

**BETON, PORSELEN ve CAM
MALZEMELERİNİN SANAT ALANINDA
İNOVATİF KULLANIM OLANAKLARININ
ARAŞTIRILMASI
Sanatta Yeterlik Tezi
Ferda TAZEYOĞLU FİLİZ
Eskişehir 2022**

**BETON, PORSELEN ve CAM MALZEMELERİNİN SANAT ALANINDA
İNOVATİF KULLANIM OLANAKLARININ
ARAŞTIRILMASI**

Ferda TAZEÖĞLU FİLİZ

SANATTA YETERLİK TEZİ

Seramik Anasanat Dalı

Danışman: Prof. Mustafa AĞATEKİN

Eskişehir

Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü

Mayıs, 2022

Bu Tez Çalışması BAP Komisyonunca kabul edilen 1807E260 no.'lu proje kapsamında desteklenmiştir

ÖZET

BETON, PORSELEN ve CAM MALZEMELERİNİN SANAT ALANINDA İNOVATİF KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Ferda TAZEYOĞLU FİLİZ

Seramik Anasanat Dalı

Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, Mayıs, 2022

Danışman: Prof. Mustafa AĞATEKİN

Endüstri alanında üretilen her ürünün kendine özgü üretim süreçleri ve tasarım sınırlılıkları mevcuttur. Bu tasarım sınırlılıkları ürünleri oluşturan bileşenlerin optimizasyonu ve malzeme endüstrilerinde gerçekleşen teknolojik gelişmeler doğrultusunda süreç içerisinde en aza indirilmeye çalışılmıştır. Tasarımdaki sınırların zaman içerisinde en aza indirilmesi, malzemelerin esas üretim amaçlarının yanı sıra farklı kullanım amaçlarının ortaya çıkmasına ve nihai ürüne, ek özellikler kazandırılmasına kaynak oluşturmuştur. Araştırmada, geçmişte Modernizmle ilişkilendirilen çimentonun, porselen ve cam ile birlikte kullanım olanakları araştırılarak, sanatsal ürüne dönüştürülebilme potansiyelleri değerlendirilmiştir.

Anahtar sözcükler; Beton, Çimento, Porselen, Cam, Ürün

ABSTRACT

RESEARCH FOR INNOVATIVE USE OF CONCRETE, PORCELAIN AND GLASS MATERIALS IN THE FIELD OF ART

Ferda TAZEYOĞLU FİLİZ

Department of Ceramic

Anadolu University Post Graduate School of Fine Arts, May, 2022

Advisor: Prof. Mustafa AĞATEKİN

Each product developed in the industry has its own production processes and design limitations. These design limitations have been tried to be minimized in the process in line with the optimization of the components that make up the products and the technological developments in the material industries. Minimizing the limits in the design over time has created a base for the emergence of different usage purposes as well as the main production purposes of the materials and the inclusion of additional features to the final product. In this research, the possibilities of using concrete, which was associated with Modernism in the past, together with porcelain and glass, were investigated and their potential to be transformed into a product was evaluated.

Keywords: Concrete, Cement, Porcelain, Glass, Product

ÖNSÖZ

“Beton, Porselen ve Cam Malzemelerinin Sanatsal Alanda Tasarımında İnovatif Kullanım Olanaklarının Araştırılması” başlıklı tez çalışması Anadolu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) kapsamında desteklenmiştir.

Araştırmada desteğini bir an olsun eksik etmeyen, aynı zamanda lisans ve lisansüstü sürecinde bilgisiyle, yeteneğiyle sanatsal bakış açısıyla beni hep bir adım sonrasına taşıyan danışmanım Prof. Mustafa Ağatekin başta olmak üzere, sorduğum her soruyu kıymetli vaktini ayırıp cevaplayan çok değerli hocam Prof. Dr. Münevver Çakı'ya, çok değerli hocam ve bölüm başkanım Prof. Ezgi Hakan'a, Mersin ÇİMSA Ar-Ge ve Süreç Teknolojileri Müdürü Berrak Avcıoğlu ve Erol Güldoğan'a, tüm çalışma arkadaşlarıma, atölye teknisyenlerimize, varlığıyla hayatıma neşe katan, kalbimi yumuşatan kedim Tütün ve sevgili eşim Muzaffer Filiz'e teşekkürü borç bilirim.

Bu araştırmayı, tüm eğitim hayatımda, aldığım tüm kararlarda, yaptığım tüm seçimlerde desteğini ve sonsuz sevgisini esirgemeyen annem Sevim Tazeoğlu ve babam Arslan Tazeoğlu'na atfediyorum.

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Anadolu Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programıyla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Ferda TAZEÖĞLU FİLİZ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
BAŞLIK SAYFASI.....	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ.....	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
TABLolar DİZİNİ.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
GÖRSELLER DİZİNİ.....	x
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM

1. BETON, PORSELEN ve CAM MALZEMELERİNİN ÖZELLİKLERİ	2
1.1. Beton	2
1.2. Betonun Bileşenleri.....	3
1.2.1. Çimento	3
1.2.2. Agregası.....	5
1.2.3. Beton karma suyu ve temas suyu	7
1.2.4. Katkı maddeleri.....	7
1.3. Betonun Şekillendirilmesi.....	8
1.3.1. Döküm yöntemi.....	9
1.3.2. Sıvama yöntemi.....	10
1.3.3. Yontma yöntemi	10
1.3.4. Katmanlı üretim teknolojileriyle şekillendirme yöntemi.....	10
1.4. Betonun Renklendirilmesi ve Dekor Olanakları	11
1.5. Porselen	13
1.5.1. Porselen bileşenleri.....	14
1.5.2. Porselen şekillendirilmesi	15
1.5.2.1. <i>Tornada şekillendirme yöntemi</i>	16
1.5.2.2. <i>Elle şekillendirme yöntemi</i>	17

1.5.2.3.	<i>Döküm yöntemi</i>	17
1.5.2.4.	<i>CAD/CAM teknolojileri ile şekillendirme yöntemleri</i>	18
1.5.2.5.	<i>Pres yöntemi</i>	20
1.5.3.	Porselen renklendirilmesi ve dekor olanakları.....	20
1.6.	Cam.....	22
1.6.1.	Cam hammaddeleri ve bileşimleri	22
1.6.2.	Cam şekillendirmede kullanılan yöntemler	24
1.6.2.1.	<i>Fırında biçimlendirme yöntemleri</i>	25
1.6.2.1.1.	<i>Kalıpla biçimlendirme teknikleri</i>	25
1.6.2.1.2.	<i>Yardımcı malzemelerle biçimlendirme teknikleri</i>	26
1.6.2.2.	<i>Sıcak cam şekillendirme yöntemleri</i>	27
1.6.2.2.1.	<i>Döküm yöntemi</i>	27
1.6.2.2.2.	<i>Üfleme yöntemi</i>	27
1.6.2.2.3.	<i>Serbest sıcak cam şekillendirme yöntemi</i>	28
1.6.2.3.	<i>Açık alevde biçimlendirme yöntemleri</i>	28
1.6.2.4.	<i>Soğuk cam biçimlendirme yöntemleri</i>	28
1.6.2.4.1.	<i>Kazıma yöntemi</i>	29
1.6.2.4.2.	<i>Kesme yöntemi</i>	30
1.6.2.4.3.	<i>Laminasyon</i>	30
1.6.2.4.4.	<i>Vitray</i>	31
1.6.2.5.	<i>Diğer şekillendirme yöntemleri</i>	31
1.6.3.	Camın renklendirilmesi ve dekor olanakları.....	32

İKİNCİ BÖLÜM

2.	BETON, PORSELEN ve CAMIN SANATSAL VE ENDÜSTRİYEL ÜRÜN TASARIMINDA KULLANIMI	35
2.1.	Ürün ve Tasarım Kavramları	35
2.2.	Ürün Tasarımının Tarihi	35
2.3.	Ürün Tasarımının Sınıflandırılması	37
2.4.	Betonun Ürün Tasarımında Kullanımı	39
2.4.1.	Betonun endüstriyel ürün tasarımında kullanımı	40
2.4.2.	Betonun sanatsal ürün tasarımında kullanımı	45
2.5.	Porselenin Ürün Tasarımında Kullanımı	48

2.5.1. Porselenin endüstriyel ürün tasarımında kullanımı	48
2.5.2. Porselenin sanatsal ürün tasarımında kullanımı.....	53
2.6. Camın Ürün Tasarımında Kullanımı	57
2.6.1. Camın endüstriyel ürün tasarımında kullanımı.....	57
2.6.2. Camın sanatsal ürün tasarımında kullanımı	62

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR ve UYGULAMALAR	66
3.1. Deneysel Çalışmaların Kapsamı	66
3.2. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Malzemelerin Kimyasal Analizleri... ..	66
3.3. Çimento / Porselen Kompozisyonları ve Uygulamaları.....	68
3.3.1. Çimento ve porselen karışımları ile yapılan ısı uygulamalar....	68
3.3.1.1. <i>Kişisel uygulamalar</i>	79
3.3.2. Çimento ve porselen ile yapılan soğuk uygulamalar.....	89
3.3.2.1. <i>Kişisel uygulamalar</i>	90
3.4. Çimento - Cam Kompozisyonları ve Uygulamalar	93
4. SONUÇ.....	93
5. KAYNAKÇA.....	95
6. ÖZGEÇMİŞ	

TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1. ISIDAÇ 40 çimentosunun kimyasal analizi (%).....	66
Tablo 3.2 ÇİMSA süper beyaz portland çimentosunun kimyasal analizi (%).....	67
Tablo 3.3 ECZACIBAŞI ESÇ - SD granül porselen çamurunun kimyasal analizi (%)	67
Tablo 3.4. Rod (çubuk) cam kimyasal analizi (%).....	68
Tablo 3.5. %40 AÇ ve granül porselen çamuru ikili sistem değerleri;	68
Tablo 3.6. ÇİMSA SBÇ ve granül porselen çamuru ikili sistem değerleri;.....	69
Tablo 3.8. HAM, SB ve AC kodlu granül ve toz numunelerin fiziksel özellikleri ve renk ölçüm değerleri	72
Tablo 3.9 .HAM, SB ve AC kodlu numunelerin genleşme katsayısı grafiği ve veri tablosu	75
Tablo 3.10. %30AC - %70 GP katkılı karışımda su miktarı ve pişmiş ürün üzerindeki kütlesel değişim %	78
Tablo 3.11. Fırın rejim tablosu.....	93
Tablo 3.12. Fırın rejim tablosu.....	96

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Çöktürme, sarkıtma ve bükme tekniklerinin şematik gösterimi (Filiz,2021).	26
Şekil 2.1. 2007, cam piyasası ürün grubu dağılımları (Musgraves, 2019).....	57

GÖRSELLER DİZİNİ

Görsel 1.1. Çimento hamurundaki yapıyı gösteren basit bir model (Erdoğan, 2013)	5
Görsel 1.2. ÇİMSA tarafından üretilen balistik beton uygulaması (Filiz, 2019).....	7
Görsel 1.3. David Umemoto, Brutalist beton uygulama süreci; döküm ve kalıptan çıkarma	9
Görsel 1.4. Ekstrüzyon yöntemiyle şekillendirilmiş beton yapı parçası (Gosselin, 2016)	10
Görsel 1.5. Toz bazlı 3D yazıcı ile üretilmiş çiçek pavyonu, 2015	11
Görsel 1.6. “Porcellana” adıyla bilinen bir tür deniz kabuğu	13
Görsel 1.7. Karin Bablok tarafından tornada şekillendirildikten sonra kesilerek yeniden düzenlenmiş formlar	16

Görsel 1.8. Johnson Tsang, Açık Zihin III elle şekillendirilmiş porselen heykel, 2016	17
Görsel 1.9. FDM tipi üç boyutlu yazıcı.....	19
Görsel 1.10. Chris Wight, “Eğrisel” isimli su jetiyle oluşturulmuş çalışması	20
Görsel 1.11. Cam yüklemesi yapılmış pota (Aydın, 2016).....	25
Görsel 1.12. Casper Lehmann tarafından kazıma yöntemiyle oluşturulmuş cam panel, 23cm, 1606 -1608, İngiliz müzesi özel koleksiyonu (Whitehouse, 2012)	29
Görsel 1.13. Wilfried Grootens “Köpek Balığı Baloncuklarının Patladığı Yer”, 2012; 24 x 20 x 20 cm optik düz cam - boyalı, lamine, cilalı	30
Görsel 1.14. ETS Zürih tarafından geliştirilen nanokompozit oluşum aşamaları; solda objenin basıldıktan sonra ki ilk hali, ortada 600°C sıcaklıkta, sağda ise 1000°C sıcaklıkta fırınlanmış cam obje	32
Görsel 2.1. Leonardo da Vinci'nin insan gücüyle uçuş için tasarladığı hava aracı eskizi	36
Görsel 2.2. Leonardo da Vinci'nin 2017 yılında 450 milyon dolara satıldığı “Salvator Mundi” isimli eseri	37
Görsel 2.3. Santiago Calatrava'nın Kanarya Adaları, Tenerife'deki opera binası.....	40
Görsel 2.4. Wenzhou Ou gölü restorantı UHPFRC beton cephe uygulaması, Çin, 2020	41
Görsel 2.5. Ductal 8.0 sandalye (Shannon Loewen).....	42
Görsel 2.6. LiTraCon panel uygulaması	42
Görsel 2.7. Misericordia Kilisesi, Roma	43
Görsel 2.8 NTU'da geliştirilen konvansiyonel beton ve bükülebilir beton.....	44
Görsel 2.9 Kast firması tarafından üretilen beton lavabo	44
Görsel 2.10. Draga & Aurel tarafından tasarlanmış beton-reçine masa	45
Görsel 2.11. Marie Lund, Torso serisi, 2015-2016, 90 x 120 cm	46
Görsel 2.12. Luba Bakičová, “Yes name”, 2017, 24 x 60 x 23 cm	47
Görsel 2.13. Harry Morgan, 2019, isimsiz, 48 x 30 x 12 cm.....	48
Görsel 2.14 Başkent Tasarım Stüdyosu (CDS), 2013, Londra	49
Görsel 2.15. Inalco, SlimmKer-Light, Poise serisi	50
Görsel 2.16. Laufen firması tarafından basınçlı enjeksiyon yöntemiyle üretilen lavabo, 2015	52

