	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	√	√	-	-	-
Pürüzlü Yüzey	-	-	-	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	-	-	-	-	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.
Deformasyon	-	-	-	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.	-	-	-	900 °C'de köpürme görüldü	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.
Erime	-	-	-	950 °C'de eridi	950 °C'de eridi	-	-	-	950 °C'de eridi	950 °C'de eridi
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Mat Yüzey	√	-	-			√	√	-	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.
Parlak Yüzey	-	√	√			-	-	√	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.
Çamurun Makinadaki Başarısı	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

Tablo 12. Piramit 2'ye ait sonuçlar

Piramit 2	P2R21 %50 Ko. Kil %50 Soda	P2R22 %40 Ko. Kil %60 Kuvars	P2R23 %40 Ko. Kil %50 Kuvars %10 Soda	P2R24 %40 Ko. Kil %40 Kuvars %20 Soda	P2R25 %40 Ko. Kil %30 Kuvars %30 Soda	P2R26 %40 Ko. Kil %20 Kuvars %40 Soda	P2R27 %40 Ko. Kil %10 Kuvars %50 Soda	P2R28 %40 Ko. Kil %60 Soda	P2R29 %30 Ko. Kil %70 Kuvars	P2R30 %30 Ko. Kil %60 Kuvars %10 Soda
Akışkanlık	-	√	√	√	√	√	√	-	√	√
Plastiklik	-	√	√	√	√	√	√	-	√	√
Yüzeyde Çatlak Oluşumu		√	√	-	-	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	-
Pürüzlü Yüzey		-	-	-	-	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	-
Deformasyon		-	-	-	900 Derece köpürme görüldü	Erime gerçekleştiğinden ydeformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden ydeformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden ydeformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden ydeformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.	-
Erime	900 °C'de eridi	-	-	-	-	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi	-
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Mat Yüzey		√	√	-	-	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	√
Parlak Yüzey		-	-	√	√	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	-
Çamurun Makinadaki Başarısı	X	√	√	√	√	900 °C'de eridiği için yazıcıda başarılı olmasına rağmen deney iptal edilmiştir.	√	√	√	√

Tablo 13. Piramit 2'ye ait sonuçlar

Piramit 2	P2R31 %30 Ko. Kil %50 Kuvars %20 Soda	P2R32 %30 Ko. Kil %40 Kuvars %30 Soda	P2R33 %30 Ko. Kil %30 Kuvars %40 Soda	P2R34 %30 Ko. Kil %20 Kuvars %50 Soda	P2R35 %30 Ko. Kil %10 Kuvars %60 Soda	P2R36 %30 Ko. Kil %70 Soda	P2R37 %20 Ko. Kil %80 Kuvars	P2R38 %20 Ko. Kil %70 Kuvars %10 Soda	P2R39 %20 Ko. Kil %60 Kuvars %20 Soda	P2R40 %20 Ko. Kil %50 Kuvars %30 Soda
Akışkanlık	-	-	√	√	√	-	-	-	-	-
Plastiklik	-	-	√	√	√	-	-	-	-	-
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	-	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	-	-	√	-	
Pürüzlü Yüzey	-	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	-	-	-	-	
Deformasyon	-	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.	-	-	-	-	
Erime	-	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi	-	-	-	-	
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Mat Yüzey	√	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	√	√	√	-	
Parlak Yüzey		Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	-	-	-	√	
Çamurun Makinadaki Başarısı	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tablo 14. Piramit 2'ye ait sonuçlar

Piramit 2	P2R41 %20 Ko. Kil %40 Kuvars %40 Soda	P2R42 %20 Ko. Kil %30 Kuvars %50 Soda	P2R43 %20 Ko. Kil %20 Kuvars %60 Soda	P2R44 %20 Ko. Kil %10 Kuvars %70 Soda	P2R45 %20 Ko. Kil %80 Soda	P2R46 %10 Ko. Kil %90 Kuvars	P2R47 %10 Ko. Kil %80 Kuvars %10 Soda	P2R48 %10 Ko. Kil %70 Kuvars %20 Soda	P2R49 %10 Ko. Kil %60 Kuvars %30 Soda	P2R50 %20 Ko. Kil %50 Kuvars %40 Soda
Akışkanlık	Reçete 40-50 aralığındaki bünyelerde öğütüldükten sonra bekleme aşamasında kristallenmeler oldukça fazla. Bünyelerin sert yapıda olması akış sorunu oluşturdu ve baskı sürecinde kil ekstruderinin kırılmasına sebep oldu.									
Plastiklik										
Yüzeyde Çatlak Oluşumu										
Pürüzlü Yüzey										
Deformasyon										
Erime										
Ham Mukavemet										
Kuru Mukavemet										
Mat Yüzey										
Parlak Yüzey										
Çamurun Makinadaki Başarısı										

Tablo 15. Piramit 2'ye ait sonuçlar

Piramit 2	P2R51 %10 Ko. Kil %40 Kuvars %50 Soda	P2R52 %10 Ko. Kil %30 Kuvars %60 Soda	P2R53 %10 Ko. Kil %20 Kuvars %70 Soda	P2R54 %10 Ko. Kil %10 Kuvars %80 Soda	P2R55 %10 Ko. Kil %90 Soda	P2R56 %100 Kuvars	P2R57 %90Kuvars %10 Soda	P2R58 %80 Kuvars %20 Soda	P2R59 %70 Kuvars %30 Soda	P2R60 %60 Kuvars %40 Soda
Akışkanlık	Yukarıda yer alan reçeteler, bünyelerin öğütüldükten sonra bekleme aşamasında kristallenmeler oldukça fazla olduğu reçeteler iptal edilmiştir.									

Tablo 16. Piramit 2'ye ait sonuçlar

Piramit 2	P2R61 %50Kuvars %50 Soda	P2R62 %40 Kuvars %60 Soda	P2R63 %30 Kuvars %70 Soda	P2R64 %20Kuvars %80 Soda	P2R65 %10Kuvars %90 Soda	P2R66 %100 Soda				
Akışkanlık	Yukarıda yer alan reçeteler, bünyelerin öğütüldükten sonra bekleme aşamasında kristallenmeler oldukça fazla olduğu reçeteler iptal edilmiştir.									

Piramit 2'ye ait reçetelerden örnekler aşağıda görülebilir.

P2R1			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 56. P2R1 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P2R2			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 57. P2R2 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P2R3			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 58. P2R3 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P2R4			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 59. P2R4 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P2R5			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 60. P2R5 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P2R6			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 61. P2R6 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P2R7			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 62. P2R7 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P2R8			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 63. P2R8 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P2R9			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 64. P2R9 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler. En sağda basılı örnek üzerinden anlaşılmaktadır ki bünye 1000°C üzerinde pişirilmemelidir.

P2R11			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 65. P2R11 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P2R12			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 66. P2R12 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P2R13			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 67. P2R13 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P2R16			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 68. P2R16 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P2R17			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 69. P2R17 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P2R18			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 70. P2R18 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P2R19			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 71. P2R19 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler. En sağda basılı örnek üzerinden anlaşılmaktadır ki bünye 1000°C üzerinde pişirilmemelidir.

P2R22			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 72. P2R22 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P2R24			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 73. P2R24 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P2R25			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 74. P2R25 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P2R30			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 75. P2R30 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

3.6.Piramit 3

Piramit 3'de kaolen, vollastonit ve talk hammaddelerinin karışımından oluşan 66 adet deney yapılmıştır. Gözlemlenen sonuçlar tablo 17-23'de belirtilmiştir.

Tablo 17. Piramit 3'e ait sonuçlar

Piramit 3	P3R1 %100 Kaolen	P3R2 %90 Kaolen %10 Talk	P3R3 %90 Kaolen %10 vollastonit	P3R4 %80Kaolen %20 Talk	P3R5 %80Kaolen %10 Talk %10 Vollastonit	P3R6 %80Kaolen %20 Vollastonit	P3R7 %70 Kaolen %30 Talk	P3R8 %70 Kaolen %20 Talk %10 vollastonit	P3R9 %70 Kaolen %10 Talk %20 Vollastonit	P3R10 %70 Kaolen %30 Vollastonit
Akışkanlık	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Plastiklik	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pürüzlü Yüzey	-	-	-	-	-	√	√	-	-	√
Deformasyon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erime	1100 °C üzerinde pişirilmelidir.			-	-	1100 °C üzerinde pişirilmelidir.		-	1100 °C üzerinde pişirilmelidir.	
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Mat Yüzey	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Parlak Yüzey	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Çamurun Makinadaki Başarısı	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

Tablo 18. Piramit 3'e ait sonuçlar

Piramit 3	P3R11 %60 Kaolen %40 Talk	P3R12 %60 Kaolen %30 Talk %10 Vollastonit	P3R13 %60 Kaolen %30 Talk %20 Vollastonit	P3R14 %60 Kaolen %10 Talk %30 Vollastonit	P3R15 %60 Kaolen %40 Vollastonit	P3R16 %50 Kaolen %50 Talk	P3R17 %50 Kaolen %40 Talk %10 Vollastonit	P3R18 %50 Kaolen %30 Talk %20 Vollastonit	P3R19 %50 Ka. Kil %20 Talk %30 Vollastonit	P3R20 %50 Kaolen %10 Talk %40 Vollastonit
Akışkanlık	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Plastiklik	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	-	-	√	-	√	√	-	-	-	-
Pürüzlü Yüzey	-	-	√	-	-	-	-	-	√	√
Deformasyon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erime	-	-	1100 °C üzerinde pişirilmelidir.	-	-	-	-	-	1100 °C üzerinde pişirilmelidir.	-
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Mat Yüzey	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Parlak Yüzey	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Çamurun Makinadaki Başarısı	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

Tablo 19. Piramit 3'e ait sonuçlar

Piramit 3	P3R21 %50 Kaolen %50 Vollastonit	P3R22 %40Kaolen %60 Talk	P3R23 %40 Kaolen %50 Talk %10 Vollastonit	P3R24 %40 Kaolen %40 Talk %20 Vollastonit	P3R25 %40 Kaolen %30 Talk %30 Vollastonit	P3R26 %40 Kaolen%20 Talk %40 Vollastonit	P3R27 %40 Kaolen %10 Talk %50 Vollastonit	P3R28 %40 Kaolen %60 Vollastonit	P3R29 %30 Kaolen %70 Talk	P3R30 %30 Kaolen %60 Talk %10 Vollastonit
Akışkanlık	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Plastiklik	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pürüzlü Yüzey	√	-	-	√	√	√	√	√	√	√
Deformasyon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erime	1100 °C üzerinde pişirilmelidir.									-
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Mat Yüzey	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Parlak Yüzey	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Çamurun Makinadaki Başarısı	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

Tablo 20. Piramit 3'e ait sonuçlar

Piramit 3	P3R31 %30 Kaolen%50 Talk %20 Vollastonit	P3R32 %30 Kaolen %40 Talk %30 Vollastonit	P3R33 %30 Kaolen %30 Talk %40 Vollastonit	P3R34 %30 Kaolen %20 Talk %50 Vollastonit	P3R35 %30 Kaolen%10 Talk %60 Vollastonit	P3R36 %30 Kaolen %70 Vollastonit	P3R37 %20 Kaolen %80 Talk	P3R38 %20 Kaolen %70 Talk %10 Vollastonit	P3R39 %20 Kaolen %60 Talk %20 Vollastonit	P3R40 %20 Kaolen %50 Talk %30 Vollastonit
Akışkanlık	√	√	√	√	√	-	-	-	-	-
Plastiklik	√	√	√	√	√	-	-	-	-	-
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pürüzlü Yüzey	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Deformasyon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erime	1100 °C üzerinde pişirilmelidir.	-	1100 °C üzerinde pişirilmelidir.		-	1100 °C üzerinde pişirilmelidir.				
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Mat Yüzey	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Parlak Yüzey	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Çamurun Makinadaki Başarısı	√	√	√	√	√	-	-	-	-	-

Tablo 21. Piramit 3'e ait sonuçlar

Piramit 3	P3R41 %20 Kaolen %40 Talk %40 Vollastonit	P3R42 %20 Kaolen %30 Talk %50 Vollastonit	P3R43 %20 Kaolen %20 Talk %60 Vollastonit	P3R44 %20 Kaolen %10 Talk %70 Vollastonit	P3R45 %20 Kaolen %80 Vollastonit	P3R46 %10 Kaolen %90 Talk	P3R47 %10 Kaolen %80 Talk %10 Vollastonit	P3R48 %10 Kaolen %70 Talk %20 Vollastonit	P3R49 %10 Kaolen %60 Talk %30 Vollastonit	P3R50 %20 Kaolen %50 Talk %40 Vollastonit
Akışkanlık	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Plastiklik	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pürüzlü Yüzey	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Deformasyon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erime	1100 °C üzerinde pişirilmelidir.									
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Mat Yüzey	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Parlak Yüzey	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Çamurun Makinadaki Başarısı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tablo 22. Piramit 3'e ait sonuçlar

Piramit 3	P3R51 %10 Kaolen %40 Talk %50 Vollastonit	P3R52 %10 Kaolen%30 Talk %60 Vollastonit	P3R53 %10 Kaolen%20 Talk %70 Vollastonit	P3R54 %10 Kaolen %10 Talk %80 Vollastonit	P3R55 %10 Kaolen %90 Vollastonit	P3R56 %100Talk	P3R57 %90Talk %10 Vollastonit	P3R58 %80 Talk %20 Vollatonit	P3R59 %70 Talk %30 Vollastonit	P3R60 %60 Talk %40 Vollastonit
Akışkanlık	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Plastiklik	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pürüzlü Yüzey	√	√	√	-	√	√	√	√	√	√
Deformasyon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erime	1100 °C üzerinde pişirilmelidir.									
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Mat Yüzey	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Parlak Yüzey	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Çamurun Makinadaki Başarısı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tablo 23. Piramit 3'e ait sonuçlar

Piramit 3	P3R61 %50Talk %50 Vollastonit	P3R62 %40Talk %60 Vollastonit	P3R63 %30Talk %70 Vollastonit	P3R64 %20Talk %80 Vollastonit	P3R65 %10Talk %90 Vollastonit	P3R66 %100 Vollastonit				
Akışkanlık	-	-	-	-	-	-				
Plastiklik	-	-	-	-	-	-				
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	-	-	-	-	-	-				
Pürüzlü Yüzey	√	√	√	-	√	√				
Deformasyon	-	-	-	-	-	-				
Erime	1100 °C üzerinde pişirilmelidir.									
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√				
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√				
Mat Yüzey	√	√	√	√	√	√				
Parlak Yüzey	-	-	-	-	-	-				
Çamurun Makinadaki Başarısı	-	-	-	-	-	-				

Piramit 3’e ait reçetelerden örnekler aşağıda görülebilir.

P3R1			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 76. P3R1 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R2			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 77. P3R2 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R3			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 78. P3R3 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R4			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 79. P3R4 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R5			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 80. P3R5 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R6			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 81. P3R6 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R7			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 82. P3R7 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R8			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 83. P3R8 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R9			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 84. P3R9 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R10			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 85. P3R10 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R11			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 86. P3R11 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R12			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 87. P3R12 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R13			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 88. P3R13 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R14			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 89. P3R14 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R15			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 90. P3R15 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R16			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 91. P3R16 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R17			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 92. P3R17 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R18			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 93. P3R18 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R19			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 94. P3R19 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R20			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 95. P3R20 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R21			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 96. P3R21 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R22			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 97. P3R22 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R23			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 98. P3R23 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R24			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 99. P3R24 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R25			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 100. P3R25 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R26			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 101. P3R26 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R27			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 102. P3R27 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R28			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 103. P3R28 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R29			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 104. P3R29 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R30			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 105. P3R30 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R31			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 106. P3R31 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R32			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 107. P3R32 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R33			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 108. P3R33 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R34			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 109. P3R34 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R35			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 110. P3R35 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R36			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 111. P3R36 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R37			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 112. P3R37 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R38			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 113. P3R38 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R39			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

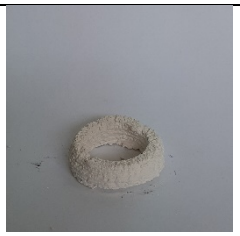
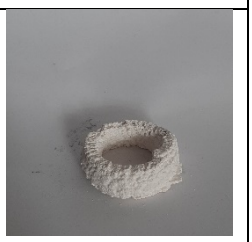
Şekil 114. P3R39 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R40			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 115. P3R40 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R41			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 116. P3R41 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R42			
			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 117. P3R42 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R43			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 118. P3R43 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R44			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 119. P3R44 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R45			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 120. P3R45 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R46			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 121. P3R46 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R47			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 122. P3R47 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R48			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 123. P3R48 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R49			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 124. P3R49 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R50			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 125. P3R50 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R51			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 126. P3R51 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R52			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 127. P3R52 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R53			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 128. P3R53 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R55			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 129. P3R55 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R56			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 130. P3R56 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R57			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 131. P3R57 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R58			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 132. P3R58 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R59			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 133. P3R59 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R60			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 134. P3R60 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R63			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 135. P3R63 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R64			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 136. P3R64 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R65			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 137. P3R65 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P3R66			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 138. P3R66 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

3.4.4. Piramit 4

Piramit 4'de frit, talk ve kuvars hammaddelerinin karışımından oluşan 66 adet reçete tartılmış, öğütülmüş ve yazıcıda basıma hazır hale getirilmiştir. Bu reçetelerden 1-24 nolu reçeteler baskı işlemine girmiştir. Ancak baskıya giren bünyelerden yazıcıda sonuç alınamamıştır. Bu nedenle 24 nolu reçete sonrası tüm bünyeler iptal edilmiştir. 1-24 nolu reçetelerin sonuçları aşağıda belirtilmiştir.

Tablo 24. Piramit 4'e ait sonuçlar.

Piramit 4	P4 R1 %100 Frit	P4 R2 %90 Frit %10 Talk	P4 R3 %90Frit %10 Kuvars	P4 R4 %80Frit %20 Talk	P4 R5 %80Frit %10 Talk %10 Kuvars	P4 R6 %80Frit %20 Kuvars	P4 R7 %70 Frit %30 Talk	P4 R8 %70 Frit %20 Talk %10 Kuvars	P4 R9 %70 Frit %10 Talk %20 Kuvars	P4 R10 %70Frit %30 Kuvars
Akışkanlık	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Plastiklik	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	Baskıya giren bünyelerden yazıcıda sonuç alınamaması nedeniyle pişirim işlemi gerçekleştirilmemiştir. Dolayısıyla yüzey değerlendirmesi yapılamamaktadır.									
Pürüzlü Yüzey	Baskıya giren bünyelerden yazıcıda sonuç alınamaması nedeniyle pişirim işlemi gerçekleştirilmemiştir. Dolayısıyla yüzey değerlendirmesi yapılamamaktadır.									
Deformasyon	Baskıya giren bünyelerden yazıcıda sonuç alınamaması nedeniyle pişirim işlemi gerçekleştirilmemiştir. Dolayısıyla deformasyon değerlendirmesi yapılamamaktadır.									
Erime	Baskıya giren bünyelerden yazıcıda sonuç alınamaması nedeniyle pişirim işlemi gerçekleştirilmemiştir.									
Ham Mukavemet	Baskıya giren bünyelerden yazıcıda sonuç alınamaması nedeniyle mukavemet değerlendirmesi yapılamamaktadır.									
Kuru Mukavemet	Baskıya giren bünyelerden yazıcıda sonuç alınamaması nedeniyle mukavemet değerlendirmesi yapılamamaktadır.									
Mat Yüzey	Baskıya giren bünyelerden yazıcıda sonuç alınamaması nedeniyle pişirim işlemi gerçekleştirilmemiştir. Dolayısıyla yüzey değerlendirmesi yapılamamaktadır.									
Parlak Yüzey	Baskıya giren bünyelerden yazıcıda sonuç alınamaması nedeniyle pişirim işlemi gerçekleştirilmemiştir. Dolayısıyla yüzey değerlendirmesi yapılamamaktadır.									
Çamurun Makinadaki Başarısı	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tablo 25. Piramit 4'e ait sonuçlar

Piramit 4	P4 R11 %60 Frit %40 Talk	P4 R12 %60 Frit %30 Talk %10 Kuvars	P4 R13 %60 Frit %30 Talk %20 Kuvars	P4 R14 %60 Frit %10 Talk %30 Kuvars	% P4 R15 60 Frit %40 Kuvars	P4 R16 %50 Firit %50 Talk	P4 R17 %50 Frit %40 Talk %10 Kuvars	P4 R18 %50 Frit%30 Talk %20 Kuvars	P4 R19 %50 Frit%20 Talk %30 Kuvars	P4 R20 %50 Frit%10 Talk %40 Kuvars
Akışkanlık	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Plastiklik	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	Baskıya giren bünyelerden yazıcıda sonuç alınamaması nedeniyle pişirim işlemi gerçekleştirilmemiştir. Dolayısıyla yüzey değerlendirmesi yapılamamaktadır.									
Pürüzlü Yüzey	Baskıya giren bünyelerden yazıcıda sonuç alınamaması nedeniyle pişirim işlemi gerçekleştirilmemiştir. Dolayısıyla yüzey değerlendirmesi yapılamamaktadır.									
Deformasyon	Baskıya giren bünyelerden yazıcıda sonuç alınamaması nedeniyle pişirim işlemi gerçekleştirilmemiştir. Dolayısıyla deformasyon değerlendirmesi yapılamamaktadır.									
Erime	Baskıya giren bünyelerden yazıcıda sonuç alınamaması nedeniyle pişirim işlemi gerçekleştirilmemiştir.									
Ham Mukavemet	Baskıya giren bünyelerden yazıcıda sonuç alınamaması nedeniyle mukavemet değerlendirmesi yapılamamaktadır.									
Kuru Mukavemet	Baskıya giren bünyelerden yazıcıda sonuç alınamaması nedeniyle mukavemet değerlendirmesi yapılamamaktadır.									
Mat Yüzey	Baskıya giren bünyelerden yazıcıda sonuç alınamaması nedeniyle pişirim işlemi gerçekleştirilmemiştir. Dolayısıyla yüzey değerlendirmesi yapılamamaktadır.									
Parlak Yüzey	Baskıya giren bünyelerden yazıcıda sonuç alınamaması nedeniyle pişirim işlemi gerçekleştirilmemiştir. Dolayısıyla yüzey değerlendirmesi yapılamamaktadır.									
Çamurun Makinadaki Başarısı	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tablo 26. Piramit 4'e ait sonuçlar

Piramit 4	P4 R21 %50 Frit %50 Kuvars	P4 R22 %40Frit %60 Talk	P4 R23 %40 Frit %50 Talk %10 Kuvars	P4 R24 %40 Frit %40 Talk %20 Kuvars						
Akışkanlık	-	-	-	-						
Plastiklik	-	-	-	-						
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	Baskıya giren bünyelerden yazıcıda sonuç alınamaması nedeniyle pişirim işlemi gerçekleştirilmemiştir. Dolayısıyla yüzey değerlendirmesi yapılamamaktadır.									
Pürüzlü Yüzey	Baskıya giren bünyelerden yazıcıda sonuç alınamaması nedeniyle pişirim işlemi gerçekleştirilmemiştir. Dolayısıyla yüzey değerlendirmesi yapılamamaktadır.									
Deformasyon	Baskıya giren bünyelerden yazıcıda sonuç alınamaması nedeniyle pişirim işlemi gerçekleştirilmemiştir. Dolayısıyla deformasyon değerlendirmesi yapılamamaktadır.									
Erime	Baskıya giren bünyelerden yazıcıda sonuç alınamaması nedeniyle pişirim işlemi gerçekleştirilmemiştir.									
Ham Mukavemet	Baskıya giren bünyelerden yazıcıda sonuç alınamaması nedeniyle mukavemet değerlendirmesi yapılamamaktadır.									
Kuru Mukavemet	Baskıya giren bünyelerden yazıcıda sonuç alınamaması nedeniyle mukavemet değerlendirmesi yapılamamaktadır.									
Mat Yüzey	Baskıya giren bünyelerden yazıcıda sonuç alınamaması nedeniyle pişirim işlemi gerçekleştirilmemiştir. Dolayısıyla yüzey değerlendirmesi yapılamamaktadır.									
Parlak Yüzey	Baskıya giren bünyelerden yazıcıda sonuç alınamaması nedeniyle pişirim işlemi gerçekleştirilmemiştir. Dolayısıyla yüzey değerlendirmesi yapılamamaktadır.									
Çamurun Makinadaki Başarısı	X	X	X	X						

3.4.5. Piramit 5

Piramit 5'de Eskişehir kili, boraks ve kuvars hammaddelerinin karışımından oluşan 60 adet deney yapılmıştır. Kil oranı %10'a düştüğünde akışkanlıkta sorunlar yaşanmaya başlamıştır. Yazıcıda başarısız sonuçların gözlendiği 47-60 arası reçeteler iptal edilmiştir. Gözlemlenen sonuçlar tablo 27-32'de belirtilmiştir.