Görsel 2.17. Solda SaphirKeramik koleksiyonundan bir lavabo kesiti, sağda ise geleneksel lavabo kesiti, 2015.....	52
Görsel 2.18. Jeremy R. Brooks tarafından oluşturulmuş porselen bobinler, 2015 (Brooks, 2021).....	54
Görsel 2.19. Jeremy R. Brooks tarafından örgü yöntemiyle şekillendirilmiş çanak, 2018 (Brooks, 2021).....	54
Görsel 2.20. Kathleen Standen, mavi kaya havuzları, porselen bünye,organik katkılar,oksit ve sır katkısı ile yapılmış form, 15 x 16 cm ve 10 x 11 cm (Standen, 2013).....	55
Görsel 2.21. Jongjin Park, Stratum koleksiyonu, 2019.....	56
Görsel 2.22. Michal Fargo, “Naturelike” koleksiyonu. 2014	56
Görsel 2.23. Louis Vuitton vakfı binası, Paris, Fransa, 2012	59
Görsel 2.24. Patricia Urquiola tarafından tasarlanan “shimmer” koleksiyonundan bir masa, 2015	60
Görsel 2.25. Arkada üfleme kalıbı kapanmadan hemen öncesi, önde ise üflemeden çıkmış ürünler	61
Görsel 2.26. Solda döküm sonrası bekleme ve cam plakayı alçı yüzeyden ayırma, sağda ise füzyon işlemi için fırına yerleştirme işlemleri (Ağatekin, 2009).	63
Görsel 2.27. Cabrita Reis tarafından transparan cam, seryum camı ve europium tozu kullanılarak oluşturulmuş cam kütle (Almeida, T., vd., 2008).....	64
Görsel 2.28. Andrea Walsh, “Mavi ve Yeşil Cam”, 2007, kemik porselen koni ve fırın döküm camlar	65
Görsel 3.1. (a) Alüminalı çimento - granül porselen karışımlarının (b) Süper beyaz çimento- granül porselen karışımlarının şekillendirme işlemi sonrası görüntüsü (Filiz, 2022)	70
Görsel 3.2. (a) Alüminalı çimento - granül porselen karışımlarının (b) Süper beyaz çimento- granül porselen karışımlarının 1200 °C sıcaklıkta pişirim sonrası görüntüsü (Filiz, 2022)	70
Görsel 3.3. 200 kg/cm ² pres basıncı ile preslenen toz numune (Filiz, 2022).....	71
Görsel 3.4. 50x100 mm ebatında şekillendirilmiştir sağda AC7 - solda SB7 numuneleri	72
Görsel 3.5. “Model A” form (Filiz, 2022)	76

Görsel 3.6. Silikon kalıptan çıkartılan “Model A” solda AC, sağda SB karışımları (Filiz, 2022)	76
Görsel 3.7. Isıl işlem sonrası AC-GP karışımıyla oluşturulmuş “Model A” formu (Filiz, 2022).....	77
Görsel 3.8. Isıl işlem sonrası SB-GP karışımıyla oluşturulmuş formlar (Filiz, 2022)...	78
Görsel 3.9. Raku sıyrıla sırlanarak 900 °C sıcaklıkta pişirilmiş numuneler (Filiz, 2022)	79
Görsel 3.10. “İdol” serisi duvar çalışması, 13x13x3 cm, 2022 (Filiz, 2022).....	80
Görsel 3.11. “İdol” serisi duvar çalışması detay, (Filiz, 2022).....	81
Görsel 3.12. “İdol” serisi form, 15x15x5 cm, 2022 (Filiz, 2022).....	81
Görsel 3.13. “İdol” serisi duvar çalışması, 13x13x3 cm, 2022 (Filiz, 2022).....	82
Görsel 3.14. “İdol” serisi form, solda 15x15x5 cm, sağda 20x10x7 cm 2022 (Filiz, 2022).....	83
Görsel 3.15. “İdol” serisi form, 32x36x15 cm, 2022 (Filiz, 2022).....	83
Görsel 3.16. “İdol” serisi form detay, 32x36x15 cm, 2022 (Filiz, 2022)	84
Görsel 3.17. “İdol” serisi form, 42x18x15 cm, 2022 (Filiz, 2022).....	85
Görsel 3.18. Bakır matı sır uygulanmış form, “İdol” serisi 15x15x5 cm, 2022, (Filiz, 2022).....	86
Görsel 3.19. Bakır matı sır uygulanmış form, “İdol” serisi 32x36x15 cm, 2022, (Filiz, 2022).....	86
Görsel 3.20. AC ile oluşturulan ve 1200°C sıcaklıkta fırınlanan formlar (Filiz, 2022).	87
Görsel 3.21. AC ile oluşturulan beton formlar (Filiz, 2022).....	88
Görsel 3.22. AC ile oluşturulmuş formların ısıl işlem sonrası görüntüsü (Filiz, 2022).	88
Görsel 3.23. Porselen-beton form, 2016, 25x 20x 6 cm (Filiz, 2016)	89
Görsel 3.24. Beton sabunluk uygulaması (Filiz, 2018).....	90
Görsel 3.25. Beton-porselen form -1 (Filiz, 2021).....	91
Görsel 3.26. Beton-porselen form-2 (Filiz, 2021).....	91
Görsel 3.27. Beton-porselen form-3 (Filiz, 2021).....	92
Görsel 3.28. Solda, pişmemiş ham porselen ürün, sağda ise porselen-beton form (Filiz, 2020).....	92
Görsel 3.29. Porselen - beton düzenleme 60 cm x 20 cm x 6 cm, 2020 (Filiz, 2020).	93

Görsel 3.30. (a) ısıtıl işlem öncesi AC-GP karışımıyla hazırlanan kalıp içerisindeki rod cam görüntüsü, (b) ısıtıl işlem sonrası AC-GP karışımıyla hazırlanan kalıp içerisindeki rod cam görüntüsü (Filiz, 2020)	94
Görsel 3.31. Polariskopla gerilim analizi gözlemi (Filiz, 2022)	95
Görsel 3.32. %30AC - %70 GP katkılı karışım kullanılarak hazırlanan kalıp (Filiz, 2022)	95
Görsel 3.33. Isıtıl işlem sonrası kalıp ve cam görüntüsü (Filiz, 2022).....	96
Görsel 3.34. (a) Fırınlama işlemi öncesi, (b) fırınlama işlemi sonrası görüntüsü (Filiz, 2022).....	97
Görsel 3.35. (a) Fırınlama işlemi öncesi, (b) Fırınlama işlemi sonrası görüntüsü (Filiz, 2022).....	97
Görsel 3.36. Fırınlama işlemi sonrası renkli rod camı ve %1-0,5 çimento karışımları .	98

GİRİŞ

Yaşam pratiğinde kullanılmak üzere tasarlanmış ilk aletler, modern insan olarak kabul edilen Homo Sapiens'ten öncesini işaret etmektedir. Yaşam boyunca bize yardımcı olacak nesnelere yaratmadaki bu doğal kapasite, tasarım eyleminin geçmişten bugüne neden en çok konuşulan ve tartışılan alanlardan biri olduğunu açıklar niteliktedir.

Bilinen en eski taş aletlerden bazıları yaklaşık iki milyon yıl öncesine dayanmaktadır. İp, deri, tahta gibi daha az dayanıklı malzemeden yapılan ürünler ise çok daha eski tarihlere uzanmaktadır. Seramik cam ve betonun ürün tasarımında kullanımı, doğada ham halde bulunan diğer malzemelere göre çok daha yakın bir dönem kapsamaktadır. Tarihsel süreçte seramik ve cam malzemelerin, toplumların kullanıma yönelik kap ve form gereksinimlerinden doğup yaygınlaştığı görülmüştür. Ortaya çıkan ürünlerin gelişimi toplumların beğeni ve değer yargıları ile şekillenmiş, ayrıca siyasi ve ekonomik faktörler de bu süreçte belirleyici öğeler olarak yer almıştır. Yapı eyleminde çimento türevi bağlayıcı malzemelerin kullanımı, neolitik çağlara uzansa da, bugün kullanılan portland çimentosunun keşfi 19. yüzyılı işaret etmektedir.

Bu Araştırma Anadolu Üniversitesi'nin desteklemiş olduğu Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) altında, lisansüstü tez projesi olarak gerçekleştirilmiştir. 1807E260 numaralı proje kapsamında ortaya çıkan araştırma ayrıca ÇİMSA tarafından desteklenmiştir. ÇİMSA'nın Mersin'de bulunan ArGe bölümüyle yapılan görüşmelerle gerçekleştirilen çalışmanın birinci bölümünde; beton, porselen ve cam malzemelerin bileşenleri, şekillendirilme ve renklendirilme özellikleri araştırılmıştır. İkinci bölümde; ürün ve tasarımın kavramları tanımlanmaya çalışılmış, bu üç malzemenin ürüne dönüştürülme potansiyelleri araştırılmış ve güncel inovatif örnekler çerçevesinde değerlendirilmiştir. Araştırmanın son bölümünde deneysel çalışmalara, bu çalışmalar sonucunda elde edilen verilere ve sanatsal ürün tasarımlarına yer verilmiştir.

1. BETON, PORSELEN ve CAM MALZEMELERİNİN ÖZELLİKLERİ

1.1. Beton

Beton geçtiğimiz yüzyılı da kapsayarak, dünyada en çok kullanılan yapı malzemesi olmuştur (Gambhir, 2013, s.14). Taşa benzeyen yapay bir yapı malzemesi olan beton, Li'nin tanımına göre; “bağlayıcılar ve dolgu malzemelerinin bir araya gelmesiyle oluşan kompozit bir malzemedir” (Li, 2011, s.11). Beton en genel tanımıyla çimento (bağlayıcı), su ve agrega karışımıdır.

Tarihsel olarak beton her ne kadar modernizmle ilişkilendirilse de, yapılarda taş veya tuğlaları birbirine bağlamak için kullanılan ilk çimento türevi malzemelerin tarihi neolitik çağa kadar uzanmaktadır. Jahren ve Sui'ye göre; tarihte rastlanan en eski bağlayıcılar yanmış kireç ve hidrolik kireçle oluşturulan kompozitlerdir (Jahren ve Sui, 2017, s.1).

Beton, kullanılan bağlayıcı türüne göre farklı şekillerde adlandırılabilir. Örneğin; hidrolik olmayan çimentodan yapılmış bir beton, hidrolik olmayan çimento betonu, hidrolik çimento katkısıyla yapılmış bir beton ise hidrolik polimer çimento betonu olarak adlandırılır. Tüm çimento çeşitleri reaksiyona girmek için suya ihtiyaç duyar (Li, 2011, s.11-12). Suyun miktarı her beton katkısı için farklı olmakla birlikte betonun mukavemeti açısından oldukça önemlidir. Su miktarının gereğinden fazla kullanılması mukavemeti ve basınç dayanımını olumsuz yönde etkilemektedir. “Su/çimento (W/C) oranının azaltılmasıyla betonun basınç dayanımında artış olacağı 1897'den beri bilinmektedir” (Postacıoğlu, 1986, s.404). Su ve çimentonun birleşiminden oluşan çimento hamuru başlangıçta plastik bir malzeme durumundayken, zaman içerisinde bu plastiklik azalarak katı bir kütleye dönüşür. Kompozit malzemelerin bileşenlerinin özelliklerini göstermesinden dolayı beton da başlangıçta plastik durumdadır. Bu nedenle betonun donma süresine bağlı olarak plastik durumdaki taze betonun kalıba dökülmesi, şekillendirilmesi ve yüzeyin düzeltilmesi mümkün olmaktadır.

Betonun içerisindeki bileşenlerin sayısız alternatifleri ve çeşitliliği betonu bir tasarım unsuru haline getirmektedir. ÇİMSA'nın ArGe bölümüyle yapılan görüşmelerde müşterilerin talepleri doğrultusunda tasarlanan ve amaca yönelik optimize edilen beton çeşitlerine rastlanmış olup, bu çeşitliliğin özellikle son yıllarda ivme kazandığı anlaşılmıştır. Bu artış hiç şüphesiz betonun yapısı, sonsuz optimizasyon seçenekleri, maliyeti ve kullanıldığı yere kazandırdığı özelliklerle doğrudan ilişkilidir. Betonu diğer tüm yapı malzemelerinden ayıran bu özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Taze betonun plastik özelliği sayesinde istenilen Şekil veya boyutlardaki yapı elamanı kolayca üretilebilmektedir.
- Sertleşmiş beton elemanlar, yapıdaki yerinde üretilebildiği gibi fabrikada üretilip yapıda sertleşmiş beton elemanları olarak getirilip kullanılabilir.
- Beton yerleştirme yöntemlerinde çeşitlilik ve kolaylıklar bulunmaktadır (Eğimli yüzeylerde püskürtme vb.)
- Sertleşmiş beton, diğer yapı malzemelerine göre daha dayanıklı olduğundan bakım işlemleri masraf gerektirmemektedir.
- Beton, çelik donatılarla çok iyi kenetlenen özelliktedir.
- Diğer yapı malzemelerine göre daha ekonomiktir.
- Beton estetik amaçlarla kullanılmaya uygun özellikte bir malzemedir (Erdoğan, 2013, s. 2-3).

1.2. Betonun Bileşenleri

Kompozit bir malzeme olan betonun tüm özellikleri, beton karışımını oluşturan çimento, agrega, su ve katkı maddelerinin özellikleriyle doğrudan ilişkili olup, bu içeriklerin hangi oranlarda kullanıldığı betonun fiziksel ve kimyasal yapısıyla birlikte mukavemetini etkileyen faktörlerdir.

1.2.1. Çimento

Çimento, su ile karıştırılarak plastik kütle oluşturan, zamanla priz alan ve mukavemet artışı ile kademeli olarak sertleşen bir tozdur. TDK çimentoyu; “killi kalkerleri özel fırınlarda pişirip ezmekle elde edilen, çamuru çarçabuk katılışıp sertleşen ve yapılarda harç malzemesi olarak kullanılan kül rengine veya beyaz toz” olarak tanımlamıştır (http-1). Yalçın ve Gürü’ye göre; hidrolik bağlayıcı özelliği gösteren maddelere çimento denilmektedir (Yalçın ve Gürü, 2006, s.15).

“Çimento” kelimesi, Latince kaba, kesilmemiş taş parçaları anlamına gelen “sementum” kelimesinden gelmektedir (Aragaw, 2020, s.1). Çimento üreticileri oldukça geniş bir hammadde seçeneğine sahiptir. Kireç, silika ve alümina çimento üretiminin en önemli bileşenleri olmakla birlikte bu bileşenleri sağlayan her türlü malzeme çimento imalatında kullanılmaktadır.