Tablo 27. Piramit 5'e ait sonuçlar

*E. Kili: Eskişehir Kili

Piramit 5	P5R1 %100 E. Kili	P5R2 %90 E. Kili %10 Boraks	P5R3 %90E. Kili %10 Kuvars	P5R4 %80 E. Kili %20 Boraks	P5R5 %80 E. Kili %10 Boraks %10 Kuvars	P5R6 %80 E. Kili %20 Kuvars	P5R7 %70 E. Kili %30 Boraks	P5R8 %70 E. Kili %20 Boraks %10 Kuvars	P5R9 %70 E. Kili %10 Boraks %20 Kuvars	P5R10 %70 E. Kili %30 Kuvars
Akışkanlık	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Plastiklik	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	-	-	-	-	√	√	-	-	-	-
Pürüzlü Yüzey	-	√	-	-	-	-	-	-	-	-
Deformasyon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erime	-	-	Yüzey toz halinde ele geliyor 1050 °C üzerine çıkmalı	-	-	Yüzey toz halinde ele geliyor 1050 °C üzerine çıkmalı	-	-	-	Yüzey toz halinde ele geliyor 1050 °C üzerine çıkmalı
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Mat Yüzey	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Parlak Yüzey	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Çamurun Makinadaki Başarısı	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

Tablo 28. Piramit 5'e ait sonuçlar

Piramit 5	P5R11 %60 E. Kili %40 Boraks	P5R12 %60 E. Kili %30 Boraks %10 Kuvars	P5R13 %60 E. Kili %30Boraks %20 Kuvars	P5R14 %60 E. Kili %10 Boraks %30 Kuvars	P5R15 %60 E. Kili %40 Kuvars	P5R16 %50 E. Kili %50 Boraks	P5R17 %50 E. Kili %40 Boraks %10 Kuvars	P5R18 %50E. Kili%30 Boraks %20 Kuvars	P5R19 %50 E. Kili%20 Boraks %30 Kuvars	P5R20 %50 E. Kili%10 Boraks %40 Kuvars
Akışkanlık	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Plastiklik	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	-	-	-	√	-	-	√	√	-	-
Pürüzlü Yüzey	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Deformasyon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erime	-	-	-	1050 °C üzerine çıkabilir	Yüzey toz halinde ele geliyor 1050 °C üzerine çıkmalı	-	-	-	-	-
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Mat Yüzey	-	-	-	√	√	-	-	-	-	√
Parlak Yüzey	√	√	√	-	-	√	√	√	√	-
Çamurun Makinadaki Başarısı	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

Tablo 29. Piramit 5'e ait sonuçlar

Piramit 5	P5R21 %50 E. Kili %50 Kuvars	P5R22 %40 E. Kili %60 Boraks	P5R23 %40 E. Kili %50 Boraks %10 Kuvars	P5R24 %40 E. Kili %40 Boraks %20 Kuvars	P5R25 %40 E. Kili%30 Boraks %30 Kuvars	P5R26 %40 E. Kili %20 Boraks %40 Kuvars	P5R27 %40 E. Kili %10 Boraks %50 Kuvars	P5R28 %40 E. Kili %60 Kuvars	P5R29 %30 E. Kili %70 Boraks	P5R30 %30 E. Kili %60 Boraks %10 Kuvars
Akışkanlık	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Plastiklik	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.
Pürüzlü Yüzey	√	-	-	-	-	-	-	√	-	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.
Deformasyon	-	-	-	-	950 °C'de deformasyon görüldü	-	-	-	√	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.
Erime	Yüzey toz halinde ele geliyor 1050 °C üzerine çıkmalı	900 °C'de pişirilmesi önerilir.	900 °C'de pişirilmesi önerilir.	-	900 °C'de pişirilmesi önerilir.	-	-	Yüzey toz halinde ele geliyor 1050 °C üzerine çıkmalı	√	900 °C'de eridi
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Mat Yüzey	√	-	-	-	-	√	√	√	-	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.
Parlak Yüzey	-	√	√	√	√	-	-	-	√	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.
Çamurun Makinadaki Başarısı	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

Tablo 30. Piramit 5'e ait sonuçlar

Piramit 5	P5R31 %30 E. Kili %50 Boraks %20 Kuvars	P5R32 %30 E. Kili%40 Boraks %30 Kuvars	P5R33 %30 E. Kili %30 Boraks %40 Kuvars	P5R34 %30 E. Kili %20 Boraks %50 Kuvars	P5R35 %30 E. Kili %10 Boraks %60 Kuvars	P5R36 %30 E. Kili %70 Kuvars	P5R37 %20 E. Kili %80 Boraks	P5R38 %20 E. Kili%70 Boraks %10 Kuvars	P5R39 %20 E. Kili %60 Boraks %20 Kuvars	P5R40 %20 E. Kili %50 Boraks %30 Kuvars
Akışkanlık	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Plastiklik	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	-	-	-	-	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.
Pürüzlü Yüzey	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	-	-	-	√	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.
Deformasyon	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.	900 °C'de deformasyon görüldü	-	-	-	-	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.
Erime	900 °C'de eridi	950 °C'de eridi	-	-	-	1050 °C üzerinde pişirilmesi gerekir	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Mat Yüzey	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	-	Yarı mat	Yarı mat	√	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.
Parlak Yüzey	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	√	-	-	-	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.
Çamurun Makinadaki Başarısı	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

Tablo 31. Piramit 5'e ait sonuçlar

Piramit 5	P5R41 %20 E. Kili %40 Boraks %40 Kuvars	P5R42 %20 E. Kili %30 Boraks %50 Kuvars	P5R43 %20 E. Kili %20 Boraks %60 Kuvars	P5R44 %20 E. Kili %10 Boraks %70 Kuvars	P5R45 %20 E. Kili %80 Kuvars	P5R46 %10 E. Kili %90 Boraks	P5R47 %10 E. Kili %80 Boraks %10 Kuvars	P5R48 %10 E. Kili %70 Boraks %20 Kuvars	P5R49 %10 E. Kili %60 Boraks %30 Kuvars	P5R50 %20 E. Kili %50 Boraks %40 Kuvars
Akışkanlık	-	-	-	-	-	-	-	Kil oranı %10'a düştüğünde akışkanlıkta sorun yaşanmıştır		
Plastiklik	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Yüzeyde Çatlak Oluşumu		-	-	-	-	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.			
Pürüzlü Yüzey		-	-	-	√	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.			
Deformasyon		-	-	-	-	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.			
Erime		900 °C'de köpürme görüldü			Yüzey toz halinde ele geliyor 1050 °C üzerine çıkmalı	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi			
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√			
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√			
Mat Yüzey		-	-	√	√	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.			
Parlak Yüzey		√	√	-	-	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.			
Çamurun Makinadaki Başarısı	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tablo 32. Piramit 5'e ait sonuçlar

Piramit 5	P5R51 %10 E. Kili %40 Boraks %50 Kuvars	P5R52 %10 E. Kili %30 Boraks %60 Kuvars	P5R53 %10 E. Kili %20 Boraks %70 Kuvars	P5R54 %10 E. Kili %10 Boraks %80 Kuvars	P5R55 %10 E. Kili %90 Kuvars	P5R56 %100 Boraks	P5R57 %90 Boraks %10 Kuvars	P5R58 %80 Boraks %20 Kuvars	P5R59 %70 Boraks %30 Kuvars	P5R60 %60 Boraks %40 Kuvars
Akışkanlık	Kil oranı %10'a düştüğünden akışkanlıkta sorun yaşanmıştır. 47-60 arası reçeteler iptal edilmiştir.									
Plastiklik	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Yazıcıda başarılı şekilde basılan Piramit 5'e ait reçetelerden örnekler aşağıda görülebilir.

P5R1			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 139. P5R1 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R2			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 140. P5R2 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R3			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 141. P5R3 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R4			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 142. P5R4 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R5			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 143. P5R5 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R6			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 144. P5R6 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R7			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

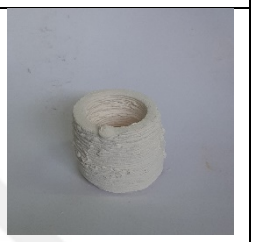
Şekil 145. P5R7 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R8			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 146. P5R8 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R9			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 147. P5R9 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R10			
			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 148. P5R10 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R11			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 149. P5R11 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R12			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 150. P5R12 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R13			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 151. P5R13 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R14			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 152. P5R14 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R15			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 153. P5R15 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R16			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 154. P5R16 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R17			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 155. P5R17 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R18			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 156. P5R18 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R19			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 157. P5R19 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R20			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 158. P5R20 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R21			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 159. P5R21 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R22			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 160. P5R22 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R23			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 161. P5R23 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R24			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 162. P5R24 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R25			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

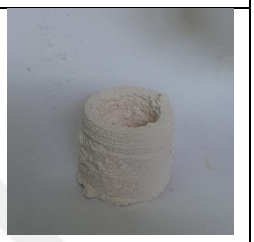
Şekil 163. P5R25 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R26			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 164. P5R26 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R27			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 165. P5R27 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R28			
			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 166. P5R28 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R29			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 167. P5R29 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R30			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 168. P5R30 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R31			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 169. P5R31 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R32			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 170. P5R32 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R33			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 171. P5R33 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R34			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 172. P5R34 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R35			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 173. P5R35 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R36			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 174. P5R36 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R42			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 175. P5R42 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R43			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 176. P5R43 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R44			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 177. P5R44 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P5R45			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 178. P5R45 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

3.4.6. Piramit 6

Piramit 6'de Kaolen, boraks ve kuvars hammaddelerinin karışımından oluşan 60 adet deney yapılmıştır. Kaolen oranı %10'un altındaki reçetelerde bünyenin suyu tutmaması nedeniyle akış sağlanamamıştır. Bu nedenle 48-60 numaralı denemeler iptal edilmiştir. Gözlemlenen sonuçlar tablo 33-38'de belirtilmiştir.

Tablo 33. Piramit 6'ya ait sonuçlar

Piramit 6	P6R1 %100 Kaolen	P6R2 %90 Kaolen %10 Boraks	P6R3 %90 Kaolen %10 Kuvars	P6R4 %80 Kaolen %20 Boraks	P6R5 %80 Kaolen %10 Boraks %10 Kuvars	P6R6 %80 Kaolen %20 Kuvars	P6R7 %70 Kaolen %30 Boraks	P6R8 %70 Kaolen %20 Boraks %10 Kuvars	P6R9 %70 Kaolen %10 Boraks %20 Kuvars	P6R10 %70 Kaolen %30 Kuvars
Akışkanlık	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Plastiklik	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pürüzlü Yüzey	-	√	-	-	√	-	-	-	√	-
Deformasyon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erime	-	-	1050 °C üzerinde pişirilmesi önerilir	-	-	1050 °C üzerinde pişirilmesi önerilir	-	-	-	-
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Mat Yüzey	-	-	√	-	-	√	-	-	-	√
Parlak Yüzey	√	√	-	√	√	-	√	√	√	-
Çamurun Makinadaki Başarısı	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

Tablo 34. Piramit 6'ya ait sonuçlar

Piramit 6	P6R11 %60 Kaolen %40 Boraks	P6R12 %60 Kaolen %30 Boraks %10 Kuvars	P6R13 %60 Kaolen %30Boraks %20 Kuvars	P6R14 %60 Kaolen %10 Boraks %30 Kuvars	P6R15 %60 Kaolen %40 Kuvars	P6R16 %50 Kaolen %50 Boraks	P6R17 %50 Kaolen %40 Boraks %10 Kuvars	P6R18 %50 Kaolen %30 Boraks %20 Kuvars	P6R19 %50 Kaolen %20 Boraks %30 Kuvars	P6R20 %50 Kaolen %10 Boraks %40 Kuvars
Akışkanlık	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Plastiklik	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pürüzlü Yüzey	-	-	-	√	-	-	-	-	-	-
Deformasyon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erime	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Mat Yüzey	-	-	-	√	√	-	-	-	-	-
Parlak Yüzey	√	√	√	-	-	√	√	√	√	√
Çamurun Makinadaki Başarısı	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

Tablo 35. Piramit 6'ya ait sonuçlar

Piramit 6	P6R21 %50 Kaolen %50 Kuvars	P6R22 %40 Kaolen %60 Boraks	P6R23 %40 Kaolen %50 Boraks %10 Kuvars	P6R24 %40 Kaolen %40 Boraks %20 Kuvars	P6R25 %40 Kaolen %30 Boraks %30 Kuvars	P6R26 %40 Kaolen %20 Boraks %40 Kuvars	P6R27 %40 Kaolen %10 Boraks %50 Kuvars	P6R28 %40 Kaolen %60 Kuvars	P6R29 %30 Kaolen %70 Boraks	P6R30 %30 Kaolen %60 Boraks %10 Kuvars
Akışkanlık	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Plastiklik	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	-	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	-	-	-	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.
Pürüzlü Yüzey	-	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	-	√	√	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.
Deformasyon	-	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.	900 °Cde deformasyon görüldü	900 °Cde deformasyon görüldü	-	-	-	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.
Erime	-	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi	950 °C'de eridi	950 °C'de eridi	-	-	1050 °C üzerinde pişirilmesi önerilir	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Mat Yüzey	-	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	-	√	√	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.
Parlak Yüzey	√	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	√	-	-	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.
Çamurun Makinadaki Başarısı	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

Tablo 36. Piramit 6'ya ait sonuçlar

Piramit 6	P6R31 %30 Kaolen %50 Boraks %20 Kuvars	P6R32 %30 Kaolen %40 Boraks %30 Kuvars	P6R33 %30 Kaolen %30 Boraks %40 Kuvars	P6R34 %30 Kaolen %20 Boraks %50 Kuvars	P6R35 %30 Kaolen %10 Boraks %60 Kuvars	P6R36 %30 Kaolen %70 Kuvars	P6R37 %20 Kaolen %80 Boraks	P6R38 %20 Kaolen %70 Boraks %10 Kuvars	P6R39 %20 Kaolen %60 Boraks %20 Kuvars	P6R40 %20 Kaolen %50 Boraks %30 Kuvars
Akışkanlık	√	√	√	√	√	√	-	-	-	-
Plastiklik	√	√	√	√	√	√	-	-	-	-
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	-	-	-	-	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.
Pürüzlü Yüzey	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	-	-	-	√	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.
Deformasyon	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.	-	-	-	-	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır
Erime	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi	-	-	-	Yüzey toz halinde ele geliyor. 1050 °C üzerine çıkmalı	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi
Ham Mukavemet	√	√	√	√	-	-	√	√	√	√
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	-	-	√	√	√	√
Mat Yüzey	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	-	-	√	√	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.
Parlak Yüzey	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	√	√	-	-	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.
Çamurun Makinadaki Başarısı	√	√	√	√	√	√	X	X	X	X

Tablo 37. Piramit 6'ya ait sonuçlar

Piramit 6	P6R41 %20 Kaolen %40 Boraks %40 Kuvars	P6R42 %20 Kaolen %30 Boraks %50 Kuvars	P6R43 %20 Kaolen %20 Boraks %60 Kuvars	P6R44 %20 Kaolen %10 Boraks %70 Kuvars	P6R45 %20 Kaolen %80 Kuvars	P6R46 %10 Kaolen %90 Boraks	P6R47 %10 Kaolen %80 Boraks %10 Kuvars	P6R48 %10 Kaolen %70 Boraks %20 Kuvars	P6R49 %10 Kaolen %60 Boraks %30 Kuvars	P6R50 %10 Kaolen %50 Boraks %40 Kuvars
Akışkanlık	-	-	-	-	-	-	-	-	Kaolen oranı %10 altında olan reçetelerde akış sorunu yaşandı	
Plastiklik	-	-	-	-	-	-	-	-		
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	-	√	-	-	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.		
Pürüzlü Yüzey	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	-	-	--	√	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğin-den yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.		
Deformasyon	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.	-	-	-	-	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden deformasyon değerlendirmesi yapılamamıştır.		
Erime	900 °C'de eridi	-	-	-	Yüzey toz halinde ele geliyor 1050 °C üzerine çıkmalı	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi	900 °C'de eridi		
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√		
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√		
Mat Yüzey	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	-	-	-	√	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.		
Parlak Yüzey	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	√ Toplanma görüldü	√	√	-	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.	Erime gerçekleştiğinden yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.		
Çamurun Makinadaki Başarısı	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tablo 38. Piramit 6'ya ait sonuçlar

Piramit 6	P6R51 %10 Kaolen %40 Boraks %50 Kuvars	P6R52 %10 Kaolen %30 Boraks %60 Kuvars	P6R53 %10 Kaolen %20 Boraks %70 Kuvars	P6R54 %10 Kaolen %10 Boraks %80 Kuvars	P6R55 %10 Kaolen %90 Kuvars	P6R56 %100 Boraks	P6R57 %90 Boraks %10 Kuvars	P6R58 %80 Boraks %20 Kuvars	P6R59 %70 Boraks %30 Kuvars	P6R60 %60 Boraks %40 Kuvars
Akışkanlık	Kaolen oranı %10'un altındaki reçetelerde bünyenin suyu tutmaması nedeniyle akış sağlanamamıştır. Bu nedenle 48-60 numaralı denemeler iptal edilmiştir.									

Piramit 6'e ait reçetelerden örnekler aşağıda görülebilir.

P6R1			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 179. P6R1 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P6R2			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 180. P6R2 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P6R3			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 181. P6R3 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P6R4			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 182. P6R4 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P6R5			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 183. P6R5 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P6R6			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 184. P6R6 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P6R7			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 185. P6R7 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P6R8			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 186. P6R8 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P6R9			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 187. P6R9 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P6R10			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 188. P6R10 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P6R11			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 189. P6R11 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P6R12			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 190. P6R12 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P6R13			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 191. P6R13 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P6R14			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 192. P6R14 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P6R15			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 193. P6R15 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P6R17			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 194. P6R17 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P6R18			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 195. P6R18 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P6R19			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 196. P6R19 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P6R24			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 197. P6R24 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P6R27			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 198. P6R27 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P6R28			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 199. P6R28 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P6R33			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 200. P6R33 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P6R34			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 201. P6R34 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P6R35			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 202. P6R35 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P6R36			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 203. P6R36 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P6R42			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 204. P6R42 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P6R43			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 205. P6R43reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P6R44			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 206. P6R44 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P6R45			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 207. P6R45 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

3.4.7. Piramit 7

Piramit 7'de Afyon kili, kuvars ve magnezit hammaddelerinin karışımından oluşan 66 adet deney yapılmıştır. 66 adet reçeteden %10 kil içeren reçetelerin kullanılabilirlikleri çok zor olması nedeniyle reçete 45'ten sonrası iptal edilmiştir. Gözlemlenen sonuçlar tablo 39-45'de belirtilmiştir.

Tablo 39. Piramit 7'ye ait sonuçlar

*A.Kili: Afyon kili

Piramit 7	P7R1 %100 A. Kili	P7R2 %90 A.Kili %10 Kuvars	P7R3 %90 A. Kili %10 Magnezit	P7R4 %80A. Kili %20 Kuvars	P7R5 %80A. Kili %10 Kuvars %10 Magnezit	P7R6 %80A. Kili %20 Magnezit	P7R7 %70 A.Kili %30 Kuvars	P7R8 %70 A.Kili %20 Kuvars %10 Magnezit	P7R9 %70A. Kili %10 Kuvars %20 Magnezit	P7R10 %70A. Kili %30 Magnezit
Akışkanlık	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Plastiklik	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pürüzlü Yüzey	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Deformasyon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erime	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1050°C üzerinde pişirilebilir.
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Mat Yüzey	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Parlak Yüzey	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Çamurun Makinadaki Başarısı	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

Tablo 40. Piramit 7'ye ait sonuçlar

Piramit 7	P7R11 %60 A. Kili %40 Kuvars	P7R12 %60 A. Kili %30 Kuvars %10 Magnezit	P7R13 %60 A. Kili %30 Kuvars %20 Magnezit	P7R14 %60 A. Kili %10 Kuvars %30 Magnezit	P7R15 %60 A. Kili %40 Magnezit	P7R16 %50 A. Kili %50 Kuvars	P7R17 %50 A. Kili %40 Kuvars %10 Magnezit	P7R18 %50 A. Kili %30 Kuvars %20 Magnezit	P7R19 %50 A. Kili %20 Kuvars %30 Magnezit	P7R20 %50 A. Kili %10 Kuvars %40 Magnezit
Akışkanlık	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Plastiklik	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pürüzlü Yüzey	√	√	√	√	√	√	√	√	-	√
Deformasyon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erime	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1100°C de pişirilmesi önerilir
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Mat Yüzey	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Parlak Yüzey	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Çamurun Makinadaki Başarısı	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

Tablo 41. Piramit 7'ye ait sonuçlar

Piramit 7	P7R21 %50 A. Kili %50 Magnezit	P7R22 %40 A. Kili %60 Kuvars	P7R23 %40 A. Kili %50 Kuvars %10 Magnezit	P7R24 %40 A. Kili %40 Kuvars %20 Magnezit	P7R25 %40 A. Kili %30 Kuvars %30 Magnezit	P7R26 %40 A. Kili %20 Kuvars %40 Magnezit	P7R27 %40 A. Kili %10 Kuvars %50 Magnezit	P7R28 %40 A. Kili %60 Magnezit	P7R29 %30 A. Kili %70 Kuvars	P7R30 %30 A. Kili %60 Kuvars %10 Magnezit
Akışkanlık	√	√	√	√	√	√	√	√	√ Akışkanlıkta zorlanma görüldü	√ Akışkanlıkta zorlanma görüldü
Plastiklik	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pürüzlü Yüzey	-	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Deformasyon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erime	1100°C de pişirilmesi önerilir	-	-	-	1100°C de pişirilmesi önerilir	1100°C de pişirilmesi önerilir	1100°C de pişirilmesi önerilir	1100°C de pişirilmesi önerilir	-	-
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Mat Yüzey	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Parlak Yüzey	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Çamurun Makinadaki Başarısı	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

Tablo 42. Piramit 7'ye ait sonuçlar

Piramit 7	P7R31 %30 A. Kili %50 Kuvars %20 Magnezit	P7R32 %30 A. Kili %40 Kuvars %30 Magnezit	P7R33 %30 A. Kili %30 Kuvars %40 Magnezit	P7R34 %30 A. Kili %20 Kuvars %50 Magnezit	P7R35 %30 A. Kili %10 Kuvars %60 Magnezit	P7R36 %30 A. Kili %70 Magnezit	P7R37 %20 A. Kili %80 Kuvars	P7R38 %20 A. Kili %70 Kuvars %10 Magnezit	P7R39 %20 A. Kili %60 Kuvars %20 Magnezit	P7R40 %20 A. Kili %50 Kuvars %30 Magnezit
Akışkanlık	√	√	√	√	√	√	-	-	-	-
Plastiklik	√	√	√	√	√	√	-	-	-	-
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pürüzlü Yüzey	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Deformasyon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erime	-	-	1100°C de pişirilmesi önerilir	1100°C de pişirilmesi önerilir	1100°C de pişirilmesi önerilir	1100°C de pişirilmesi önerilir	1100°C de pişirilmesi önerilir	1100°C de pişirilmesi önerilir	1100°C de pişirilmesi önerilir	1100°C de pişirilmesi önerilir
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Mat Yüzey	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Parlak Yüzey	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Çamurun Makinadaki Başarısı	√	√	√	√	√	√	X	X	X	X

Tablo 43. Piramit 7'ye ait sonuçlar

Piramit 7	P7R41 %20 A. Kili %40 Kuvars %40 Magnezit	P7R42 %20 A. Kili %30 Kuvars %50 Magnezit	P7R43 %20 A. Kili %20 Kuvars %60 Magnezit	P7R44 %20 A. Kili %10 Kuvars %70 Magnezit	P7R45 %20 A. Kili %80 Magnezit	P7R46 %10 A. Kili %90 Kuvars	P7R47 %10 A. Kili %80 Kuvars %10 Magnezit	P7R48 %10 A. Kili %70 Kuvars %20 Magnezit	P7R49 %10 A. Kili %60 Kuvars %30 Magnezit	P7R50 %20 A. Kili %50 Kuvars %40 Magnezit
Akışkanlık	√	√	√	Akışkanlıkta zorlanma görüldü	Akışkanlıkta zorlanma görüldü	Akışkanlıklığı başarısız olduğundan reçete 45 sonrası iptal edilmiştir.				
Plastiklik	√	√	√	Plastikliği yetersiz	Plastikliği yetersiz	Plastikliğinin olmaması nedeniyle reçete 45 sonrası iptal edilmiştir.				
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	-	-	-	-	-					
Pürüzlü Yüzey	√	√	√	√	√					
Deformasyon	-	-	-	-	-					
Erime	-	-	-	-	-					
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√					
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√					
Mat Yüzey	√	√	√	√	√					
Parlak Yüzey	-	-	-	-	-					
Çamurun Makinadaki Başarısı	√	√	√	Akışkanlıkta zorlanma görüldü	Akışkanlıkta zorlanma görüldü					

Tablo 44. Piramit 7'ye ait sonuçlar

Piramit 7	P7R51 %10 A. Kili %40 Kuvars %50 Magnezit	P7R52 %10 A. Kili %30 Kuvars %60 Magnezit	P7R53 %10 A. Kili %20 Kuvars %70 Magnezit	P7R54 %10 A. Kili %10 Kuvars %80 Magnezit	P7R55 %10 A. Kili %90 Magnezit	P7R56 %100 Kuvars	P7R57 %90Kuvars %10 Magnezit	P7R58 %80 Kuvars %20 Magnezit	P7R59 %70 Kuvars %30 Magnezit	P7R60 %60 Kuvars %40 Magnezit
Akışkanlık	Plastikliği ve akışkanlığının başarısız olması nedeniyle reçete 45 sonrası iptal edilmiştir.									
Plastiklik										

Tablo 45. Piramit 7'ye ait sonuçlar

Piramit 7	P7R61 %50Kuvars %50 Magnezit	P7R62 %40 Kuvars %60 Magnezit	P7R63 %30 Kuvars %70 Magnezit	P7R64 %20Kuvars %80 Magnezit	P7R65 %10Kuvars %90 Magnezit	P7R66 %100 Magnezit				
Akışkanlık	Plastikliği ve akışkanlığının başarısız olması nedeniyle reçete 45 sonrası iptal edilmiştir.									
Plastiklik										

*A. Kili: Afyon Kili

Piramit 7’e ait reçetelerden örnekler aşağıda görülebilir.