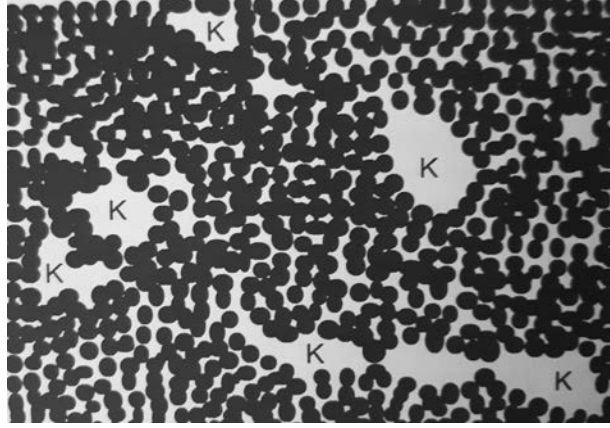
Çimento klinkerine eklenecek malzemelerin özellikleri çimentonun özelliklerini ve aynı zamanda çimento tipini belirlemektedir. Ana bileşeni alüminatlar olan

çimentolara alüminalı çimento, taş kömürünün yakılmasıyla elde edilen uçucu küllerin katkı olarak kullanıldığı çimentolara ise uçucu küllü çimento denilmektedir. Hammaddesi beyaz kil, kalker ve mermer olan hidrolik çimentolar beyaz çimento olarak sınıflandırılırken, beyaz çimento içerisine %1-5 oranında oksit ilavesi ile elde edilen çimentolar renkli çimento olarak sınıflandırılmaktadır. Özellikle yapı sektöründe kullanılan çimentolar kullanım yerlerine göre geliştirilmektedir. Su altı yapılarında kullanılacak bir çimentoda su geçirimsiz bir yüzey yaratılmak istendiğinde klinkere stearik asid eklenmekte ve bu çimentolar geçirimsiz çimento olarak sınıflandırılmaktadır.

Çimento su ile karıştırıldığında bağlayıcı maddeler katılarak sertleşir. Çimentonun su ile gerçekleştirdiği bu tepkimeye priz, malzemelerin karıştırılıp tamamen sertleşene kadar geçen süreye ise priz süresi denmektedir. Priz süresini kısaltmak ya da uzatmak için belirli oranlarda katkı maddeleri eklenmektedir. En çok kullanılan katkı maddeleri $\text{CaSO}_4 - 2\text{H}_2\text{O}$ ve CaCl_2 'dir. Prizi geciktirmek ve çalışma aralığını uzatmak için çimento üretimine katılan alçı taşı oranı azaltılmaktadır. Priz hızlandırılmak isteniyorsa çimento ağırlığının yüzde %2'si oranında CaCl_2 kullanılmaktadır. Hava sıcaklığı priz süresini etkileyen bir diğer faktördür. Yüksek ısı priz süresini hızlandırırken, sıcaklığın düşmesi priz süresini uzatmaktadır (Şimşek, 2004, s.90-92).

Çimento kompozisyonunda serbest kireç veya magnezyum bulunması çimento hamurunun genişmesine neden olmaktadır. Serbest kireç ve magnezyumun hidrasyonu çok yavaş olup, beton veya çimento sertleştikten aylar sonra çimentoda genişleme yaratarak iç gerilmelere veya çatlamalara sebep olmaktadır. Çimentonun genişmesi istenmeyen bir durum olmakla birlikte büyük oranda hacim genişmesine yol açmayan çimentolar dayanıklı çimento olarak kabul edilmektedir (Erdoğan, 2013, s.42).

Çimento hamurunun hacmi çimento tanelerinin ve tanelerin arasında bulunan boşluklardaki suyun hacmi kadardır. Hidrasyon sonucu oluşan hacmin çimento hamurunun hacmi kadar olduğu kabul edilmektedir. Hidrasyonu belirli ölçülerde gerçekleşen bir çimento hamurunun yapısında; çimento jeli, çimento jelinde yer alan boşluklar, çimento ve su dolu kapiler boşluklar bulunmaktadır (Görsel 1.1).



Görsel 1.1. Çimento hamurundaki yapıyı gösteren basit bir model (Erdoğan, 2013)

Çimento hamurunun yapısında yer alan boşlukların miktarı çimentoya eklenen su miktarıyla doğrudan ilişkili olup su / çimento oranı arttıkça kapiler boşluk oranı da artmaktadır. Hidratasyonunu tamamlamış bir çimento ürününün içinde yer alan kapiler boşluk miktarı, ürünün su geçirgenliğini ve dayanıklılığını doğrudan etkilemektedir. Erdoğan'ın belirttiği üzere; “sertleşmiş çimento hamurunun kapiler boşluk oranı arttıkça su geçirgenliği artmakta ve basınç dayanımı azalmaktadır” (Erdoğan, 2013, s.47). Buradan anlaşılacağı üzere çimentonun yapısındaki kapiler boşlukların artmaması ve nihai ürün mukavemetinin azalmaması için çimento içerisine eklenen su miktarına dikkat edilmesi oldukça önemlidir.

1.2.2. Agregalar

Agregalar beton hacminin %70 - 80'ini oluşturmakta ve işlenebilirlik, mukavemet, boyutsal kararlılık ve dayanıklılık gibi beton özelliklerinde önemli rol oynamaktadır (De Brito ve Saikia, 2013, s.23). Şimşek (2004) agregayı “doğal, yapay veya her iki cins yoğun mineral malzemenin, genellikle 63 mm'ye kadar çeşitli büyüklüklerde kırılmamış veya kırılmış tanelerin yığını” olarak tanımlamıştır.

Agregalar farklı kaynaklarda farklı biçimlerde sınıflandırılmakta olup bu sınıflandırma işlemi agregaları daha doğru tanımlamak ve beton içerisinde daha doğru biçimde kullanmak için yapılmaktadır. Buna göre hafif bir beton elde edilmek istenildiğinde 1800 kg'a kadar hafif agregalar tercih edilmelidir. 2800 kg'dan yüksek olan betonlar ağır beton olarak nitelendirilmekte ve nükleer santrallerde kullanılmaktadır. Ağır beton üretiminde agrega katkısı olarak hematit, barit, boksit ve demir kullanılırken, hafif beton üretiminde ise agrega olarak ponza taşı ve perlit

kullanılmaktadır. En çok kullanılan agrega türleri ise doğal kum ve çakıldır (Güldoğan, E., Kişisel İletişim, Ağustos 2019).

Yapılan araştırmada 21. yüzyılda atık malzemelerin alternatif agrega malzemeler olarak kullanılmasıyla ilgili çok sayıda araştırmaya rastlanmaktadır. Kömür külü, yüksek fırın cürufu, cam elyafı, atık plastikler, kauçuk atıkları, kiremit ve tuğla atıkları, sinterlenmiş seramik atıklar alternatif agrega malzemelerden olmakla birlikte bu malzemelerin kullanımı ile agrega madenciliği ve atık bertarafı gibi çevresel sorunların büyük ölçüde önüne geçilmek hedeflenmiştir (De Brit ve Saikia, 2013, s.23). Tüm bu alternatif agregaların yanı sıra araştırmada agrega olarak atık cam kullanımına ilişkin çok sayıda örneğe rastlanmıştır.

Agrega tanelerinin şekli, boyutu, içerdiği su miktarı, su emme kapasitesi, yoğunluğu ve özgül ağırlığı beton özelliklerini etkileyen faktörlerdir. Bu nedenle doğal yada yapay, beton içerisinde kullanılacak agreganın özelliklerini bilmek beton içeriğinde doğru biçimde kullanma bağlamında oldukça önemli bir parametredir. Betonda kullanılacak agregaların sıcaklık etkisiyle hacim değiştirmemesi, dona dayanıklı ve sabit yapıda olması gerekmektedir. Agregaların su emme kapasitesi ne kadar düşüğe, dona karşı mukavemetleri o kadar fazladır. Beton üretiminde yuvarlak veya küp biçiminde, yüzeyleri pürüzlü tanelerden oluşan agregalar tercih edilmektedir. Agregada içinde silt, mika, humus, kömür ve selüloz gibi organik maddeler, kil mineralleri ve kimyasal tuzların bulunması betonun mukavemetini ve dayanımını olumsuz yönde etkileyen diğer faktörlerdendir (Yalçın ve Gürü, 2006, s.286-288).

ÇİMSA'nın Mersin'de bulunan fabrikasının ArGe ekibiyle yapılan görüşmelerde beton tasarımında kullanılacak agrega seçiminin müşterilerin talepleri doğrultusunda geliştirildiği ve çeşitlendiği görülmüştür. Müşterilerin güvenlik talepleri doğrultusunda balistik, kurşun geçirmez bir beton tasarımında agrega olarak çelik tel kullanılırken (Görsel 1.2.), daha dekoratif uygulamalarda renkli cam parçaları tercih edilmektedir Bu bağlamda değerlendirildiğinde agrega olarak kullanılacak malzemelerin çeşitliliği ve betona kattığı özellikler sayesinde beton, tasarımı yapılabilir, sonsuz çeşitliliğe sahip bir malzeme haline gelmiştir.



Görsel 1.2. ÇİMSA tarafından üretilen balistik beton uygulaması (Filiz, 2019)

1.2.3. Beton karma suyu ve temas suyu

Beton karma suyu, yeni karıştırılmış betonun içerisindeki serbest sudur. Bu su, çimentonun hidratasyonunu tamamlayarak mukavemet kazanmasını, taze betonun işlenebilir olmasını; en az boşlukla yerleştirilip sıkıştırılmasını sağlamaktadır (Li, 2011 s.86). Su, beton hacminin yaklaşık %14 - 25'ini oluşturmaktadır. Beton, sertleşme sırasında ve sonrasında su ile temas halinde olup, beton yüzeyine temas eden bu suya temas suyu denmektedir (Şimşek, 2004, s.96 - 97).

Kaliteli bir beton elde edebilmek için su-çimento oranı en kritik faktörlerden biri olarak kabul edilmektedir. Betonun işlenebilmesi ve mukavemet kazanması için bu oran önemlidir. Yüksek miktarlarda su içeren bir betonun gözenek miktarı artacağından mukavemeti azalırken, gerekli miktardan daha az su içeren beton işlenebilirliğini kaybedeceğinden sıkıştırılması zorlaşacaktır.

Beton karma suyu için genellikle içilebilir olan sular tercih edilmektedir. Bunun temel sebebi farklı kaynaklardan alınan sularda olabilecek istenmeyen ve betonun yapısını olumsuz etkileyecek çözülmüş tuzlar, şeker ve kurşun gibi maddelerdir (Newman ve Choo, 2003 s.107).

1.2.4. Katkı maddeleri

Katkı maddelerinin çimento içerisinde kullanımı neredeyse çimentonun kendi tarihi kadar eskidir. Çimentonun optimizasyonu için her dönemde farklı katkı maddeleri beton karışımı içerisine eklenmiştir. Romalıların beton yapısını geliştirmek için hayvansal yağ, süt ve kan kullandıkları bilinmektedir. Bunların içerisinde kan, beton içerisine hava girişlerini engelleyerek betonun donmasının önüne geçerek, Roma

betonlarının kalıcılığını sağlama noktasında kullanılan en önemli katkı maddesi olmuştur. Modern beton teknolojisi için ise katkılar en az geçmiş zamanlardaki kadar önemlidir. Günümüzde üretilen tüm betonlarda bir veya birden fazla katkı maddesi kullanıldığı bilinmektedir. Hem taze hem de sertleşmiş beton özelliklerini değiştirmek ve geliştirmek için, günümüzde çok çeşitli katkı maddelerinden yararlanılmaktadır (Li, 2011, s.68). Bu katkı maddeleri aşağıdaki biçimde kategorize edilmiştir;

- Hava sürükleyici katkılar; bu katkılar betonun donmaya karşı dayanımını artırmak için kullanılmaktadır.
- Kimyasal katkılar; beton özelliklerini değiştirmek veya geliştirmek için kullanılan kimyasal maddelerdir. Beton priz süresini kısaltmak, işlenebilirliği artırmak kimyasal katkıların en genel amaçlı kullanım alanlarıdır. Bunun yanı sıra viskozite değiştiren özel amaçlı katkılar da mevcuttur.
- Mineral katkılar; betonun işlenebilirliğini, dayanımını ve gücünü arttırmak için kullanılan minerallerdir. Cüruf ve puzolanlar önemli mineral katkılardandır.
- Diğer katkılar; yukarıda belirtilen kapsamlardan herhangi birine girmeyen tüm malzemeleri içerir. Korozyon önleyiciler ve genişleyen katkılar vb. bu kategoride yer almaktadır (Li, 2011 s.69).

Farklı özelliklerde bir beton elde edilmek istendiğinde genellikle tercih edilen özel bir çimento kullanmak yerine, daha yaygın olarak kullanılan çimentoların bazı özelliklerini, uygun bir katkı maddesi veya bir karışım dahil ederek değiştirmektedir.

1.3. Betonun Şekillendirilmesi

Beton Latin kökenli bir sözcük olup “concretus” sıfatından türetilmiştir. Yoğunlaştırılmış, sertleşmiş, kalın, sert, donmuş, pıhtılaşmış anlamına gelen beton sadece nasıl bir biçim haline geldiğini değil geldiği biçimin karakterini de ifade etmektedir (Bailey, 2015, s. 241-258).

Tarihsel olarak bakıldığında oldukça eski bir malzeme olmasına rağmen, beton daha çok modernizmle ilişkilendirilmiştir. Roma İmparatorluğu'nun çöküşünün ardından betonun portlant çimentosunun keşfine kadar yaygın biçimde kullanılmaması bu görüşün kaynağını oluşturmaktadır. Modernizmle birlikte mimaride betonun kullanımının artması dönemin sanatçıları tarafından malzemeye olan ilgiyi tetiklemiştir.

Portlant çimentosunun keşfiyle birlikte beton sanatsal bir arayışın da kaynağı haline gelmiştir.

Yarı sıvı haldeyken beton akışkandır ve serbest şekillendirmeye uygun değildir. Bu noktada çalışma aralığını değiştirmek ve daha önce de belirtildiği gibi içerisine eklenecek maddelerle viskozitesini artırmak mümkündür. Betonun şekillendirilmesiyle ilişkili herhangi bir sınıflandırmaya ulaşılamamış olup, araştırmanın saha çalışmasına dayanarak aşağıdaki sınıflandırma yapılmıştır. Beton şekillendirmede en yaygın kullanılan yöntem döküm yöntemi olmakla birlikte, sıvama, yontma ve 3D yazıcılar da şekillendirmede kullanılan diğer yöntemlerdendir.

1.3.1. Döküm yöntemi

Sanatsal üretimlerde betonun şekillendirilmesinde kullanılan ilk yöntem döküm yöntemidir. Bu yöntemde genellikle silikon benzeri esnek malzemeler tercih edilmektedir (Görsel 1.4). Döküm yönteminde yapılacak olan modele göre kalıp malzemesi alüminyum, strafor, karton, plastik, ahşap ve metal olabilmektedir. Burada önemli olan beton priz aldığı anda taşa yakın bir sertliğe ulaştığından, kalıp yüzeyinin betonu içerisinden rahatça çıkarabilecek bir yüzeye ve/veya esnekliğe sahip olmasıdır.