P7R1			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 208. P7R1 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R2			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 209. P7R2 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R3			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 210. P7R3 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R4			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 211. P7R4 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R5			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 212. P7R5 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R6			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 213. P7R6 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R7			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 214. P7R7 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R8			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 215. P7R8 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R9			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 216. P7R9 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R10			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 217. P7R10 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R11			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 218. P7R11 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R12			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 219. P7R12 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R13			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 220. P7R13 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R14			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 221. P7R14 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R15			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 222. P7R15 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R16			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 223. P7R16 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R17			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 224. P7R17 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R18			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 225. P7R18 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R19			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 226. P7R19 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R20			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 227. P7R20 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R21			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 228. P7R21 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R22			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 229. P7R22 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R23			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 230. P7R23 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R24			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 231. P7R24 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R25			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 232. P7R25 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R26			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

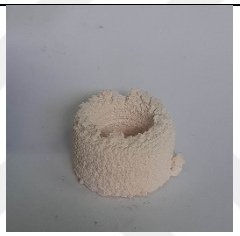
Şekil 233. P7R26 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R27			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 234. P7R27 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R28			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 235. P7R28 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R29			
			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 236. P7R29 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R30			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 237. P7R30 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R31			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 238. P7R31 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R32			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 239. P7R32 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R33			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 240. P7R33 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R34			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 241. P7R34 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R35			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 242. P7R35 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R36			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 243. P7R36 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R37			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 244. P7R37 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R38			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 245. P7R38 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R39			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 246. P7R39 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R40			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 247. P7R40 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R41			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 248. P7R41 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R42			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 249. P7R42 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R43			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 250. P7R43 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R44			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 251. P7R44 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

P7R45			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 252. P7R45 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

3.4.8. Diyagram 1

Diyagram 1'de Konya kili, kaolen, kuvars ve dolomit hammaddelerinin karışımından oluşan 16 adet deney yapılmıştır. Gözlemlenen sonuçlar tablo 46,47'de belirtilmiştir.

Tablo 46. Diyagram 1'e ait sonuçlar

Diyagram 1	D1R1 %10 K. Kil %10 Kaolen %40 Kuvars %40 Dolomit	D1R2 %20 K. Kili %10 Kaolen %30 Kuvars %40 Dolomit	D1R3 %30 K. Kili %10 Kaolen %20 Kuvars %40 Dolomit	D1R4 %40 K. Kili %10 Kaolen %10 Kuvars %40 Dolomit	D1R5 %10 K. Kili %20 Kaolen %40 Kuvars %30 Dolomit	D1R6 %20 K. Kili %20 Kaolen %30 Kuvars %30 Dolomit	D1R7 %30 K. Kili %20 Kaolen %20 Kuvars %30 Dolomit	D1R8 %40 K. Kili %20 Kaolen %10 Kuvars %30 Dolomit	D1R9 %10 K. Kili %30 Kaolen %40 Kuvars %20 Dolomit	D1R10 %20 K. Kili %30 Kaolen %30 Kuvars %20 Dolomit
Akışkanlık	-	-	-	-	-	-	-	-	√	√
Plastiklik	-	-	-	-	-	-	-	-	√	√
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	√	√	√	√	√	√	√	√	-	-
Pürüzlü Yüzey	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Deformasyon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erime	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Mat Yüzey	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Parlak Yüzey	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Çamurun Makinadaki Başarısı	X	X	X	X	X	X	X	X	√	√

Tablo 47. Diyagram 1'e ait sonuçlar

Diyagram 1	D1R11 %30 K. Kil %30 Kaolen %20 Kuvars %20 Dolomit	D1R121 %40 K. Kili %30 Kaolen %10 Kuvars %20 Dolomit	D1R13 %10 K. Kili %40 Kaolen %40 Kuvars %10 Dolomit	D1R14 %20 K. Kili %40 Kaolen %30 Kuvars %10 Dolomit	D1R15 %30 K. Kili %40 Kaolen %20 Kuvars %10 Dolomit	D1R16 %40 K. Kili %40 Kaolen %10 Kuvars %10 Dolomit				
Akışkanlık	√	√	√	√	√	√				
Plastiklik	√	√	√	√	√	√				
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	-	-	-	-	-	-				
Pürüzlü Yüzey	√	√	√	√	√	√				
Deformasyon	-	-	-	-	-	-				
Erime	-	-	-	-	-	-				
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√				
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√				
Mat Yüzey	√	√	√	√	√	√				
Parlak Yüzey	-	-	-	-	-	-				
Çamurun Makinadaki Başarısı	√	√	√	√	√	√				

Diyagram 1’e ait reçetelerden örnekler aşağıda görülebilir

D1R1			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 253. D1R1 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D1R2			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 254. D1R2 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D1R3			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 255. D1R3 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D1R4			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 256. D1R4 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D1R5			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 257. D1R5 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D1R6			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 258. D1R6 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D1R7			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 259. D1R7 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D1R8			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 260. D1R8 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D1R9			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 261. D1R9 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D1R10			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 262. D1R10 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D1R11			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 263. D1R11 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D1R12			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 264. D1R12 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D1R13			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 265. D1R13 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D1R14			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 266. D1R14 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D1R15			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 267. D1R15 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D1R16			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 268. D1R16 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

3.4.9. Diyagram 2

Diyagram 2'de Eskişehir kili, kuvars, feldspat ve mermer hammaddelerinin karışımından oluşan 16 adet deney yapılmıştır. Reçetelerin büyük bir çoğunluğunda dağılmalar gerçekleşmiştir. Bu nedenle bu diyagram üzerindeki reçeteler çalışmaya değer bulunmamıştır. Gözlemlenen sonuçlar tablo 48, 49'da belirtilmiştir.

Tablo 48. Diyagram 2'ye ait sonuçlar

Diyagram 2	D2R1 %10 E. Kili %10 Kuvars %40 Feldispat %40 Mermer	D2R2 %20 E. Kili %10 Kuvars %30 Feldispat %40 Mermer	D2R3 %30 E. Kili %10 Kuvars %20 Feldispat %40 Mermer	D2R4 %40 E. Kili %10 Kuvars %10 Feldispat %40 Mermer	D2R5 %10 E. Kili %20 Kuvars %40 Feldispat %30 Mermer	D2R6 %20 E. Kili %20 Kuvars %30 Feldispat %30 Mermer	D2R7 %30 E. Kili %20 Kuvars %20 Feldispat %30 Mermer	D2R8 %40 E. Kili %20 Kuvars %10 Feldispat %30 Mermer	D2R9 %10 E. Kili %30 Kuvars %40 Feldispat %20 Mermer	D2R10 %20 E. Kili %30 Kuvars %30 Feldispat %20 Mermer
Akışkanlık	-	-	-	-	-	-	-	√	-	-
Plastiklik	-	-	-	-	-	-	-	√	-	-
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	Reçetelerin tamamı 900°C pişirim sonrası dağılmıştır.Dolayısıyla yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.									
Pürüzlü Yüzey	Reçetelerin tamamı 900°C pişirim sonrası dağılmıştır.Dolayısıyla yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.									
Deformasyon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erime	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Mat Yüzey	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Parlak Yüzey	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Çamurun Makinadaki Başarısı	X	X	X	X	X	X	X	√	X	X

Tablo 49. Diyagram 2'ye ait sonuçlar

Diyagram 2	D2R11 %30 E. Kil %30 Kuvars %20 Feldispat %20 Mermer	D2R12 %40 E. Kili %30 Kuvars %10 Feldispat %20 Mermer	D2R13 %10 E. Kili %40 Kuvars %40Feldispat %10 Mermer	D2R14 %20 E. Kili %40 Kuvars %30 Feldispat %10 Mermer	D2R15 %30 E. Kili %40 Kuvars %20 Feldispat %10 Mermer	D2R16 %40 E. Kili %40 Kuvars %10 Feldispat %10 Mermer				
Akışkanlık	-	√	-	-	-	-				
Plastiklik	-	√	-	-	-	-				
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	900°C pişirim sonrası dağılmıştır. Dolayısıyla yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.		√	√	√	-				
Pürüzlü Yüzey	900°C pişirim sonrası dağılmıştır. Dolayısıyla yüzey değerlendirmesi yapılamamıştır.		√	√	√	√				
Deformasyon	-	-	-	-	-	-				
Erime	-	-	-	-	-	-				
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√				
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√				
Mat Yüzey	√	√	√	√	√	√				
Parlak Yüzey	-	-	-	-	-	-				
Çamurun Makinadaki Başarısı	X	√	X	X	X	X				

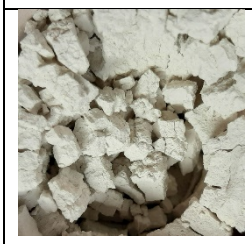
Diyagram 2’e ait reçetelerden örnekler aşağıda görülebilir

D2R1			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 269. D2R1 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D2R2			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 270. D2R2 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D2R3			
			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 271. D2R3 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D2R4			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

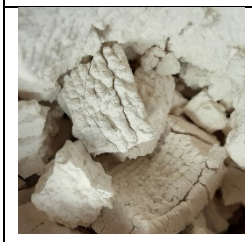
Şekil 272. D2R4 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D2R5			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 273. D2R5 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D2R6			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 274. D2R6 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D2R7			
			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 275. D2R7 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D2R8			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 276. D2R8 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D2R9			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

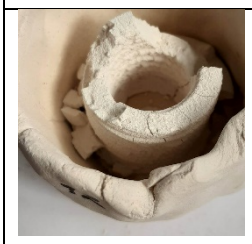
Şekil 277. D2R9 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D2R10			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

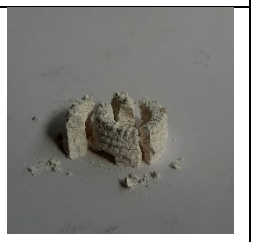
Şekil 278. D2R10 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D2R11			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 279. D2R11 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D2R12			
			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

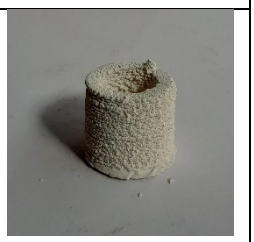
Şekil 280. D2R12 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D2R13			
			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 281. D2R13 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D2R14			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 282. D2R14 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D2R15			
			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 283. D2R15 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D2R16			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 284. D2R16 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

3.4.10. Diyagram 3

Diyagram 3'de Afyon kili, talk, frit ve vollastonit hammaddelerinin karışımından oluşan 16 adet deney yapılmıştır. Gözlemlenen sonuçlar tablo 50, 51'de belirtilmiştir.

Tablo 50. Diyagram 3'e ait sonuçlar

Diyagram 3	D3R1 %10 A. Kili %10 Talk %40 Frit %40 Vollastanit	D3R2 %20 A. Kili %10 Talk %30 Frit %40 Vollastanit	D3R3 %30 A. Kili %10 Talk %20 Frit %40 Vollastanit	D3R4 %40 A. Kili %10 Talk %10 Frit %40 Vollastanit	D3R5 %10 A. Kili %20 Talk %40 Frit %30Vollastanit	D3R6 %20 A. Kili %20 Talk %30 Frit %30 Vollastanit	D3R7 %30 A. Kili %20 Talk %20 Frit %30 Vollastanit	D3R8 %40 A. Kili %20 Talk %10 Frit %30 Vollastanit	D3R9 %10 A. Kili %30 Talk %40 Frit %20Vollastanit	D3R10 %20 A. Kili %30 Talk %30 Frit %20 Vollastanit
Akışkanlık	-	-	-	√	-	-	√	√	-	√
Plastiklik	-	-	-	√	-	-	√	√	-	√
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pürüzlü Yüzey	-	√	√	√	√	√	√	√	-	√
Deformasyon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erime	1050 °C'de eridi.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Mat Yüzey	√	-	√	√	-	√	√	√	-	√
Parlak Yüzey	-	√	-	-	√		-	-	√	-
Çamurun Makinadaki Başarısı	X	X	X	√	X	X	√	√	X	√

Tablo 51. Diyagram 3'e ait sonuçlar

Diyagram 3	D3R11 %30 A. Kil %30 Talk %20 Frit %20 Vollastanit	D3R12 %40 A. Kili %30 Talk %10 Frit %20 Vollastanit	D3R13 %10 A. Kili %40 Talk %40 Frit %10 Vollastanit	D3R14 %20 A. Kili %40 Talk %30 Frit %10 Vollastanit	D3R15 %30 A. Kili %40 Talk %20 Frit %10 Vollastanit	D3R16 %40 A. Kili %40 Talk %10 Frit %10 Vollastanit
Akışkanlık	√	√	-	-	√	√
Plastiklik	√	√	-	-	√	√
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	-	-	-	-	-	-
Pürüzlü Yüzey	√	√	-	-	√	√
Deformasyon	-	-	-	-	-	-
Erime	-	-	-	-	-	-
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√
Mat Yüzey	√	√	-	-	√	√
Parlak Yüzey	-	-	√	√	-	-
Çamurun Makinadaki Başarısı	√	√	x	x	√	√

Diyagram 3’e ait reçetelerden örnekler aşağıda görülebilir

D3R1			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 285. D3R1 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D3R2			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 286. D3R2 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D3R3			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 287. D3R3 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D3R4			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 288. D3R4 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D3R5			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 289. D3R5 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D3R6			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 290. D3R6 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D3R7			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 291. D3R7 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D3R8			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 292. D3R8 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D3R9			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 293. D3R9 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D3R10			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 294. D3R10 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D3R11			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 295. D3R11 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D3R12			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 296. D3R12 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D3R13			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 297. D3R13 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D3R14			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 298. D3R14 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D3R15			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 299. D3R15 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D3R16			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 300. D3R16 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

3.4.11. Diyagram 4

Diyagram 4'de Karacasu kili, kuvars, talk ve bentonit hammaddelerinin karışımından oluşan 16 adet deney yapılmıştır. 16 reçetede de çok başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Gözlemlenen sonuçlar tablo 52, 53'te belirtilmiştir.

Tablo 52. Diyagram 4'e ait sonuçlar

Diyagram 4	D4R1 %10 Ka. Kili %10 Kuvars %40 Talk %40 Bentonit	D4R2 %20 Ka. Kili %10 Kuvars %30 Talk %40 Bentonit	D4R3 %30 Ka. Kili %10 Kuvars %20 Talk %40 Bentonit	D4R4 %40 Ka. Kili %10 Kuvars %10 Talk %40 Bentonit	D4R5 %10 Ka. Kili %20 Kuvars %40 Talk %30Bentonit	D4R6 %20 Ka. Kili %20 Kuvars %30 Talk %30 Bentonit	D4R7 %30 Ka. Kili %20 Kuvars %20 Talk %30 Bentonit	D4R8 %40 Ka. Kili %20 Kuvars %10 Talk %30 Bentonit	D4R9 %10 Ka. Kili %30 Kuvars %40 Talk %20 Bentonit	D4R10 %20 Ka. Kili %30 Kuvars %30 Talk %20 Bentonit
Akışkanlık	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Plastiklik	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pürüzlü Yüzey	-	-	-	√	√	√	√	-	√	√
Deformasyon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erime	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Mat Yüzey	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Parlak Yüzey	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Çamurun Makinadaki Başarısı	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

Tablo 53. Diyagram 4'e ait sonuçlar

Diyagram 4	D4R11 %30 Ka. Kili %30 Kuvars %20 Talk %20 Bentonit	D4R12 %40 Ka. Kili %30 Kuvars %10 Talk %20 Bentonit	D4R13 %10 Ka. Kili %40 Kuvars %40 Talk %10 Bentonit	D4R14 %20 Ka. Kili %40 Kuvars %30 Talk %10 Bentonit	D4R15 %30 Ka. Kili %40 Kuvars %20 Talk %10 Bentonit	D4R16 %40 Ka. Kili %40 Kuvars %10 Talk %10 Bentonit
Akışkanlık	√	√	√	√	√	√
Plastiklik	√	√	√	√	√	√
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	-	-	-	-	-	-
Pürüzlü Yüzey	√	-	√	√	√	-
Deformasyon	-	-	-	-	-	-
Erime	-	-	-	-	-	-
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√
Mat Yüzey	√	√	√	√	√	√
Parlak Yüzey	-	-	-	-	-	-
Çamurun Makinadaki Başarısı	√	√	√	√	√	√

Diyagram 4’e ait reçetelerden örnekler aşağıda görülebilir.

D4R1			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

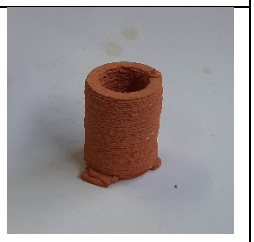
Şekil 301. D4R1 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D4R2			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 302. D4R2 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D4R3			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 303. D4R3 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D4R4			
			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 304. D4R4 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D4R5			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

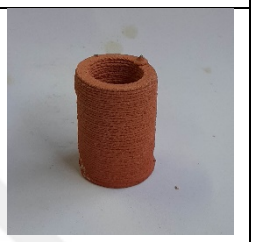
Şekil 305. D4R5 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D4R6			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 306. D4R6 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D4R7			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 307. D4R7 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D4R8			
			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 308. D4R8 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D4R9			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

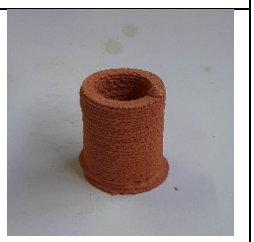
Şekil 309. D4R9 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D4R10			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 310. D4R10 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D4R11			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 311. D4R11 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D4R12			
			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

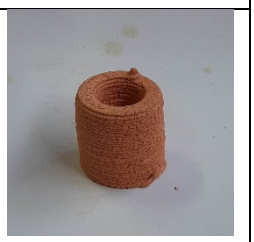
Şekil 312. D4R12 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D4R13			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 313. D4R13 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D4R14			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 314. D4R14 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D4R15			
			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 315. D4R15 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D4R16			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 316. D4R16 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

3.4.12. Diyagram 5

Diyagram 5'te talk, vollastonit, bentonit ve kaolen hammaddelerinin karışımından oluşan 16 adet deney yapılmıştır. Gözlemlenen sonuçlar tablo 54,55'te belirtilmiştir.

Tablo 54. Diyagram 5'e ait sonuçlar

Diyagram 5	D5R1 %10 Talk %10 Vollastonit %40 Bentonit %40 Kaolen	D5R2 %20 Talk %10 Vollastonit %30 Bentonit %40 Kaolen	D5R3 %30 Talk %10 Vollastonit %20 Bentonit %40 Kaolen	D5R4 %40 Talk %10 Vollastonit %10 Bentonit %40 Kaolen	D5R5 %10 Talk %20 Vollastonit %40 Bentonit %30 Kaolen	D5R6 %20 Talk %20 Vollastonit %30 Bentonit %30 Kaolen	D5R7 %30 Talk %20 Vollastonit %20 Bentonit %30 Kaolen	D5R8 %40 Talk %20 Vollastonit %10 Bentonit %30 Kaolen	D5R9 %10 Talk %30 Vollastonit %40 Bentonit %20 Kaolen	D5R10 %20 Talk %30 Vollastonit %30 Bentonit %20 Kaolen
Akışkanlık	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Plastiklik	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pürüzlü Yüzey	-	-	-	√	√	-	√	√	√	√
Deformasyon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erime	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Mat Yüzey	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Parlak Yüzey	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Çamurun Makinadaki Başarısı	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

Tablo 55. Diyagram 5'e ait sonuçlar

Diyagram 5	D5R11 %30 Talk %30 Vollastonit %20 Bentonit %20 Kaolen	D5R12 %40 Talk %30 Vollastonit %10 Bentonit %20 Kaolen	D5R13 %10 Talk %40 Vollastonit %40 Bentonit %10 Kaolen	D5R14 %20 Talk %40 Vollastonit %30 Bentonit %10 Kaolen	D5R15 %30 Talk %40 Vollastonit %20 Bentonit %10 Kaolen	D5R16 %40 Talk %40 Vollastonit %10 Bentonit %10 Kaolen
Akışkanlık	√	√	√	√	√	√
Plastiklik	√	√	√	√	√	√
Yüzeyde Çatlak Oluşumu	-	-	-	-	-	-
Pürüzlü Yüzey	√	√	√	√	√	√
Deformasyon	-	-	-	-	-	-
Erime	-	-	-	-	-	-
Ham Mukavemet	√	√	√	√	√	√
Kuru Mukavemet	√	√	√	√	√	√
Mat Yüzey	√	√	√	√	√	√
Parlak Yüzey	-	-	-	-	-	-
Çamurun Makinadaki Başarısı	√	√	√	√	√	√

Diyagram 5’e ait reçetelerden örnekler aşağıda görülebilir

D5R1			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 317. D5R1 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D5R2			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 318. D5R2 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D5R3			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 319. D5R3 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D5R4			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 320. D5R4 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D5R5			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 321. D5R5 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D5R6			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 322. D5R6 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D5R7			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 323. D5R7 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D5R8			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 324. D5R8 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D5R9			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 325. D5R9 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D5R10			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 326. D5R10 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D5R11			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 327. D5R11 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D5R12			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 328. D5R12 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D5R13			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 329. D5R13 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D5R14			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 330. D5R14 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D5R15			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 331. D5R15 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

D5R16			
900°C	950°C	1000°C	1050°C

Şekil 332. D5R16 reçetesine ait basılmış ve pişirilmiş örnekler.

3.5. Seçilen Bünyelere Uygulanan Deneyler

3.5.1. Kuru, Pişme ve Toplu Küçülme Deneyi

3.5.1.1. Kuru Küçülme Deneyi

Seramik bünyeler kurultulduklarında küçülme gösterirler, bunun nedeni şekillendirme suyunun bünyeden uzaklaşmasıdır. Seramik bünyelerin molekül tanecikleri arasındaki su bünyeden uzaklaştıkça, molekül tanecikleri daha sıkı bir dizilime geçmekte ve bünyede küçülme ortaya çıkartmaktadır.

Plastik kıvama getirilen seramik bünyeden 10x5x1 cm boyutlarında plakalar şekillendirilmiştir. Şekillendirilmiş plakanın üzerine 10cm'lik bir çizgi çizilmiştir. Plakalar kurutulduktan sonra 10cm'lik çizgi tekrar ölçülerek not edilir. Yüzde kuru küçülme hesabı aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$\% \text{ Kuru küçülme} = \frac{\text{Plastik uzunluk} - \text{Kuru uzunluk}}{\text{Plastik uzunluk}} \times 100$$

3.5.1.2. Pişme Küçülme Deneyi

Kurutulan seramik bünye, şekillendirme suyunu tamamen kaybedinceye dek küçülmektedir. Bu küçülmeyi izleyen aşamada, seramik bünye pişirildiğinde de küçülme sürmektedir. Bu kez küçülmenin nedeni, şekillendirme suyunu kaybeden seramik bünyenin, yapısındaki organik maddelerin yanması, gazların uzaklaşması, kristal suyunun ayrılması ve karmaşık kristal değişikliği gibi olaylar olarak bilinmektedir (Suçağlar, 2019: 252).

Kuru küçülmesi hesaplanan plakalar, seçilen ısı aralığında pişirilir. Pişirim işleminden sonra plakanın üzerinde yer alan çizgi tekrar ölçülerek not edilir. Buna göre yüzde pişme küçülme hesabı aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$\% \text{ Pişme küçülme} = \frac{\text{Kuru uzunluk} - \text{Pişmiş uzunluk}}{\text{Kuru uzunluk}} \times 100$$

3.5.1.3. Toplu Küçülme Deneyi

Killerde kuru ve pişme küçülmesinin birlikte toplam olarak hesaplanması ile toplu küçülme saptanmış olmaktadır. Bu hesap ile tasarlanan ürünün piştiği zaman ne kadar küçüleceği tespit edilebileceğinden plastik haldeki ölçüleri yazıcıda önceden seçilen bünyeye uygun olarak ayarlanabilmektedir. Buna göre toplu küçülme hesabı aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$\% \text{ Toplu küçülme} = \frac{\text{Plastik uzunluk} - \text{Pişmiş uzunluk}}{\text{Plastik uzunluk}} \times 100$$

3.5.2. Su Emme Deneyi

Su emme deneyinde, pişen bünyenin gözeneklerine ne kadar su aldığı test edilmektedir. Su emmeyi etkileyen faktörler, bünyenin özlülüğü ve pişme sıcaklığı olmaktadır (Suçağlar, 2019: 253).

Su emme değerinin saptanması istenen parçalar, belirli bir sıcaklıkta pişirilirler. Ortamdan nem almayacak şekilde soğutulan parçaların değişmez ağırlıkta tartımı yapılır.

Bu parçalar sonra su içine konarak 4 saat kaynatılır veya kaynatılmadan 12 saat su içinde bekletilir. Suyun içerisinden çıkarılan plakalar kurulanarak tartımları yapılır. Yaş tartım ile kuru tartım arasındaki fark parçanın emdiği su miktarını verir (Arcasoy, Başkırkan 2020: 73).