Görsel 1.3. David Umemoto, Brutalist beton uygulama süreci; döküm ve kalıptan çıkarma¹

¹ <https://www.materialdriven.com/blog/2016/5/25/talking-process-with-david-umemoto> (Erişim Tarihi:12.02.2021)

1.3.2. Sıvama yöntemi

Beton şekillendirmede kullanılan bir diğer yöntem ise sıvama yöntemidir. Bu yöntemde betonu desteklemek için kafes armatür veya strüktürel bir yapı kullanılmaktadır. Strüktürel yapı genelde metal teller yardımıyla örülür ve ardından daha esnek bir kafes teli ile etrafı sarılarak kabaca form ortaya çıkartılır. Formun kalan kısmı sıvama yöntemiyle yapının üzerine eklenerek oluşturulur. Döküm yöntemine kıyasla bu yöntem oldukça zor ve uzun çalışma aralığı gerektiren bir yöntemdir.

1.3.3. Yontma yöntemi

Betonun taşa benzeyen yapısı onun aynı zamanda iyi bir yontu malzemesi olmasını sağlamaktadır. Çimento ya da beton priz aldığı anda çeşitli yontu aletleri kullanılarak istenilen biçim verilebilmektedir. Bu yöntem betonun taşa benzeyen yapısından dolayı pratikte oldukça güç gerektiren bir yöntem olduğundan diğer yöntemlere göre en az tercih edilmektedir.

1.3.4. Katmanlı üretim teknolojileriyle şekillendirme yöntemi

(AM) olarak da bilinen 3D yazıcı teknolojileri kullanılarak ilk beton üretimi Joseph Pegna tarafından yapılmıştır. Son birkaç yılda ise ekstrüzyon ve toz bazlı olmak üzere beton malzeme için farklı 3DCP teknolojileri geliştirilmiştir. Ekstrüzyon teknolojisinde eriyik yığılma modelleme (FDM) yöntemi kullanılarak bir nozüle monte edilmiş çimento içerikli malzeme vinç veya 6 eksenli robotik kol aracılığıyla katman katman şekillendirilmektedir (Gosselin, vd., 2016, s. 102-109) (Görsel 1.4.)



Görsel 1.4. Ekstrüzyon yöntemiyle şekillendirilmiş beton yapı parçası (Gosselin, 2016)

Toz bazlı yöntemde ise bir baskı kafası yaklaşık 3mm kalınlığında yapının tabanını örtmek için bir zemin oluşturur. Daha sonra katman kalınlığı ayarına göre 3D yazıcı 0,1 mm kalınlığında bir toz tabakası yayar, yüzeye yayılan toz tabakası merdane ile düzeltilir. Daha sonra bağlayıcı çözelti, besleyiciden baskı kafasına gönderilir ve toz tabakası üzerindeki nozül (lar) tarafından seçici olarak püskürtülür ve toz parçacıklarının birbirine bağlanmasına neden olur (Nematollahi B. vd., 2017, s. 247-258). Kaliforniya merkezli bir firma, 840 adet toz baskı yöntemi ile üretilmiş çimento bloğunu kullanarak "çiçek" pavyonunu (Görsel 1.5.) inşa etmiştir. Geleneksel Tayland çiçek desenlerinden yola çıkılarak tasarlanan yapı o güne kadar bu yöntem ile inşa edilen en büyük ölçekli mimari yapı olma özelliği taşımaktadır.



Görsel 1.5. Toz bazlı 3D yazıcı ile üretilmiş çiçek pavyonu, 2015²

1.4. Betonun Renklendirilmesi ve Dekor Olanakları

Betonun renklendirilmesinde en yaygın kullanılan yöntem, karıştırma işlemi sırasında eklenecek olan pigment katkısıdır. Betonda kullanılan çimentonun rengine göre, pigment katkısıyla farklı renk tonları elde edilmektedir. Çimento renginin beyaz olma durumunda renk kroması daha yüksekken, gri çimentolarda kroma değeri daha düşüktür. Pigment miktarı genellikle çimento ağırlığının %1-10'u kadardır. En yaygın kullanımında ise bu oran %3-6 aralığındadır. Çimento içerisine eklenecek pigment miktarı pigmentin yoğunluğuna, tane iriliğine bağlı olarak değişim göstermektedir. Kırmızı sarı, siyah ve kahverengi gibi metalik oksitlerin ilave seviyeleri %1-10

² <https://newatlas.com/berkeley-researchers-pioneer-powder-based-concrete-3d-printing/36515/> (Erişim tarihi: 13.02.2021)

aralığında, karbon siyahı, yeşil ve mavi ftalosiyanin %0.1-1 aralığında kullanılmaktadır (True, G., 2012, s.133-135).

Beton içerisine eklenen pigment katkıları ve beton bünyesi üzerindeki etkileriyle ilgili birçok araştırma bulunmaktadır. Kendiliğinden yerleşen betonlarda inorganik pigment katkısının harç ve beton özelliklerine etkisinin karşılaştırmalı olarak incelendiği bir çalışmada; pigment kullanımının beyaz çimentolu betonlarda kılcallık katsayısını ve su emme yüzdelerini artırıcı yönde etkide bulunduğu sonucuna varılmıştır. 28 günlük örneklerin basınç dayanımları incelendiğinde ise bazı pigmentlerin basınç dayanımlarını %8-18 oranında azalttığı ve 7. günde tüm pigment katkılı serilerde eğilmede çekme dayanımını artırıcı yönde etkilediği sonucuna varılmıştır (Karagüler, M., Sungur, S., 2007, s.55-64). Bir diğer çalışmada ise alüminyum endüstrisinden elde edilen kırmızı çamur atığının kalsinasyon işlemi sonucunda renkli beton yapımında kullanım olanakları araştırılmıştır. Araştırma sonucuna göre kırmızı çamurla üretilen ürünlerin, yanma dayanımı, aşınma ve su emme gibi mekanik özelliklerinde herhangi olumsuz bir etkisi olmadığı, kırmızı çamurun beton renklendirmede alternatif bir malzeme olarak kullanılabileceği belirtilmiştir. (Kılıç, Y., vd., 2011, s. 449-458). “Mimari betonda renk ve doku” isimli araştırmada ise beyaz çimento ile renkli beton üretiminde %3 pigment katkısının olası yan etkileri değerlendirilmiştir. Buna göre pigment katkısı artırıldığında basınç dayanımlarının %6-17 azaldığı sonucuna varılmıştır (Terzi, F., 2004, s.99).

Olgunlaşmış bir betonun yüzeyini renklendirmek için ise geçmişten günümüze kadar birçok farklı yöntem kullanılmıştır. Beton yüzeyini renklendirme ile ilgili ilk çalışmalarda alkaliyi nötralize etmek için çinko ve magnezyum florosilikat çözeltisi ile ön işleme tabi tutulmuş ahşap boya kullanılırken, sonraki yıllarda yüzeyde yeşil bir renk sağlayan demir sülfat çözeltisi kullanılmıştır. Günümüzde ise bu tür bir yüzey renklendirmesinde metalik tuzların asit-su çözeltileri ve solvent bazlı boyalar kullanılmaktadır. Asit bazlı boyaların uygulaması püskürtme ve ardından yüzeyin fırçalanması yoluyla yapılmaktadır. Solvent bazlı boyaların uygulaması ve kullanılan yöntemler ise bireysel uygulamaları kapsamakla birlikte bu tür boyalar yüzeyle etkileşime girmediğinden uygulama sonrasında su geçirimsiz bir malzemeyle yüzeyin kaplanması boyaların kalıcılığı açısından oldukça önemlidir.

Betonun dekor olanakları diğer yapı malzemelerine oranla daha sınırlıdır. Bununla birlikte betonun binaya kazandırdığı yüksek yapısal özellikler, dekor

olanaklarının da araştırılmasına ve geliştirilmesine kaynak oluşturmuştur. En genel anlamda betonun dekoratif kullanımını aşağıdaki gibi sınıflandırmıştır;

- Rölyef dekorları
- Kumlama dekorları
- Agregalı dekorları
- Gravür dekorları
- Foto - gravür dekorları

1.5. Porselen

İngiliz seramik sözlüğünde porselen; “bir tür camsı seramik beyaz eşya/ pişmiş ürün” olarak (Dodd, A., Murfin, D., 1994, s.239). TDK’da (<http-2>) ise; “kaolinden yapılmış, beyaz, sert ve yarı saydam çömlek hamuru” olarak tanımlanmıştır. Porselen sert, gözeneksiz, sırlamadan dahi geçirimsiz, pişme rengi beyaz veya yapay olarak renkli, inceyken yarı saydam bir malzemedir. Porselen ilk kez Çin’de keşfedilen bir malzeme olsa da porselen kelimesi ilk kez Marco Polo tarafından kullanılmıştır. Çin’de yaşadığı süreçte orada gördüğü beyaz seramikleri, para olarak kullanılan ve nehir ağzında yaşayan yengeç benzeri “Porcellana” larla (Görsel 1.6.) özdeşleştiren Polo daha sonra yayınladığı anılarında bu beyaz seramiklerden “Porcelaine” (Fransızca porselen) adıyla bahsetmektedir (Arcasoy, A., Başkırkan, H, 2020, s.169).



Görsel 1.6. “Porcellana” adıyla bilinen bir tür deniz kabuğu³

³ <https://eclecticlight.co/2017/05/02/porcelain-may-be-even-ruder-than-was-thought/>
(Erişim Tarihi:02.03.2021)

1.5.1. Porselen bileşenleri

Porselen genel olarak sert ve yumuşak olmak üzere iki gruba ayrılır. Her iki grupta temelde kaolin, kuvars ve feldspatlardan meydana gelmekte ve bu hammaddelerin değişen oranda kullanımı ise porselenlerin çeşitlenmesine kaynak oluşturmaktadır. Hammaddelerin değişen oranlarda kullanımı aynı zamanda pişme sıcaklığı, ışık geçirgenliği gibi özellikleri de doğrudan etkilemektedir. İçerdiği hammaddelere göre porselen elektroporselen, kap-kacak porseleni, teknik porselen, sağlık gereçleri porseleni, dış porseleni ve parian porseleni olarak sınıflandırılmaktadır.

- Kaolin; ($Al_2O_3 \cdot 2 SiO_2 \cdot 2 H_2O$) adı, Çince “yüksek dağlar” anlamına gelen kaoling kelimesinden türetilmiştir. Çin kili olarak da bilinen kaolin birincil bir kil olup, doğrudan kayanın çökeltme kanallarında toplanıp yüksek basınçlı hortumlarla yıkanmasıyla elde edilmektedir. Cornwall (İngiltere), Florida ve Carolina (ABD), Tazmanyaya, Yeni Zelanda ve Batı ve Orta Avrupa'nın diğer bölgelerinde büyük miktarlarda bulunur. Büyük tane iriliğine sahip ve beyaz bir kil olan kaolinin plastisitesi oldukça düşüktür.
- Feldspatlar($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6 SiO_2$); granit ve magmatik kayalardan ayrılmış mineral gruplarıdır. Potasyum, sodyum ve kalsiyum alümina silikatlarından oluşurlar. En yaygın kullanılan feldspat türü potasyum feldspattır. Porselen bünyede yüksek miktarlarda kullanımı yarı saydamlığı ve distorsiyon olasılığını artırırken, az miktarlarda kullanımı saydamlığı azaltarak olgunlaşma sıcaklığının yükselmesine neden olmaktadır.
- Kuvars (SiO_2); neredeyse saf halde bulunan silikadır. Kuvars porselen bir gövdeyi sert ve dayanıklı hale getirmektedir. Ergime sıcaklığı çok yüksek olduğundan genellikle ergime sıcaklığını düşüren maddelerle birlikte kullanılır. Porselen bünye içinde yüksek miktarlarda kullanımı porselenin çatlamasına neden olmaktadır.
- Ball kili (Plastik kil); top kili olarak bilinen bu kilin adı, başlangıçta at ve at arabalarında taşıma kolaylığı sağlaması için killere top şeklinin verilmesinden

kaynaklanmaktadır. Türkçe literatüre de ball kili olarak geçen bu killer çok ince partikül boyutuna sahip olduklarından plastisitesi ve büzülme oranı çok yüksektir. Yüksek miktarlarda kullanımı renk değişimlerine neden olurken, %1-3 oranında porselen bünyede kullanımı plastisiteyi ve mukavemeti artırmaktadır.

- Bentonit; ikincil bir kildir. Son derece ince partiküllere sahip olduğundan ball killerin yerine kullanılabilir. Bu killerin özellikleri tek başlarına herhangi bir şey ifade etmezken, porselen bünyelerde doğru hammaddelerle birlikte kullanımı özellikle yüksek derecede gelişen porselenler için oldukça etkili sonuçlar ortaya koymaktadır (Wardell, 2020 s. 26-28).

1.5.2. Porselen şekillendirilmesi

Porselen diğer çamur türleriyle kıyaslandığında çalışması zor fakat olasılıkları geniş olan bir malzemedir. Porselen şekillendirmede kullanılacak yöntemler porselenin yapısal özelliklerinin anlaşılması ile doğrudan ilgidir. Porselenin yapısını belirlemek için bazı testler yapılmaktadır. “Düğüm testi” porselenin plastisitesini belirlemek için kullanılan yöntemlerden biridir. Bu yöntemde çubuk şeklinde bir porselen hazırlanır ve bu porselenle bir düğüm oluşturulur. Düğümleme ne kadar pürüzsüzse plastisite o kadar yüksek, düğümleme yüzeyi ne kadar çatlak ise plastisite o kadar düşüktür. Yüksek plastisiteye sahip olan porselenler, elle çalışmaya uygunken düşük olanların çalışma aralığı şekillendirmeye olanak sağlamayacak kadar kısadır. Porselenin yapısıyla ilgili bir diğer bilinmesi gereken özellik de pişme küçülmesidir. Pişme küçülmesi her porselen için farklı olmakla birlikte içeriğindeki bileşenlere ve maksimum sıcaklığına bağlı olarak değişim göstermektedir.

Porselen şekillendirmede kullanılan yöntemler, diğer çamur bünyeleri şekillendirirken kullanılan yöntemlerden farklı olmayıp çamurun fiziksel yapısıyla doğrudan ilişkilidir. Porselen çamuru sıvı haldeyken döküm yöntemi ile şekillendirilirken, plastik haldeyken torna, ekstruder (ağızlıklı pres) veya elle şekillendirme olanakları bulunmaktadır. Şekillendirme yöntemleri çamurun fiziksel hali kadar dönemin teknolojik olanakları ve sanat anlayışıyla da ilişkilidir. Sanatsal porselen üretiminde en yaygın kullanılan yöntem tornada şekillendirme, elle şekillendirme ve döküm yöntemleri olmakla birlikte, güncel teknolojilerin paralelinde gelişen bilgisayar destekli tasarım ile şekillendirme ve 3D yazıcı ile şekillendirme yöntemleri de sanatsal

üretimler için gelecekte yaygın biçimde kullanılacağı düşünülen diğer yöntemlerindedir.