Yazıcıdan başarılı bir şekilde sonuç alınan silindirik şekilli bünyeler tartılarak ağırlıkları not edilmiştir. Daha sonra aynı bünyeler 12 saat su içinde bekletilmiştir. Su dolu kaptan alınan silindirik formlar kurulanarak tekrar tartımları yapılmış ve ağırlıkları not edilmiştir. Buna göre su emme yüzdeleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Su Emme} = \frac{\text{Yaş pişmiş ağırlık} - \text{Kuru pişmiş ağırlık}}{\text{Kuru pişmiş ağırlık}} \times 100$$

3.5.3. Mukavemet Deneyi

3.5.3.1. Ham Mukavemet

Şekillendirme neticesinde elde edilen ürün ham ürün olup duruma göre kendi ağırlığı altında deforme olmaması, elle veya rulolar üzerinde örneğin kurutucuya kadar hasar oluşturmadan taşınabilmesi gerekmektedir. Ürünün kalıptan çıkarıldıktan hemen sonraki mukavemeti ham mukavemet olarak tanımlanmakta ve bu aşamadaki mekanik dayanımı tespit etmek amacı ile yapılmaktadır (Afyon Kocatepe Üniversitesi, Seramik Mühendisliği: 22).

3.5.3.2. Kuru Mukavemet

Kurutma sonrasında numunenin sahip olduğu mukavemettir. Kurutma işlemi tamamlandıktan sonra ürün taşıma, dekorlama, sırlama ve transfer arabalarına yükleme, boşaltma gibi mekanik etkilere maruz kalır. Ürün bu işlemlerden hasarsız olarak geçmelidir (Afyon Kocatepe Üniversitesi, Seramik Mühendisliği: 22).

3.5.3.3. Pişme Mukavemeti

Üretilen ürünler kullanım yerlerine göre genelde standartlar dahilinde öngörülen mukavemet değerlerine sahip olmalıdır. Bu nedenle ürünün pişme sonrası mukavemetinin tespit edilmesi gerekmektedir. Numuneler plastik yöntemle, dökümle veya preslenerek şekillendirilebilir. Bütün numuneler aynı yöntemle şekillendirilmeli ve bütün parametreler sabit tutulmalıdır. Plastik yöntemle şekillendirme yapılacaksa plastik masse alçı kalıpta çubuk şeklinde basılarak şekillendirilir. Döküm yoluyla şekillendirme yapılabilir. Sıvı haldeki çamur sürekli olarak alçı kalıba ilave edilir. Kapalı bir kalıp kullanmak daha sağlıklıdır. Kuru presleme yöntemi ise en hatasız şekillendirme yöntemidir. Bu yöntemlerden herhangi biri kullanılarak test edilecek parçalar şekillendirilir, kurutulur mamül pişirim sıcaklığında pişirildikten sonra teste tabi tutulur (Afyon Kocatepe Üniversitesi, Seramik Mühendisliği: 22-23).

Deneyin Yapılışı :

- Ham kurutulmuş ve pişirilmiş haldeki plakaların yükseklikleri (h) ve genişlikleri (b) ölçülerek kaydedilir.
- Numuneler mukavemet cihazına yerleştirilir.
- Mesnetler arasındaki mesafe (L) ölçülür.
- Numuneye giderek arttırılan bir kuvvet (F) etki ettirilir.
- F kuvveti numune kırılana kadar arttırılır.
- Numunenin kırıldığı andaki F kuvveti kaydedilir.
- Daha sonra mukavemet aşağıdaki formüle göre hesaplanır(Afyon Kocatepe Üniversitesi, Seramik Mühendisliği,s.23-24).

$$\text{Pişme Mukavemeti} = \frac{3}{2}\,\frac{FxL}{bxh^2}\ (Kg/cm^2)$$

Yazıcıdan başarılı bir şekilde sonuç alınan bünyelerden 20 x 7 x 2 cm. boyutlarında plakalar şekillendirilmiştir. Şekillendirilen plakalar kurutularak istenilen sıcaklık aralığında pişirimleri gerçekleştirilmiştir. Pişirilen plakaların pişme mukaveti testleri yürütücü kurum dışında gerçekleşeceği için Covid-19 pandemisi sebebiyle gerçekleştirilememiştir.

Makinadan başarı ile çıkış yapan numune sayısının fazla olması nedeniyle her piramit ve diyagramdan örnek oluşturabimesi açısından birkaç reçete seçilerek kuru, pişme ve toplu küçülme deneyleri, su emme deneyleri yapılmış ve sonuçları aşağıdaki tablo 56-67'de belirtilmiştir.

Tablo 56. Piramit 1'e ait sonuçlar

Piramit 1	Seçilen Reçetenin Pişirim Sıcaklığı	Kuru Küçülme Yüzdesi	Pişme Küçülme Yüzdesi	Toplu Küçülme Yüzdesi	Su Emme Yüzdesi
R2 %80 Karacasu Kili %10 Talk %10 Boraks	900°C	%8	%1,6	%9,6	%4,8
R14 %60 Karacasu Kili %10 Talk %30 Boraks	900°C	%7	%2,1	%9,1	%5,9

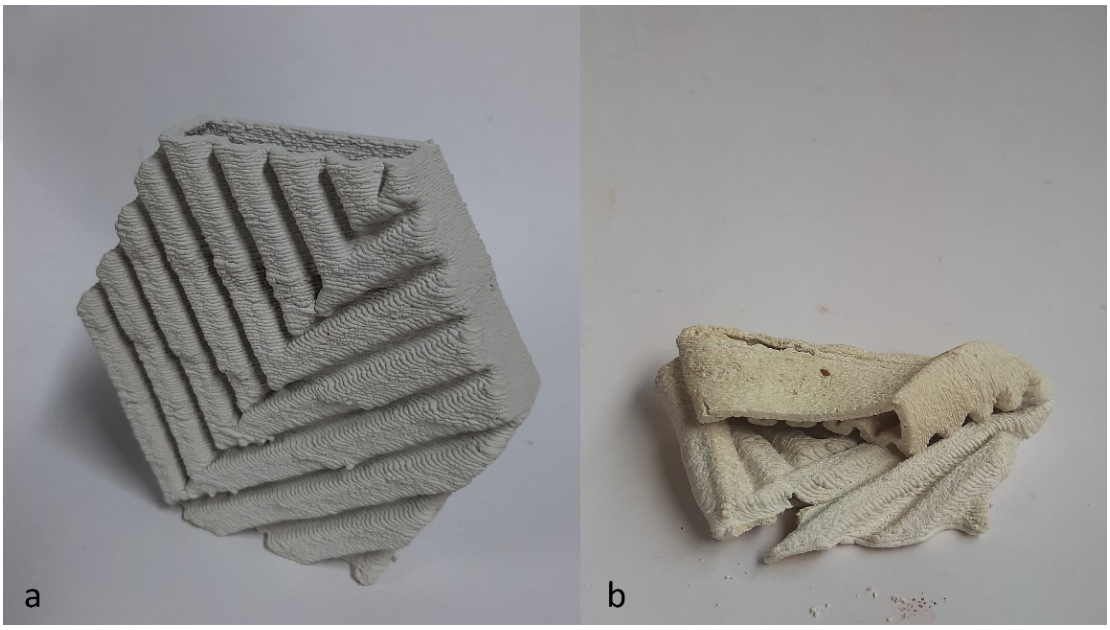
Şekil 333. P1R2 reçetesine ait pişirilmiş örnek.

Şekil 334. P1R14 reçetesine ait pişirilmiş örnek.

Tablo 57. Piramit 2'ye ait sonuçlar

Piramit 2	Seçilen Reçetenin Pişirim Sıcaklığı	Kuru Küçülme Yüzdesi	Pişme Küçülme Yüzdesi	Toplu Küçülme Yüzdesi	Su Emme Yüzdesi
R5 %80Konya Kili %10 Kuvars %10 soda	900°C	%6	%0	%6	%5
R12 %60 Konya Kili %30 Kuvars %10 soda	900°C	%8	%0,5	%8,5	%17

Şekil 335. P2R5 reçetesine ait pişirilmiş örnek.



Şekil 336. P2R12 reçetesine ait basılmış (a) ve pişirilmiş (b) örnek.

Tablo 58. Piramit 3'e ait sonuçlar

Piramit 3	Seçilen Reçetenin Pişirim Sıcaklığı	Kuru Küçülme Yüzdesi	Pişme Küçülme Yüzdesi	Toplu Küçülme Yüzdesi	Su Emme Yüzdesi
R17 %50 Kaolen %40 Talk %10 Vollastonit	900°C	%6	%0,2	%6,2	%11

Şekil 337. P3R17 reçetesine ait pişirilmiş örnek.

Tablo 59. Piramit 5'e ait sonuçlar

Piramit 5	Seçilen Reçetenin Pişirim Sıcaklığı	Kuru Küçülme Yüzdesi	Pişme Küçülme Yüzdesi	Toplu Küçülme Yüzdesi	Su Emme Yüzdesi
R11 %60 Eskişehir Kili %40 Boraks	900°C	%10	%15,8	%25,8	%8,8
R16 %50 Eskişehir Kili %50 Boraks	900°C	%7	%14	%21	%6,5

Şekil 338. P5R11 reçetesine ait pişirilmiş örnek.

Şekil 339. P5R16 reçetesine ait pişirilmiş örnek.

Tablo 60. Piramit 6'e ait sonuçlar

Piramit 6	Seçilen Reçetenin Pişirim Sıcaklığı	Kuru Küçülme Yüzdesi	Pişme Küçülme Yüzdesi	Toplu Küçülme Yüzdesi	Su Emme Yüzdesi
R12 %60 Kaolen %30 Boraks %10 Kuvars	900°C	%8,5	%0,5	%9	%13
R18 %50 Kaolen %30 Boraks %20 Kuvars	900°C	%5	%4,2	%9,2	%13,8

Şekil 340. P6R12 reçetesine ait pişirilmiş örnek.

Şekil 341. P6R12 reçetesine ait pişirilmiş örnek.

Şekil 342. P6R18 reçetesine ait pişirilmiş örnek.

Tablo 61. Piramit 7'e ait sonuçlar

Piramit 7	Seçilen Reçetenin Pişirim Sıcaklığı	Kuru Küçülme Yüzdesi	Pişme Küçülme Yüzdesi	Toplu Küçülme Yüzdesi	Su Emme Yüzdesi
R4 %80 Afyon Kili %20 Kuvars	900°C	%10	%11,5	%21,5	%25

Şekil 343. P7R4 reçetesine ait pişirilmiş örnek.

Tablo 62. Diyagram 1'e ait sonuçlar

Diyagram 1	Seçilen Reçetenin Pişirim Sıcaklığı	Kuru Küçülme Yüzdesi	Pişme Küçülme Yüzdesi	Toplu Küçülme Yüzdesi	Su Emme Yüzdesi
R13	900°C	%5	%1	%6	%31

Bünyenin ilk baskı aşamasından sonra büyük boyuttaki form denemelerinde yazıcı ile şekillendirme aşamasında akış sorunu meydana gelmiştir.

Tablo 63. Diyagram 3'e ait sonuçlar

Diyagram 3	Seçilen Reçetenin Pişirim Sıcaklığı	Kuru Küçülme Yüzdesi	Pişme Küçülme Yüzdesi	Toplu Küçülme Yüzdesi	Su Emme Yüzdesi
R10	900°C	%7	%2,1	%9,1	%11

Bünyenin ilk baskı deneyi aşamasından sonra büyük boyuttaki form denemelerinde yazıcı ile şekillendirme aşamasında akış sorunu meydana gelmiştir.

Tablo 64. Diyagram 4'e ait sonuçlar

Diyagram 4	Seçilen Reçetenin Pişirim Sıcaklığı	Kuru Küçülme Yüzdesi	Pişme Küçülme Yüzdesi	Toplu Küçülme Yüzdesi	Su Emme Yüzdesi
R8 %40 Karacasu Kili %20 Kuvars %10 Talk %30 Bentonit	900°C	%6	%6,8	%12,8	%18,8

Şekil 344. D4R8 reçetesine ait pişirilmiş örnek.

Şekil 345. D4R8 reçetesine ait pişirilmiş örnek.

Tablo 65. Diyagram 5'e ait sonuçlar

Diyagram 5	Seçilen Reçetenin Pişirim Sıcaklığı	Kuru Küçülme Yüzdesi	Pişme Küçülme Yüzdesi	Toplu Küçülme Yüzdesi	Su Emme Yüzdesi
R6 %20 Talk %20 Vollastonit %30 Bentonit %30 Kaolen	900°C	%11	%1,1	%12,1	%31

Şekil 346. D5R6 reçetesine ait pişirilmiş örnek.

Şekil 347. D5R6 reçetesine ait pişirilmiş örnek.

SONUÇ

Üç boyutlu yazıcı teknolojisiyle seramik malzeme kullanılarak üretilebilecek formları malzeme ekseninde sınıflandıracak olursak karşımıza hem kullanım amaçlı hem dekoratif ve sanatsal ürünlerin çıktığını görürüz. Bu üretim teknolojisi sanatsal açıdan girift ve detaylı formları elde edilmesine olanak sağlarken kullanım amaçlı formların üretiminde farklı yüzey dokuları ve 1-2 mm gibi çok ince et kalınlıklarında üretime olanak sağlamaktadır. Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin sağladığı tüm bu avantajlar kullanım amaçlı formları bile dekoratif birer forma dönüşmesini sağlayabilir.