1.5.2.1. Tornada şekillendirme yöntemi

Tornada şekillendirme ilkesel olarak kendi eksenini etrafında dönen geniş bir tablanın üzerinde çamurun merkeze getirilmesi, elle veya çeşitli aletler yardımıyla bir forma dönüştürülmesidir. En eski yöntemlerden biri olan torna ile şekillendirme yönteminde geçmişten günümüze kadar el tornası, ayak tornası ve pedallı tornalar gibi birçok torna çeşidi kullanılmıştır. Günümüzde ise en çok tercih edilen torna türü elektrikli tornalardır.

Porselen çamurunun tornanın merkezine getirilmesi ve açılması diğer çamurlardan daha yavaş bir hızla yapılmalıdır. Sürecin geri kalanı ise tamamen bireysel yaklaşımlar ve becerilerle ilişkilidir. Tornada şekillendirilmiş porselen bir forma yeniden şekil vermek, kesmek, bazı parçalar eklemek, çeşitli aletler yardımıyla yüzeyde dokular oluşturmak mümkündür. Alman sanatçı Karin Bablok tornada tabansız olarak şekil verdiği silindirik formları deri sertliğindeyken keserek yeniden biçimlendirmektedir (Görsel 1.7.). Bu yöntemle yarattığı yeni formlara tabanlar ekleyerek gazlı fırınlarda 1280°C sıcaklıkta pişirmektedir.



Görsel 1.7. Karin Bablok tarafından tornada şekillendirildikten sonra kesilerek yeniden düzenlenmiş formlar⁴

⁴ <https://www.pulsceramics.com/exhibitions/karin-bablok-2006/> (Erişim Tarihi; 10.03.2021)

1.5.2.2. *Elle şekillendirme yöntemi*

Porselen için sıklıkla tercih edilen yöntemlerden biridir. Elle şekillendirmenin diğer şekillendirme biçimlerine göre çok daha bireysel bir yol/yöntem olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır. Sanatçının bireysel becerisi, üslubu ve malzemenin sınırlılıklarının toplamı elle şekillendirme sürecinin doğrudan ifadesidir. Johnson Tsang elle şekillendirme yöntemini porselen heykellerin üretim sürecinde temel alan sanatçılardan biridir. Hong Kong'lu sanatçı, porselen heykellerinde insan ilişkilerini esas alırken, insanın çevresiyle ve kendisiyle olan ilişkisini yine insan bedenlerini ve nesnelere kullanarak ifade etmektedir. İnsan yüzlerini içeren bir dizi porselen heykel olan "Açık Zihin" de; fiziksel hareketin ve insanın anlık duygusunun sanatçının güçlü plastik şekillendirme becerisiyle harmanlandığı görülmektedir (Görsel 1.8.).



Görsel 1.8. Johnson Tsang, Açık Zihin III elle şekillendirilmiş porselen heykel, 2016⁵

1.5.2.3. *Döküm yöntemi*

Porselen çamurunun şekillendirilmesinde yaygın olarak kullanılan bu yöntemde temel prensip, sıvı porselen çamurunun gözenekli ve kuru bir kalıba doldurulmasını ve belli bir süre sonra yeniden boşaltılmasını içerir. Gözenekli kalıp, porselenin içindeki suyu emerek, kalıp iç yüzeyinde çamurun kalınlık almasına neden olur. Bekleme süresi

⁵ <https://johnsontsang.wordpress.com/> (Erişim Tarihi:14.03.2021)

ile doğru orantılı şekilde kalıp iç yüzeyinde oluşan çamur kalınlığı da artmaktadır. Günümüzde seramik sektöründe kalıp olarak en yaygın kullanılan malzeme alçıdır.

Endüstride kullanılan diğer bir döküm yöntemi basınçlı dökümdür. Basınçlı döküm sisteminde “döküm çamuru sentetik kalıpların içine ilk olarak basınçsız, çamurun kendi ağırlığı ile doldurulur. Çamur belli bir miktar doldurulduktan sonra 10-15 bar basınç ile sentetik kalıplara basılır ve kalınlık alma başlar. Kalınlık alma süresi yaklaşık olarak 12-20 dakikadır. Bu sürede döküm çamuru 8-9 mm kalınlık alır” (Kundul, 2013, s. 237).

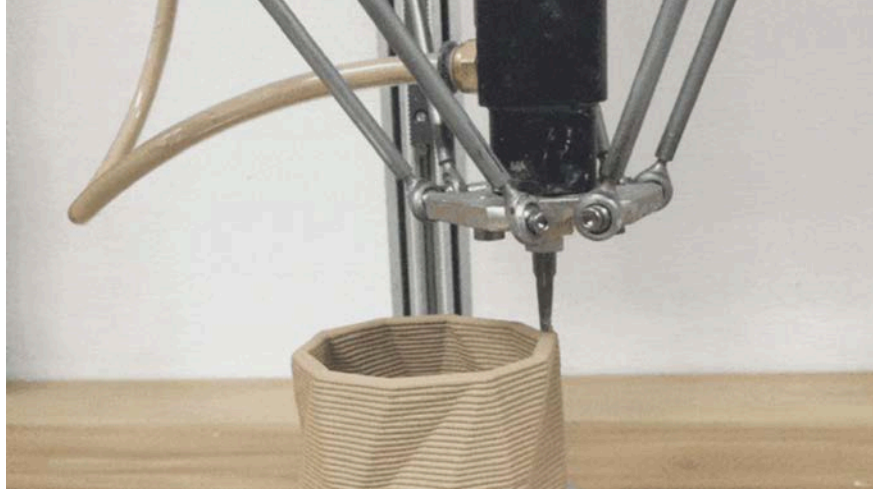
1.5.2.4. CAD/CAM teknolojileri ile şekillendirme yöntemleri

Günümüzde geleneksel porselen şekillendirme yöntemlerinin yanı sıra bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim de şekillendirme sürecinin aktif ve verimli bir unsuru olarak kullanılmaya başlanmıştır. Seramik endüstrisi üzerinde hem pratik hem de ekonomik açıdan oldukça önemli katkısı olan CAD/CAM (bilgisayar destekli tasarım - bilgisayar destekli üretim) teknolojileri birçok porselen fabrikasında, tasarım süreçlerinin büyük bölümünde kullanılmaktadır.

CAD (bilgisayar destekli tasarım), genellikle nesne odaklı bir çizim sistemi kullanılarak nesnenin bilgisayarda üç boyutlu olarak yaratılması sürecini içerir. Bilgisayarda yaratılan bu nesne herhangi bir açıdan görüntülenebilir, revize edilebilir, ayrıca bu nesneye ait ışık, renk, doku, gölge gibi tüm görsel öğeler nesne üzerinde işlenebilir. CAM (bilgisayar destekli üretim) ise çeşitli prototipleme tekniklerinin kullanılarak nesnenin üç boyutlu olarak üretilmesi sürecidir. CAM teknolojilerinde sıklıkla kullanılan beş ana ticari süreç vardır. Bunlar; SLA, SLS, FDM, Z Corp ve LOM'dur. SLA ve SLS plastik veya reçineleri kullanarak modelleme yaparken, Z Corp'da genellikle alçı kullanır. LOM'da, yapıştırılmış kağıt veya mdf katmanları ile modeller oluştururken, seramik endüstrisinde ise nihai ürün gibi test edilebilen ve işlenebilen sağlam ABS plastikten yüksek kaliteli prototipler üretildiği için tercih edilen yöntem FDM'dir (Wardel, 2020, s. 412 - 415)

21. yüzyılın başlarında endüstriyel üretim sürecinde aktif olarak kullanılmaya başlanan CNC ve FDM teknolojileri, malzeme endüstrilerinin yanı sıra sanatsal üretimler için de alternatif şekillendirme yöntemi olarak kullanılmaya başlanmış, seramik, cam ve çimento gibi birçok malzeme için FDM (Fused deposition modelling) tipi, malzeme yığarak modelleme yapan cihaz geliştirilmiştir (Görsel 1.9.). FDM tipi

cihazlar, elle yapılamayacak kadar kompleks model veya ürünlerin şekillendirilmesine olanak sağlamakta ve iş gücünün büyük bölümünü ortadan kaldırmaktadır.



Görsel 1.9. FDM tipi üç boyutlu yazıcı⁶

Günümüzde porselen şekillendirmek için kullanılan yöntemlerin çeşitliliği oldukça dikkat çekicidir. Porselen malzeme ve dijital teknoloji arasındaki etkileşim her geçen gün artarken, sanat ve zanaat pratiğinde dijital araçların kullanımı seramik geleneklerinin yeniden düşünülmesine ve yeni ifade biçimlerinin geliştirilmesine kaynak oluşturmaktadır. CAD ile çalışan su jeti ve lazer gibi kesme teknolojileri son yıllarda porseleni şekillendirmek için kullanılan yöntemler arasına girmiştir. Su jeti esas olarak elmas ve temperli cam dışında tüm malzemeleri kusursuz bir biçimde kesmek için kullanılan bir teknolojidir. Su jetlerinin temel çalışma prensibi; yüksek basınçlı pompa aracılığıyla ucunda bulunan nozuldan su ve aşındırıcı toz karışımını püskürterek malzemeyi istenilen biçimde kesmektir. Lazer kesimde ise odağı artırılmış bir lazer ışını malzemeye yönlendirilir ve bu ışın belirlenen geometriyi takip ederek kesim işlemini gerçekleştirir. Sanatsal üretimlerinde birçok sanatçı üretimlerinin bir bölümünde veya tamamında şekillendirme yöntemi olarak CAD ile çalışan kesme teknolojilerini kullanmaktadır. Chris Wight porselen heykellerini şekillendirmek için CAD ile çalışan kesme teknolojilerini kullanan sanatçılardan biridir. Sanatçı “Eğrisel”

⁶ <https://settingmind.com/relatively-affordable-ceramic-3d-printer-called-cerambotcreated/> (Erişim Tarihi:26.03.2021)

isimli çalışmasında döküm yoluyla ürettiği ince porselen plakaları 1260°C sıcaklıkta fırınladıktan sonra su jetinde farklı biçimlerde kesmiş ve kesilen birimleri birbirine ekleyerek yeniden düzenlemiştir (Görsel 1.10).



Görsel 1.10. Chris Wight, “Eğrisel” isimli su jetiyle oluşturulmuş çalışması⁷

1.5.2.5. Pres yöntemi

Pres yöntemi endüstride en yaygın kullanılan yöntemlerdendir. Pres yöntemi ram pres ve izostatik toz pres olarak iki farklı uygulamayla gerçekleştirilebilir. Pres yönteminde yarı yaş plastik çamur, sert pres alçısından yapılmış, gözenekli iki parçalı alçı kalıp arasında dikey hareket ile uygulanan basınç sayesinde sıkıştırılarak preslenir (Kundul, 2013, s. 249). İzostatik toz pres yönteminde ise granül haldeki porselen %5-8 oranında nemlendirilerek, önceden üç boyutlu tasarım programlarında tasarlanarak CNC’de üretilen metal kalıplar içerisinde yüksek basınç altında sıkıştırılması yoluyla gerçekleştirilmektedir.

1.5.3. Porselen renklendirilmesi ve dekor olanakları

Plastik veya döküm porselenin renklendirilmesinde kullanılan en yaygın yöntem içerisine metal oksit veya pigment ilavesidir. Metal oksitler pigmentlere göre daha saf ve daha güçlü olduklarından daha az miktarlarda daha etkili sonuçlar almak mümkündür. Pigmentin renk yoğunluğuna ve kalitesine bağlı olarak, %2 ila %20

⁷ <https://www.wescover.com/p/sculptures-by-chris-wight-at-private-residence--PHJkvmAPwr> (Erişim Tarihi: 02.04.2021)

oranlarında kullanımı çamurun farklı kroma derecelerinde renklendirilmesini sağlarken, daha yüksek miktarlarda kullanımı çamurun kimyasal yapısını bozmaktadır.

Porselenin renklendirilmesinin yanı sıra şekillendirilme işlemleri sırasında ve/veya şekillendirilmesi tamamlanmış olan porselen (ham ürün, bisküvi, sır pişirimi yapılmış) ürünlerin görsel değer ve çeşitliliğini artırmak için yapılan birtakım uygulamalar vardır. Fırça, sünger, püskürtme, şablon serigrafi veya lazer araçları kullanılarak, bu ürünlerin gövdelerinin renklendirilmesi ve birtakım tasarım öğelerinin yüzey üzerine aktarılmasını kapsayan tüm uygulamalar seramik dekorları olarak tanımlanmaktadır.

Seramik dekorlarıyla ilgili yapılmış çalışmalar incelendiğinde; (Sevim, 2007,; Wardell, 2020,; Millward, 2017) araştırmacıların seramik dekor sınıflandırmalarının birbirinden farklı olduğu görülmüştür. Bunun temel sebebinin birçok teknik veya yöntemin interdisipliner ve multidisipliner uygulanabilme potansiyelinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Yapılan araştırmaya göre porselen dekor yöntemlerini dört farklı biçimde ele almak mümkündür. Bu yöntemler araştırmada; şekillendirme sırasında yapılan dekorlar, ham ürün üzerine yapılan dekorlar, bisküvi üzerine yapılan dekorlar, sırlama işlemi sonrasında yapılan dekorlar olarak sınıflandırılmıştır.

1. Şekillendirme Sırasında Yapılan Dekorlar

- Agregata
- Damar dekorları
- Kalıp içi renklendirme
- Dekorlu kalıp

2. Pişmemiş Ham Ürün Üzerine Yapılan Dekorlar

- Kazıma
- Oyma
- Parça Ekleme
- Mühür
- Baskı
- Çok Katmanlı Döküm
- Aşındırma

3. Bisküvi Üzerine Yapılan Dekorlar

- Sıraltı Dekorları

- Sıriçi Dekorları
- Kumlama
- Mayolika

4. Sırlanmış Ürün Üzerine Yapılan Dekorlar

- Lüster
- Emaye
- Yıldız
- Transfer dekorları

1.6. Cam

Cam kelimesi, parlak ve şeffaf malzeme anlamına gelen, geç-Latince bir terim olan “glæsum” dan türetilmiştir. Camsı maddeleri ifade etmek için kullanılan diğer sözcükler Latin kökenli vitrum (transparan) ve Yunan kökenli amorphous (amorf)’dur (Varshneya A.,K., Mouro, J., C., 2019, s.1).