Tüm bunların haricinde taşınabilen birer fabrika olarak yeni nesil seri üretimdeki yerini her geçen gün sağlamlaştıran üç boyutlu yazıcı teknolojisi, önceden tasarlanmış olan formların üzerinde kolayca değişiklik yapılabilmesi ve hızlı üretim gibi özellikleri açısından prototip üretiminde de ön plana çıkmaktadır.

İlk ortaya çıkışından bu yana büyük bir hızla gelişimini sürdüren üç boyutlu yazıcı teknolojisi günümüzde seramik alanında hem sanatsal hem de küçük ölçekli endüstriyel üretim süreçlerinin önemli bir parçası haline gelmiştir. Bu teknolojinin geçtiğimiz elli yıldaki gelişimi ve bu gelişimin seramik sanatı ve endüstrisi üzerindeki günümüz etkileri, üç boyutlu yazıcıların seramik alanında kullanımının çok daha büyük bir hızla devam edeceğine dair bir öngörü sağlamaktadır. Bu tip yazıcıların endüstriyel ürünlere yönelik seri üretim olanakları henüz tam olarak yaygınlaşmamış olup olası imkânlar üzerine çalışmalar devam etmektedir. Bunun ötesinde üç boyutlu yazıcıların çalışma prensipleri kullanılarak yapılan sanatsal eserlerde yazıcının çalışma prensibine aykırı müdahalelerle sanatçıların yeni estetik arayışları da halen sürmektedir.

Üç boyutlu tasarımları yapılmış olan seramik malzemelerin tasarıma uygun şartlarda kullanılabilecek bünyelerle şekillendirilmesinin yapılabildiği ve sonuçların stabil olarak uygulanabildiği gözlenmiştir. Sanayide ve sanatsal çalışmalarda kullanılan bilindik bünyelerin haricinde elle, baskı veya sıvama teknikleri ile şekillendirmeye elverişsiz olan bünyelerin üç boyutlu yazıcılar sayesinde kullanılabildiği görülüp deneyimlenmiştir. P2R5 reçetesinde de görülebileceği üzere, bazı çamurlarda sinterleşme sağlanarak, tek pişirmde sırsı bir yüzey elde edilmiş böylelikle sır pişirimi gerektirmeyen,

enerji ve hammadde maliyetini düşürecek bünyeler elde etme imkanı sağlanmıştır. Seramik malzemelerin şekillendirmeden kaynaklı olarak kullanılamayan farklı bünye içeriklerinin kullanımı sağlanarak seramik sektörüne yeni ve gelişime açık bir kol yaratılmış, geliştirmeye açık reçetelerin ön denemeleri yapılmıştır. Üç boyutlu yazıcılarda kullanılacak olan uç (başlık) gelişimine de bu yeni üretilen bünyeler etki edecektir. Elde edilen veriler ve deneyler sonucunda hiçbir kalıplama tekniği ve şekillendirme yöntemi ile yapılamayacak özgünlükte seramik eserlerin üretiminin üç boyutlu yazıcılar sayesinde mümkün olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu çalışma sonucunda elde edilen bünyeler sayesinde seramik çalışmaların kullanım alanları, üretilebilirliği ve dayanıklılığı çeşitlendirilmiştir. Depolama ve üretim aşamalarındaki birçok alanın ekarte edilerek direkt son ürünün üretiminin sağlanması ve prototip maliyetlerinin düşürülmesi sayesinde daha uygun fiyatlı ve seri üretilen ürünlerin yapılmasının mümkünlüğü görülmüştür.

KAYNAKÇA

Afyon Kocatepe Üniversitesi, S. M. (tarih yok). *Seramik Süreçler Labaratuvarı*. malzeme.aku.edu.tr:https://malzeme.aku.edu.tr/wpcontent/uploads/sites/26/2016/10/Malzeme-%C3%9Cretim-Lab-I-Deney-F%C3%B6y%C3%BC.pdf adresinden alınmıştır

Arcasoy, A. (1983). *Seramik Teknolojisi.* İstanbul: Marmara Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi Yayınları.

Arcasoy, A., Başkırkan, H.(2020). *Seramik Teknolojisi.*İstanbul: Literatür Yayıncılık.

Arlı, B., Y. K. (2017). *Uygulamalarla Üç Boyutlu Yazıcı Yapımı ve Kullanımı.* İstanbul: Abaküs.

Ben-Arfa, B., R. C. (2020, May 21). A Comparison of Bioactive Glass Scaffolds Fabricated by Robocasting from Powders Made by Sol-Gel and Melt-Quenching Methods. *Processes*, 1-18. doi:10.3390/pr8050615

Çelik, H. (2017). Technological Characterization And Comparison Of Two Ceramic Clays Used For Manufacturing Of Traditional Ceramic Products In Turkey. *Scientific Mining Journal*, 137-147. https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/420820 adresinden alındı

Earl, N. (2017, September 26). *3D Printing and the Open Source Movement*. Museum of Applied Arts & Sciences: https://maas.museum/inside-the-collection/2017/09/26/3d-printing-and-the-open-source-movement/ adresinden alındı

Erdoğan, N., R. Y. (1995). *Magnezit ve Bazik refrakter Malzeme Teknolojisi.* Kütahya: Lale Ofset.

Genç, S. (2013). *Artistik Seramik Sırları: Sır Sanatı.* İstanbul: Boyut Matbaacılık.

Hacızade, F.(2019). *Seramiğin Kimyası.* Konya: Çizgi Kitabevi.

Hopper, R. (1984). *The Ceramic Spectrum: A Simplified Approach to Glaze & Color Development.* Wisconsin: Krause Publications.

Jabbar Qasım Al-Maliki, A. J.-M. (2015, October). The Processes and Technologies of 3D Printing. *International Journal of Advances in Computer Science and Technology*, 161-165. Ağustos 30, 2020 tarihinde

http://www.warse.org/IJACST/static/pdf/file/ijacst024102015.pdf adresinden alındı

Küçükerbaş, M. N. (2019). *Üç Boyutlu Yazıcılarla Üretilebilecek Form Araştırmaları.* İzmir, Türkiye.

L.Hao, S. O. (2009, June 20). Selective Laser Melting of a Stainless Steel and Hydroxyapatite Composite for Load-bearing Implant Development. *Journal of Materials Processing Technology*(209), 5793–5801. doi:10.1016/j.jmatprotec.2009.06.012

M. Heidari-Rarani, M. R.-A. (2019, July 6). Mechanical Characterization of FDM 3D Printing of Continuous Carbon Fiber. *Composites*, 107147/1-8. Eylül 01, 2020 tarihinde alındı

M.X. Gan, C. W. (2017, April 29). Properties of Selective Laser Melted Spodumene Glass-Ceramic. *Journal of the European Ceramic Society*(37), 4147-4154. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2017.04.060

Marcin Królikowski, D. G. (2014, July). Technological Restrictions of Lightweight Lattice Structures Manufactured. *Advances in Manufacturing Sciences and Technology, 2*(38), 75-82. doi:10.2478/amst-2014-0012

Martinez, E. V., Can,E. (tarih yok). Bilgisayar Destekli Seramik Üretim Yöntemi Olarak Üç Boyutlu Yazıcılar ve Günümüz Koşullarında Uygulama Örneği. *Sanat & Tasarım Dergisi*, 1-15.

Mona Alizadeh-Osgouei, Y. L. (2019, November 27). A Comprehensive Review of Biodegradable Synthetic Polymer-ceramic Composites and Their Manufacture for Biomedical Applications. *Bioactive Materials, 4*, 22-36. doi:https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2018.11.003

Mühür, M. (2016, Ağustos). 3B Yazıcı ile Basılan Seramik Ürünler Üzerine Bir Değerlendirme. *Seramik Türkiye*(49), 88-97. https://serfed.com/seramik-turkiye-dergisi adresinden alındı

N.A.S. Mohd Pu'ad, R. A. (2020, June 18). Review on The Fabrication of Fused Deposition Modelling (FDM) Composite Filament for Biomedical Applications. *Materials Today: Proceedings, 1*(29), 228-232. doi:https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.535

Özgündoğdu, A. F. (2014). Seramik Üretiminde Çağdaş Bir Biçimlendirme Yöntemi Olarak Üç Boyutlu Yazıcılar. E. T. Belediyesi (Dü.), *8.Uluslararası Eskişehir Pişmiş Toprak Sempozyumu* içinde (s. 213-227). Eskişehir: Eskişehir Tepebaşı Belediyesi. http://pismistoprak.tepebasi.bel.tr/bildiriler/bildiri8.pdf adresinden alındı

Özgüven, S. (2015). *SERAMİK SANATINDA ÜÇ BOYUTLU YAZICILARIN YENİ BİR İFADE BİÇİMİ OLARAK KULLANILMASI.* 04 19, 2017 tarihinde İdil Dergisi

Web Sitesi: http://www.idildergisi.com/makale/pdf/1441050169.pdf adresinden alındı

Rhodes, D. (1957). *Clay And Glazes For The Potter* (1.Baskı b.). Philedelphia: Chilton Company.

Rodriguez, W. (1992). *The Modeling of Design Ideas: Graphics and Visualization Techniques for Engineers.* Singapore: Mc Graw Hill Book Company.

Shixiang Zhou, H. M. (2020, Haziran 31). Molecule Editable 3D Printed Polymer-Derived Ceramics. *Coordination Chemistry Reviews*, 213486-213505. doi:10.1016/j.ccr.2020.213486

Suçağlar, H.N. ve Karagül,F.(Ocak 2019). *Kağıt Katkılı Yüksek Dereceli Bünyeler.* Social Mentality and Researcher Thinkers Journal Dergisi, ISSN 2630-631x

Taçyıldız, E. (2018). *Seramik Sırrının Sırrı.* İstanbul: Hayalperest.

Tae-Ho Yoon, L.-Y. H.-P. (2010, February 1). Fabrication of SiC-based Ceramic Microstructures from Preceramic Polymers with Sacrificial Templates and Softlithography Techniques. M. Wang içinde, *Litography* (s. 656). Shangai, China: InTech. doi:10.5772/8187

Türkel,E., Küçükerbaş,M. N. (2020). Seramikte Üç Boyutlu Yazıcılarla Üretilebilecek Form Araştırmaları. İ.-I. o. Research (Dü.), *Taras Shevchenko 5th International Congress on Social Sciences* içinde (s. 182-196). Kiev: İKSAD.

Unfold (2009, December 12).: http://unfold.be/pages/ceramic-3d-printing.html adresinden alındı

Utela, B. , D. S. (2009, March 13). A Review of Process Development Steps for New Material Systems in Three Dimensional Printing(3DP). *Journal of Manufacturing Process, 2*(10), 96-104. doi:10.1016/j.jmapro.2009.03.002

Xuemin Cui, S. O. (2002, April 6). A Study on Green Tapes for LOM With Water-based Tape Casting Processing. *Materials Letters*, 1300-1304. Eylül 01, 2020 tarihinde alındı

Yardımcı, İ. M. B. (2019). Geleneksel Karacasu Çömlekçiliği ve Gelin Testisinin Gelişimi ve Günümüz Yorumlamaları. *Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 82-98. Eylül 06, 2020 tarihinde https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/913076 adresinden alındı

Zhangwei Chen, Z. L. (2019, Nisan). 3D printing of ceramics: A review. *Elsevier*, 661-687. doi:https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2018.11.013

ÖZGEÇMİŞ

Ad, Soyad: Fatih ASLAN

Eğitim:

Lisans: 2017-Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik Bölümü, Seramik Anasanat Dalı

Lise: 2011- İstanbul Büyükçekmece Recep Güngör Anadolu Lisesi

Staj:

2013- Bodrum Begonvil Sağlık Vakfı Seramik Atölyesi

2015- Bodrum Begonvil Sağlık Vakfı Seramik Atölyesi

2016- Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik Bölümü

Katıldığı Sempozyum ve Çalıştaylar:

2015- Bodrum Sağlık Vakfı 3.Erkan Dülgeroğlu Seramik Çalıştayı - Görevli

2017- 4. Uluslararası Mehmet Nuri Göçen Seramik Çalıştayı - Katılımcı

2017- Bodrum Sağlık Vakfı 5.Erkan Dülgeroğlu Seramik Çalıştayı - Görevli

2017- 4. SSEDD Seramik Çalıştayı - Görevli

2018- 5. Uluslararası Mehmet Nuri Göçen Seramik Çalıştayı - Katılımcı

2018- Bodrum Sağlık Vakfı 6.Erkan Dülgeroğlu Seramik Çalıştayı - Görevli

Projelerde Yaptığı Görevler

Tübitak “Harç Yığma Tekniğiyle Çalışan Üç Boyutlu Seramik Yazıcılarda Kullanılabilecek Bünye Araştırmaları” Burslu Proje Çalışanı