Paul’a göre; cam en genel tanımıyla ergitilebilir inorganik maddelerin kristalleştirilmeden katı hale soğutulmasıdır (Poul, A. 1982, s.1). Lyons’a göre ise sıvıdan katı hale soğutulduğunda kristalleşmeyen, genellikle metalik oksit ve ağırlıklı olarak silis karışımları anlamına gelir. Şeffaflığına yol açan, camın kristal olmayan veya amorf yapısıdır (Lyons. A., 2010, s.231). Cam literatüründe cama ilişkin yapılan tanımlamalar birbirine oldukça yakındır. Rajaramakrishna, R., ve Kaewkhao J. yeni bir önermede bulunarak camı; "kristalizasyondan geçerken aşırı soğutulmuş sıvı bölgenin altındaki kinetiği hapsederek, cama geçiş sıcaklığı sergileyen amorf bir katı” olarak tanımlamıştır (Rajaramakrishna, R., vd., 2019, s. 796–807)

Günlük dilde cam terimi, sertlik ve kırılma özelliklerine sahip şeffaf bir maddeyi tanımlamak için kullanılmaktadır. Şeffaflık dışında tüm bu özellikler bir katıyla ilişkilendirilen tipik özelliklerdir. Genel görüşe göre cam katıdan ziyade yüksek viskoziteli bir sıvı olarak sınıflandırılmaktadır.

1.6.1. Cam hammaddeleri ve bileşimleri

Dünya çapında en çok üretilen malzemelerden biri olan cam, çok geniş bir kullanım çeşitliliğine de sahiptir. Endüstriyel olarak üretilen camların çoğu, hammaddelerin ergitilmesi, eriyiğin homojenleştirilmesi, şekillendirilmesi ve soğutulması yoluyla benzer şekillerde üretilmektedir. Tipik bir cam reçetesi temelde

%60 -%80 silisyum içerir. Bu oranların üzerinde silisyum içeren camlar kimyasal ve fiziksel olarak diğerlerine oranla daha basit olmalarına rağmen, üretimleri oldukça zordur. Çoğu fırın saf silikayı ergitecek kadar yüksek sıcaklıklara ulaşmamaktadır.

Silisyumdan sonra Na_2O , cam yapımındaki en önemli oksittir. En yaygın soda kaynağı, soda külü olarak bilinen sodyum karbonattır. Sodyum nitrat, eritme sürecini hızlandırdığı için yaygın olarak kullanılan diğer bir formdur. Tüm camların en yaygın olanı ise, silisyum - kireç - soda kombinasyonudur. Tonaj olarak bugün endüstriyel cam üretiminin %95'ini oluşturmaktadır. Bunlara ek olarak çinko oksit, kurşun oksit, bor oksit, baryum oksit vb. oksitler camın fiziksel veya mekanik özelliklerini optimize etmek için cam harmanına ilave edilmektedir.

Günümüzde, camın kullanım alanlarının optimizasyonuna ve inovatif kullanım olanaklarının geliştirilmesine yönelik araştırmalar doğrultusunda birçok deneysel çalışma sürdürülmektedir. Cam kimyasal bileşimlerine ve ticari olarak kullanım alanlarına göre farklı biçimlerde sınıflandırılmaktadır. Kimyasal içeriklerine göre camlar, silikat camları, borat camları, bakır içerikli camlar, fosfat camları, halid camları, amorf selenyum camları, ferroik camlar, hibrit camlar, doğal camlar ve bioaktif camlar olarak sınıflandırılmaktadır (Musgraves, J., D., vd, 2019). Kullanım alanlarına göre camlar ise evsel camlar, yapısal camlar ve teknik camlar olarak sınıflandırılmıştır (Amosov, N., I., Savitskii, M., R., 1962, s.14-17).

Aşağıda içerdikleri kimyasallara göre cam çeşitleri açıklanmaktadır;

- Silikat camlar; Tipik bir silikat camı kompozisyonu %70 - 75 SiO_2 , %10 - 12 Na_2O ve %10 - 15 CaO 'den oluşmaktadır (Hasanuzzaman, M. vd., 2015, s.9). İlk silikat camın kökeni bilinmemekle birlikte ateşin kontrollü biçimde kullanılmaya başlanmasıyla ilişkilendirilmektedir. Günümüzde ise endüstriyel cam üretiminin %95 ini oluşturmaktadır. Silika bazlı camlar, yüksek kimyasal direnci, düşük genleşme katsayısı ve yüksek termal şok direnci ile teknik ve ticari olarak önemlidir. Endüstride tehlikeli radyoaktif atıkları stabilize etmek için akıllı telefon ekranları gibi teknik malzemelerin yapımında kullanılır.
- Borat camları; borosilikat camları yüksek miktarda silika içeren camlardır. Tipik bir borat camı %70 - 80 SiO_2 , %7 - 13 B_2O_3 , %4 - 8 Na_2O veya K_2O , %2 - 8 Al_2O_3 içermektedir (Hasanuzzaman, M. vd., 2015, s.9). Bu tür camlar ilk kez 19. yüzyılda bilimsel araştırmalarda daha iyi lenslere duyulan gereksinim sonucu ortaya çıkmıştır. Bor oksit ilavesi geçmişte daha iyi optik performans ve daha

homojen camlar elde etmek için kullanılmıştır. Sonraki dönemlerde Corning Pyrex⁸'i ticarileştirerek cam bilimine tarihsel katkı sağlamıştır. Günümüzde bu camlar bilimsel laboratuvar ve ısıyla temas eden mutfak eşyalarında, termometrelerde, geniş astronomik teleskoplarda ve sanatsal cam üretiminde yaygın biçimde kullanılmaktadır.

- Kurşunlu camlar; kurşunlu camlar soda kireç camına oldukça benzer olmakla birlikte, kurşunlu camlarda kireç yerine kurşun oksit kullanılmaktadır. Tipik bir kurşunlu cam %50-65 SiO₂ , %18-38 PbO, %13-15 Na₂O veya K₂O içermektedir. Kurşunlu camlar yüksek kırılma indeksleri nedeniyle genellikle dekoratif cam ürünlerde kullanılmaktadır. Kurşun camındaki moleküler ağ yapısı soda kireç camından daha eksiksiz olduğundan daha az iç sürtünmeye dolayısıyla daha yüksek mukavemete sahiptir (Hasanuzzaman, M. vd., 2015, s.9).

1.6.2. Cam şekillendirmede kullanılan yöntemler

Cam sıcakken kendine özgü viskoelastik⁹ özelliğe sahiptir. Bu viskoelastik özellik sayesinde cam uzun yıllardır eriyik haldeyken şekillendirilebilmektedir. Cam soğutulmaya başladığında bu elastik özellik camın ergime noktasına kadar düşerek azalır. Bu aşamada cam hala viskoelastik özellik taşıdığından çeşitli ısı işlemler uygulanarak şekillendirmek mümkündür. Cam tamamen soğuduğunda ise katı formda olup sertliği yaklaşık 6,5 mohs'dur. Bu aşamada cam kazıma, kesme ve delme işlemleri için uygun bir yapıya sahiptir. Bu bağlamda camın şekillendirilmesinde kullanılan yöntemler camın fiziksel durumuna göre değerlendirilmektedir. Ağatekin (2014), cam şekillendirmede kullanılan yöntemleri; fırında biçimlendirme yöntemleri, sıcak cam şekillendirme yöntemleri, açık alevde biçimlendirme ve soğuk cam biçimlendirme olmak üzere dört alt kategoride sınıflandırmıştır. Bu yöntemler dışında günümüzde bilgisayar destekli üretim yöntemleri de (CAD/CAM) cam şekillendirme süreçlerinin bir parçası haline gelmiştir. 21. yüzyılda ortaya çıkan bu yöntemler “diğer şekillendirme yöntemleri” başlığıyla ele alınmıştır.

⁸ Pyrex, birkaç farklı bileşimden oluşan, ısı direnci yüksek, düşük ısı genleşmeli ticari bir cam malzemenin genel adıdır. Erken Pyrex, çok bileşenli bir borosilikat camdı.

⁹ Hem yapışkan hem de esnek yapıda olan.

1.6.2.1. Fırında biçimlendirme yöntemleri

Bu yöntemler camın fırın içerisinde, viskoelastisite aralığında (her cam için farklılık gösteren) ısıtıldığı ve şekillendirildiği tüm teknikleri kapsamaktadır. Aydın (2016), fırında cam biçimlendirme yöntemlerini kalıpta biçimlendirme teknikleri ve yardımcı malzemelerle biçimlendirme teknikleri olarak iki farklı kategoride ele almıştır.

1.6.2.1.1. Kalıpla biçimlendirme teknikleri

Kalıpla biçimlendirme teknikleri; pate de verre, potalı akıtma döküm, füzyon ve sıcak cam döküm tekniği olarak çeşitlenmektedir.

Pate de verre, fırın içerisinde ısıl şok dayanımı yüksek kalıplarda, ince öğütülmüş cam parçalarının ısıtılarak yeniden biçimlendirilmesi olarak tanımlanabilir. Özügümüş'ün (2013) belirttiği gibi; fırınlama işleminden sonra ortaya çıkan cam nesnenin yüzeyi, yarı geçirgen ve buzlu bir görünüme sahiptir.

Potalı akıtma döküm yönteminde; camın pota içerisinde ergitilerek, kalıp içerisindeki boşluğu doldurması hedeflenmektedir. Bu teknikte esas olan hem kalıbın hem de potanın refrakter malzemeden üretilmiş olmasıdır (Görsel 1.11).



Görsel 1.11. Cam yüklemesi yapılmış pota (Aydın, 2016)

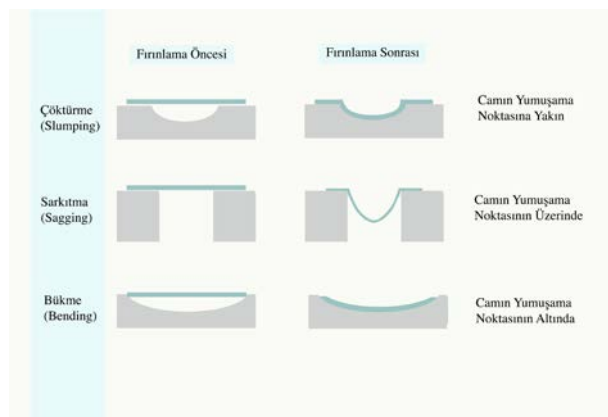
Cam sözlüğünde, camın birleşene kadar ısıtılması (Whitehouse, 2006, s.39) olarak tanımlanan füzyon tekniği, cam için özel olarak tasarlanan fırınlar içerisinde cam

plakaların ya da parçaların yumuşayıp birleşene kadar ısıtılması ve termokupl aracılığıyla kontrollü biçimde soğutulması sürecidir. Füzyon tekniği camın ergime ısısı ve camların kaynaşma durumlarına göre yarı füzyon ve tam füzyon olarak isimlendirilir. Aydın'ın (2016) belirttiğine göre; “Tam füzyon uygulamalarında, kullanılan cam tipine bağlı olarak, Fuse Casting (Füzyon Döküm) ve Frit Casting (Frit Döküm) gibi farklı tanım veya başlıklarla karşılaşılmaktadır”.

Sıcak cam döküm tekniği ise; fırına yerleştirilen refrakter kalıbın belli bir sıcaklığa ısıtılıp, eriyik halde camın çeşitli aletler (cam piposu, kepçe) yardımıyla önceden ısıtılmış refrakter kalıbın iç boşluğuna dökülmesi sürecidir.

1.6.2.1.2. Yardımcı malzemelerle biçimlendirme teknikleri

Fırın içerisinde alçı kalıp dışında kalan diğer refrakter malzemelerle yapılan; çökme, sarkıtma, bükme ve kuma döküm yöntemlerdir. Çöktürme, bir ham parçanın yumuşayana kadar ısıtılıp kendi ağırlığı ile kalıbın üzerine veya içine yerleşerek o kalıbın şeklini alması olarak tanımlanmıştır (Whitehouse, D., 2006, s.39). Sarkıtma tekniğinde çöktürme tekniğinden farklı olarak cam önceden planlanmış bir boşlukta serbest salınırken, bükme yönteminde ise cam yumuşama noktasının altında ısıtılarak altında kullanılan kalıp doğrultusunda bir eğim kazanır. Bu tekniklerin tamamı ısı ve yer çekimi kuvvetinin etkisine bağlı olarak gerçekleştirilir. Lundstrom'a göre çöktürme ve sarkıtma arasındaki temel fark; sarkıtmanın camın yumuşama noktasından daha yüksek ısılarda yapılması ve nihai ürünün et kalınlığında olan incelme olarak açıklanmıştır (Lundstrom, 1994, s.85). Bükme ise diğer iki tekniğe göre daha düşük derecelerde gerçekleştiğinden et kalınlığında bir incelme gözlenmez (Şekil 1.1)



Şekil 1.1. Çöktürme, sarkıtma ve bükme tekniklerinin şematik gösterimi (Filiz, 2021)

Yardımcı malzemelerle biçimlendirme yöntemlerinden bir diğeri kuma döküm yöntemidir. Bu yöntemde; fırın içerisine inşa edilen kum kalıpların içerisinde önceden oluşturulan boşluklara eriyik haldeki cam dökülmesidir. Bu işlemde cam fırını şekillendirme prosesinin bir parçası olarak kullanılabilceği gibi dökümün fırın ortamı dışında yapıldığı uygulamalar da mevcuttur.

1.6.2.2. Sıcak cam şekillendirme yöntemleri

Sıcak cam şekillendirme yöntemleri camın eriyik haliyle şekillendirildiği tüm teknikleri kapsamaktadır. Sıcak cam şekillendirme yöntemlerinde cam eriyik hale getirilir ve sonrasında çeşitli aletler yardımıyla şekillendirilir. Bu yöntemde şekillendirmenin başladığı ve sonlandığı çalışma aralığı boyunca camın sıcak tutulması sonrasında ise kademeli ve kontrollü biçimde soğutulması esastır.

Sıcak cam şekillendirmede kullanılan tüm ana ve ara teknikler döküm, üfleme ve serbest şekillendirme yöntemlerinin gelişmesiyle ve çeşitlenmesiyle ortaya çıkmıştır. En genel haliyle sıcak cam şekillendirme yöntemi döküm, üfleme ve serbest şekillendirme yöntemi olarak sınıflandırılmıştır.

1.6.2.2.1. Döküm yöntemi

Ön ısıtmaları yapılmış çeşitli çelik aletlerle camın ergitme tankından alınarak ısıl şok dayanımı yüksek kalıplar içerisine dökülmesini esas alan şekillendirme yöntemidir. Endüstriyel cam üretiminde kalıp malzemesi olarak metal kalıplar kullanılırken, sanatsal üretim yapan atölyelerde tercihen daha ucuz ve tek kullanımlık alçı-kuvars karışımı kalıplar ve kum kalıplar kullanılmaktadır.

1.6.2.2.2. Üfleme Yöntemi

MÖ. 1. yy.'da orta doğuda bulunan bu teknik, içi boş, uzun, demir bir borunun kullanımını içermektedir. Üfleme borusu olarak bilinen bu boru sıcak cam tankına daldırılarak, çubuğa düzgün biçimde tutunması sağlanır. Pipo ucundaki cam üfleme sıcaklığına getirildiğinde, içerisine kontrollü bir biçimde hava üflenerek şişmesi sağlanır. Bu işlem istenilen camın büyüklüğüne göre birkaç kez tekrarlanır. Sonrasında çeşitli aletler yardımıyla serbest şekillendirme yapılabileceği gibi, ısıl dayanımı yüksek metal, alçı-kuvars kalıplar içerisinde de şekillendirilebilir.

Endüstride üfleme, manuel bir işlem yerine; yüksek düzey otomasyon sistemleriyle gerçekleştirilir. Geniş ağızlı ve dar ağızlı kapların üretiminde üfle ve üfle veya bas ve üfle yöntemi kullanılmaktadır. Geniş ağızlı kaplarda bölünmüş kalıplar içerisinde bas ve üfle (press and blow) yöntemi kullanırken, dar ağızlı kapların üretiminde üfle ve üfle (blow and blow) yöntemi kullanılmaktadır (Groover, 2010, s.261).

1.6.2.2.3. Serbest sıcak cam şekillendirme yöntemi

Sıcak cam üfleme yönteminden farklı olarak daha kütleli camların, küçük cam objelerin üretilmesinde kullanılan bir yöntemdir. Sıcak camın iç boşluğuna gerek duyulmadığı objelerde, sıcak camın pipo aracılığıyla tanktan alınarak, aletler yardımıyla şekillendirilmesi süreçlerini kapsamaktadır. Bu yöntemde sıcak cam çekilerek, uzatılarak yeni biçimler verilirken, punti yardımıyla farklı cam parçalarıyla kaynak yapılabilir veya makas yardımıyla istenmeyen parçalar yüzeyden eksiltilebilir. Cam sarma, cam çubuk çekme ve ezme bu yöntemle yapılan uygulamalardır.

Endüstri devrimi sonrasında stüdyo camcılığının gelişmesiyle sıcak cam uygulamaları, plakayla yuvarlak şekillendirme (roll-up), parçalı gövde ekleme (incalmo) ve katmanlı sıcak cam giydirme (overlay) gibi ara uygulamaların gelişmesine kaynak oluşturmuştur.

1.6.2.3. Açık alevde biçimlendirme yöntemleri

Açık alevde şekillendirme; yakıt olarak oksijen ve propan gazlarının kullanıldığı cam için özel olarak tasarlanmış şalümo adı verilen araçlar yardımıyla, cam çubuk veya tüplerin ergitilerek çeşitli aletler yardımıyla şekillendirildiği yöntemlerin genel adıdır. Bu yöntemde, çubukla biçimlendirme, boncuk yapımı, iç kalıpla biçimlendirme ve cam boru üfleme gibi uygulamalar bulunmaktadır.

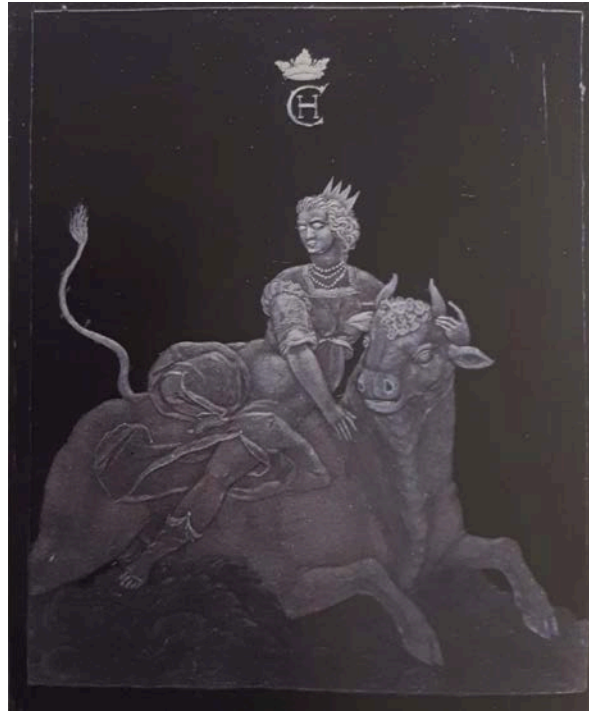
1.6.2.4. Soğuk cam biçimlendirme yöntemleri

Soğuk cam şekillendirme yöntemi en genel tanımıyla; cam bir kütle veya yüzey üzerine, camın estetik değerini artırmak, ona farklı yüzey etkileri kazandırmak amacıyla, cam için özel olarak tasarlanmış çeşitli donanımlar veya araçlarla kazıma, oyma, parlatma ve aşındırma süreçlerini kapsayan tüm uygulamalardır. Soğuk cam

şekillendirme yöntemleri; kazıma, kesme, laminasyon ve vitray olarak sınıflandırılabilir.

1.6.2.4.1. *Kazıma yöntemi*

Temelde cam yüzeyinin aşındırılması yoluyla, yüzeyde bir çeşit gravür oluşturmayı hedefleyen uygulamalar bütünüdür. Bakır çark, taş çark ve elmas freze yüzeyi keserek camı oymak için kullanılan yöntemlerdir. Bu yöntemlerle cam yüzeyinde resim, desen, çizgi, alçak rölyef oluşturmak mümkündür. Günümüzde kazıma işlemi küçük kazıma aletleri, asit, kuşlama ve lazer gibi yöntemler kullanılarak da yapılmaktadır. Camın çok katmanlılığa olanak sağlayan yapısı, kazıma dekorlarıyla ilişkili olarak birçok ara tekniğin ortaya çıkmasına kaynak oluşturmuştur. Bu ara teknikler cameo, hochschnitt, stippling, lettering ve intaglio olarak sıralanabilir. Görsel 1.12'de Casper Lehmann tarafından 1606 - 1608 yılları arasında kazıma yöntemiyle oluşturulan cam panel görülmektedir. 23 cm uzunluğunda olan bu ince panel üzerinde; klasik mitolojide boğa kılığına giren Zeus'un, güzel bir ölümlü olan Europa'yı kaçırma hikayesi betimlenmiştir (Whitehouse, 2012, s.74) .



Görsel 1.12. Casper Lehmann tarafından kazıma yöntemiyle oluşturulmuş cam panel, 23cm, 1606 -1608, İngiliz müzesi özel koleksiyonu (Whitehouse, 2012)

1.6.2.4.2. *Kesme yöntemi*

Camın kesilmesi bir ön hazırlık eylemi olabildiği gibi şekillendirme sürecinde kullanılan bir ana yöntem de olabilir. Camın hangi donanımsal araçlarla kesileceği veya şekillendirileceği, cam kütlenin kalınlığıyla ve türüyle doğrudan ilişkili olup, kesme eyleminde elmas, testere veya su jeti kullanılabilir. Cam elması daha çok düz pencere camının doğrusal veya eğrisel kesilmesini, testereleler daha kalın kütlelerin doğrusal biçimde kesilmesini sağlarken, su jetleri elle kesilemeyecek kadar kompleks camların şekillendirilmesinde bir ana yöntem olarak kullanılmaktadır.

1.6.2.4.3. *Laminasyon*

Laminasyon iki farklı cam yüzeyin yapışkan folyo, UV yapıştırıcı veya epoksi gibi çeşitli malzemeler yardımıyla birleştirilmesi işlemi olarak tanımlanabilir. Sanatsal cam üretiminde sıklıkla kullanılan bu yöntemde, camın saydam yapısı ve yüksek kırılma indisi gibi sahip olduğu bir takım özellikler, artistik yüzey etkilerine ve görsel yanılsamalara olanak sağlamaktadır. Alman sanatçı Wilfried Grootens, küp biçimindeki heykellerinde; katmanlı bir biçimde boyadığı camları, lamine ederek bir araya getirmekte, sonrasında ise parlatma işlemleriyle kusursuz bir bütün olarak görünmesini sağlamaktadır. Camın yansıma ve ışığı kırma özellikleri sayesinde küpün ortasında ve köşelerinde yüzen yeşil obje yanılsamaları yaratılmıştır (Görsel 1.13.).



Görsel 1.13. Wilfried Grootens “Köpek Balığı Baloncuklarının Patladığı Yer”, 2012; 24 x 20 x 20 cm
optik düz cam - boyalı, lamine, cilalı¹⁰

¹⁰ <https://contempglass.org/artists/entry/wilfried-grootens> (Erişim Tarihi: 02.05.2021)

1.6.2.4.4. *Vitray*

Resimsel bir anlatının veya desenin tasarıya uygun biçimde kesilen camlar kullanılarak, farklı birleştirme teknikleriyle bir araya getirilmesi olarak tanımlanabilir. 13. yüzyılda gotik kiliselerde dinsel bir öge olarak kullanımıyla yaygınlaşan bu teknik, 20. yüzyılda daha modern bir çizgiye kavuşmuştur.

1.6.2.5. *Diğer şekillendirme yöntemleri*

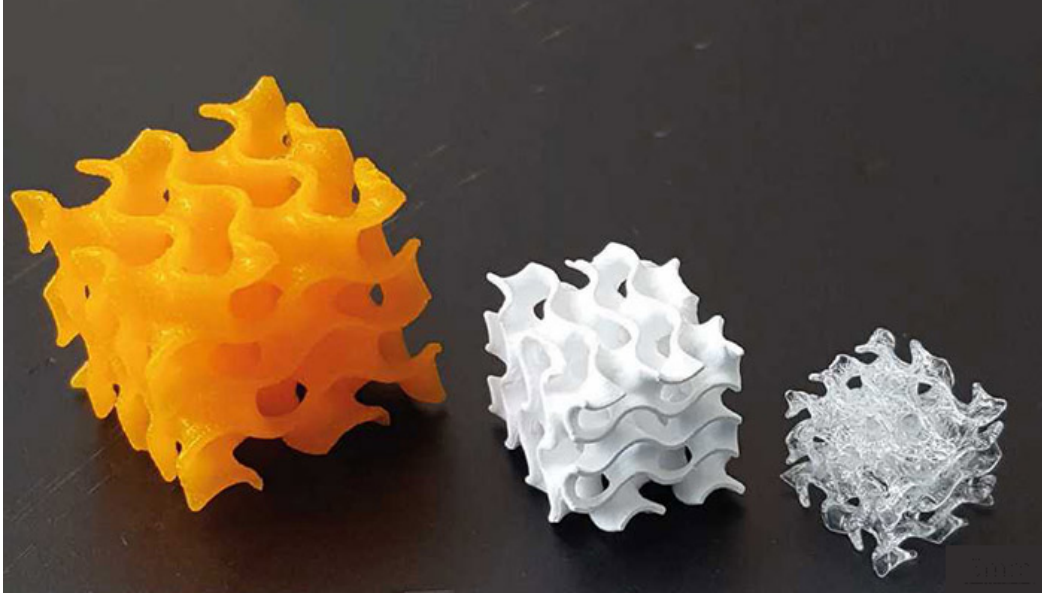
CAD/CAM teriminin tasarımda ve üretimde belirli işlevleri yerine getirmek için dijital araçların kullanımına ilişkin bir teknoloji olduğundan daha önceki bölümlerde bahsedilmiştir. Bu teknoloji diğer malzemelerde olduğu gibi cam için de bir tasarımın oluşturulmasında, analizinde, optimizasyonunda veya özel tasarım işlevlerinin yerine getirilmesinde kullanılmaktadır.

Bilgisayar destekli tasarım cam üretim süreçlerinde genellikle tasarım ve prototipleme süreçlerinde kullanılır. Özellikle cam endüstrisinde bilgisayar destekli tasarım, üretimde karşılaşılabilecek olası problemlerin giderilmesi açısından oldukça önemlidir. Bilgisayar destekli üretim ise eksiltmeli ve eklemeli üretim olarak ikiye ayrılmaktadır. Eksiltmeli üretimde CNC makinaları, freze, torna, su jeti, lazer ve plazma kesim gibi yöntemler kullanılırken, eklemeli üretimde “üç boyutlu yazıcı” olarak adlandırılan araçlar kullanılmaktadır.

Katmanlı üretim yöntemiyle cam üretilirken iki farklı yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden birincisinde erimiş cam üst üste basılarak nesnelere üretilirken diğerinde silika bazlı bir nanokompozit oda sıcaklığında basılarak sonrasında sinterlenmektedir. Bu tekniklerin her ikisinde de birtakım sınırlılıklar mevcuttur. Birinci yöntemde cam eriyiği için yüksek sıcaklıklar gerektiğinden ona uygun ekipmanlara ihtiyaç duyulmaktadır. İkinci yöntemde ise çok büyük objelerin elde edilmesi oldukça zordur. ETS Zürih'teki araştırmacılar, cam öncüllerinin bağlı olduğu plastik ve organik moleküller içeren özel silika bazlı bir nanokompozit geliştirmişlerdir. Stereolitografi¹¹ esaslı bu yöntemde model hazırlandıktan sonra önce 600°C sıcaklıkta polimer çerçeve yakılır seramik yapıyı cama dönüştürmek için 1000°C sıcaklığa ısıtılarak pencere

¹¹ Stereolitografi (SLA) teknolojisi reçineyi lazer veya projeksiyon ışığı ile sertleştirerek çalışan bir 3 boyutlu yazıcı teknolojisidir. Işık, fotopolimerizasyon denilen bir işlemle bir sıvı reçinenin derişimini artırır ve üretilecek parçayı kat kat olacak şekilde oluşturur.

camına yakın bir sertlikte cam obje elde edilir. Buradaki en büyük sınırlılık, objenin ilk durumuna göre oldukça küçülmesidir (http-2) (Görsel 1.14.).



Görsel 1.14. ETS Zürih tarafından geliştirilen nanokompozit oluşum aşamaları; solda objenin basıldıktan sonra ki ilk hali, ortada 600°C sıcaklıkta, sağda ise 1000°C sıcaklıkta fırınlanmış cam obje ¹²

Tüm bu yöntemlerin yanı sıra düz plaka haddeleme, yüzdürme yöntemi ve danner yöntemi düz cam üretiminde kullanılan yöntemlerdendir (Groover, 2010, s.274).

Cam şekillendirmede kullanılan yöntemler cam teknolojisinde gerçekleşen gelişmeler doğrultusunda ve sanatçıların özel tasarım gerekliliklerini karşılamak için gelişmekte ve evrilmektedir. Bu gelişmelerin dışında malzeme teknolojilerini geliştirmeye yönelik yapılan arge çalışmaları sonucunda farklı cam kompozitlerinin ortaya çıktığı ve bu kompozitleri şekillendirmek için yeni yöntemlerin geliştirildiği anlaşılmaktadır.

1.6.3. Camın renklendirilmesi ve dekor olanakları

Sır, emaye ve dökme camlar aynı şekilde renklendirilmektedir. En basit renklendirici maddeler; geçiş elementleri (Fe^2 , Fe^3 , Co^2 , Cu^2 , Mn^2 , Mn^3 , V^3 , V^4 vb.) ya da nadir toprak elementleri (Pr^3) gibi, görünür aralıkta elektronik geçişler sergileyen iyonlardır. İçerdiği iyon miktarına bağlı olarak, ağırlıkça %0,1 - 1 aralığındaki içerikler

¹² <https://www.3dnatives.com/en/new-glass-3d-printing-technique-eth-zurich-271120195/#!> (Erişim Tarihi: 12.05.2021)

verimli renklendirme için yeterlidir. Elektronik enerji seviyeleri iyonun yapısal ortamına bağlı olduğundan, gerçek renk tonu cam matrisinin kimyasal birleşimine göre değişmektedir (Richet, P., 2021, s.1318).

Renkli cam üretiminde renk oluşumunu etkileyen çok sayıda faktör vardır. Bu faktörler; ana cam kompozisyonu, ergitme sıcaklığı ve süresi, ergitme koşulları-fırındaki oksidasyon seviyesi ve sıcaklık profilidir¹³ (Kaner, 2008, s.14).

Camın ilk üretildiği tarihten günümüze kadar camın renklendirilmesi ve dekor olanakları ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Ağatekin (2014), Endüstri Devrimi'nden günümüze kadar kullanılan cam dekor yöntemlerini şu şekilde sınıflandırmıştır;

- a) Fırında biçimlendirmede karşılaşılan dekor yöntemleri
 - Ekleme uygulamaları
 - El boyama vitray
 - Renkli çubuklarla yapılan dekorlar
- b) Sıcak camda karşılaşılan dekor yöntemleri
 - Katmanlı dekor uygulaması (Cameo)
 - Çatlatma (jivre)
 - Dekorlu fiska (Graal)
 - Renkli çubuklarla yapılan dekorlar
 - Dekorlu kalıp uygulamaları
- c) Açık alevde karşılaşılan dekor yöntemleri
 - Cam çubuk uygulamaları (Cane Drawing)
 - Tarama (Raking)
 - Altın, emay ve lüster dekorları
 - Dekorlu kalıp
- d) Soğuk cam biçimlendirmede karşılaşılan dekor yöntemleri
 - Kazıma (Engraving)
 - Kesme (Cutting)

¹³ Bazı renk mekanizmaları için en önemli faktör ergitme sıcaklığıdır. Bazı renkler afinasyon sıcaklığı ve soğutma profilindeki değişimlerden etkilenmezken, bazıları için özellikle soğutma profili ve süresi büyük önem taşır. Soğutma profili ve süresine bağlı olarak üretimde bazen hiç renk almazken bu parametrelerdeki herhangi bir değişim cam renginde oldukça önemli değişimlere sebep olabilmektedir (Kaner, 2008, s.14).

- Elektrolizle kaplama (Elektroplanting)
- Kumlama
- Aynalama (Silvering)

2. BETON, PORSELEN ve CAMIN SANATSAL VE ENDÜSTRİYEL ÜRÜN TASARIMINDA KULLANIMI

2.1. Ürün ve Tasarım Kavramları

“Ürün” kelimesi günümüzde üretimin söz konusu olduğu her alanda psikolojik, fonksiyonel veya sosyal fayda içeren somut veya soyut kavramları açıklamakta kullanılan bir sözcüktür. Pride ve Ferrel’e (2010) göre; ürün bir kavram felsefe ve fikir olabileceği gibi, insanlara sunulan bir hizmet veya ticari bir mal olabilir (Pride ve Ferrel, 2010, s.282).

TDK’nın (http-3) tanımına göre ürün; “doğadan elde edilen, üretilen yararlı şey, mahsul” veya “türlü endüstri alanlarında ham maddelerin işlenmesiyle elde edilen şey” olarak tanımlanırken, Oxford sözlükte ise (http-4); “satılmak için yetiştirilen, üretilen veya yaratılan şey” olarak tanımlanmıştır.

“Tasarım” kelimesi ise Oxford sözlüğe göre ilk kez 1558 yılında kullanılmış olup “olması gereken bir şey için bir kişi tarafından tasarlanan bir plan veya şema”, “bir sanat eserinin ilk grafik taslağı” olarak tanımlanmıştır (Bürdek, E.B. 2005, s.13-14). Stamm’e göre tasarım; bir bilgi veya fikrin soyut (hizmet) ya da somut (ürün) bir sonuca dönüştüğü bilinçli karar verme sürecidir (Stamm. B.V. 2003, s.12).

Bir başka tanımda Bayazıt; “insan gücüyle ya da mekanik bir çabayla ya da doğal bir süreç sonucu üretilen nesnelere ürün, bir nesnenin biçimini ve işlevini yaratma eylemini ise tasarım” olarak tanımlamaktadır (Bayazıt, 2008, s.173-175).

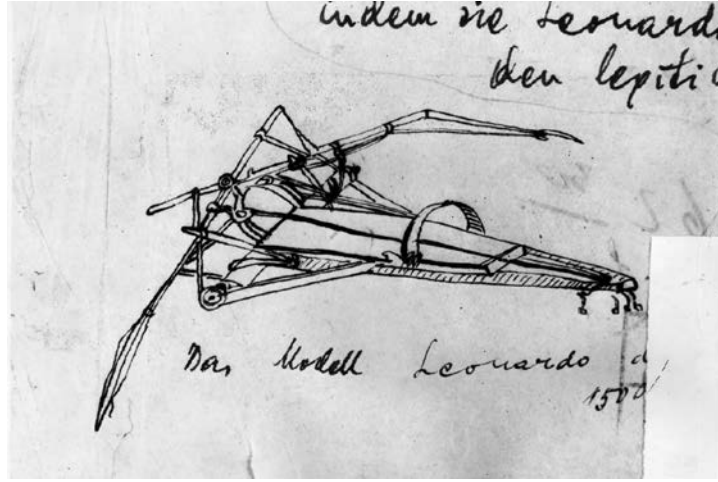
Tasarım bağlamında ele alındığında ürün; insanların fiziksel, bilişsel veya duygusal ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik, ekonomide bir varlık değeri yaratan ve farklı hizmetler yoluyla tüketiciye sunulan bir fikir veya sürecin sonucu olarak düşünülebilir.

2.2. Ürün Tasarımının Tarihi

İnsanlık tarihsel süreçte ihtiyaç duyduğu tüm nesnelere ya kendisi üretmiş ya da bu nesnelere onlar için üretecek birilerini bulmuştur. Her ne kadar geçmişte marangozluk, halıcılık, demir ustalığı gibi zanaat alanlarında aynı ürünün birden fazla üretilmesiyle ilgili uzmanlaşmış olursa da, bu uzmanlık daha çok bireysel yetenekleri kapsamakta ve tasarım eylemi var etme eylemi olarak görülmekteydi.

Bürdek’in belirttiği gibi (2005); tarihsel perspektifte Leonardo da Vinci’nin ilk tasarımcı olarak kabul görmektedir. Bunun asıl nedeni Leonardo’nun anatomi, mekanik,

optik üzerine yaptığı bilimsel çalışmaların yanı sıra makine mühendisliği alanında yaptığı öncü çalışmalardır (Görsel 2.1.) Bu aynı zamanda tasarımcı kavramının mucitlikle eş değer görülmesine de kaynak oluşturmuştur (Bürdek, E.B. 2005, s.13-14).



Görsel 2.1. Leonardo da Vinci'nin insan gücüyle uçuş için tasarladığı hava aracı eskizi ¹⁴

Tasarım eyleminin yapma eyleminden ayrışması ve aynı malların seri üretimine ilişkin yaşanan en radikal kayma 18. ve 19. yüzyılların Endüstriyel Devrimi üretim yeteneklerinin hızlı bir şekilde geliştirilmesiyle olmuştur. Üretim yeteneklerindeki bu hızın çıktıkları, dönemin önde gelen düşünürleri ve sanatçıları tarafından yeniden sorgulanmış ve sonuç olarak “sanatsal tasarım” ve “mühendislik tasarımı” kavramları ortaya çıkmıştır.

Endüstri devrimi sonrasında 1850'den postmodernizmin temellerinin atıldığı 1950'lere kadar ürün tasarımlarını etkileyen birçok akım, hareket, ekol ya da atölyeler olmuştur. Belli dönemlerde belli coğrafyalarda etkinliğini sürdüren bu oluşumlar dönemin ürün tasarım trendlerinde belirleyici olmuştur. Ürün tasarım üslupları konusunda oldukça etkili olan Art and Craft, Art Nouveau, Art Deco, Modernizm, Futurizm, Bauhaus en bilindik oluşumlardır.

Endüstri Devimi sonrası tasarımcının işlevi, iyi tasarımın olması gerekenleri ve tasarım - sanat etkileşimine ilişkin birçok farklı görüş ortaya çıkmıştır. Günümüzde ise değişen tüketici ihtiyaçları doğrultusunda ürün tasarımı sadece çizip tasarlamak veya

¹⁴ <https://www.gq-magazine.co.uk/article/leonardo-da-vinci-10-inventions-most-extraordinary>

bir mühendislik eylemi ortaya koymanın ötesinde çok boyutlu bir düşünce sistemi gerektiren kompleks bir yapı haline gelmiştir.

2.3. Ürün Tasarımının Sınıflandırılması

“Ürün” ile ilgili yapılan tüm tanımlamalarda yaratılan ortak zemin, üretilen şeyin herhangi bir alanda ekonomik bir değer yaratmasıdır. Bu bağlamda değerlendirildiğinde tüm üretim ve tüketim mekanizmalarının sanat eylemi için de geçerli olduğu söylenebilir. Özdem’in de belirttiği gibi; sanat ürünü estetik tüketim nesnesi olmasının yanı sıra ekonomik ve toplumsal dönüşümlere koşturucu olarak yeni işlevler edinmiş, bir yatırım varlığı gibi işlem görmeye başlamış, büyük şirketler ve refah düzeyi yüksek bireyler için statü sahibi olmanın bir göstergesi haline gelmiştir (Özdem, Z,2020, s.6).

2017 yılında Leonardo da Vinci’nin “Salvator Mundi” isimli eseri 450 milyon dolara satılmıştır (Görsel 2.2.). Sanat ürünlerinin yarattığı piyasa göz önüne alındığında daha yüksek maddi varlıkların işlem gördüğü başka bir ürün piyasası olmadığı söylenebilir. Sanat ürününün piyasada gördüğü bu maddi değer onun tasarımcısının özgün yeteneklerini yansıtmaktan ve eşsiz oluşundan kaynaklanmaktadır. Bu bağlamda değerlendirildiğinde “salt sanat ürünü tasarımı” gerek piyasa varlık değeriyle gerekse biricik ve eşsiz oluşuyla ürün tasarımı sınıflandırması içerisinde ki en üst basamağı oluşturmaktadır.



Görsel 2.2. Leonardo da Vinci’nin 2017 yılında 450 milyon dolara satıldığı “Salvator Mundi” isimli eseri ¹⁵

¹⁵ <https://www.artfulliving.com.tr/sanat/erkek-mona-lisa-olarak-taninan-salvator-mundinin-hikyesi-i-13792> (Erişim tarihi: 21.04.2022)

Endüstriyel ürün tasarımı ve mimarlık gibi alanların salt sanat ürünü tasarımına göre konumunu belirlemek ve anlamak daha çok bu alanların ortaya koyduğu ürünlerin yöntemsel farklılıklarını anlamakla ilişkilidir. Günümüzde mimarlık ve endüstriyel tasarım gibi alanların sanat alanı içerisindeki konumuna ilişkin sayısız araştırma süregelmektedir. Bu araştırmalar ağırlıklı olarak mekan, biçim ve fonksiyon bağlamında olup; mekan biçim ilişkisi çerçevesinde değerlendirildiğinde sanat alanı içerisinde, fonksiyon bağlamında ise mühendislik ürünü olarak kabul görmektedir. Hasol, mimarının sanat ve bilimle ilişkisini şu şekilde açıklamaktadır;

“(...)mimarlık, barınaktan kentsel boyuta kadar yerleşmelerin fiziksel ortamını düzenleyen yapı ve mekân tasarımı etkinliğidir; bilim, sanat, teknik ve insan yaşamıyla ilişkilidir. Kısacası, mimarlık toplum yapısına, toplumun gereksinmelerine, ekonomik verilere, teknolojik gelişmelere bağlıdır. İnsanların yaşamını kolaylaştırmak, barınma, dinlenme, çalışma, eğlenme gibi eylemlerini sürdürebilmelerini sağlamak üzere gerekli mekânları, işlevsel gereksinmeleri ekonomik ve teknik olanaklarla bağdaştırarak estetik yaratıcılıkla tasarlama ve inşa etme sanatıdır”(Hasol, D., 2011, s.48).

Endüstriyel ürün tasarımı geçmişte her ne kadar ürünün dış görünümünü tasarlamakla ilgili bir kavram olsa da, günümüzde, tüketici ihtiyaçlarını en iyi şekilde karşılamayı amaçlayan, içerisinde ergonomi, kullanıcı ara yüzleri, estetik, mekanik ve yazılım gibi birçok unsuru barındıran kompleks bir yapı haline gelmiştir. Meroni'nin de belirttiği gibi; endüstriyel tasarım alanı endüstrinin doğasındaki dönüşümler nedeniyle yönetim, mühendislik ve pazarlama ile giderek daha fazla iç içe geçerek genişlemiştir (Meroni, 2008, s.28-31). Her iki alanda da tasarlanan ürün, estetik değerlerin yanı sıra, kullanıcının beklentilerini karşılamayı amaçlayan birçok detayın teknik performansını içermektedir. Tüm bu veriler göz önüne alındığında bu alanlarda ortaya koyulan ürünlerin “bilimsel tabanlı sanatsal ürün tasarımı” olarak değerlendirilebileceği anlaşılmaktadır.

Endüstri ve sanat eylemlerinde kullanılacak tüm malzemelerin geliştirilmesi ve kendi içerisinde gerçekleşen dönüşümler nihai ürünün özelliklerini belirlemede en önemli parametrelerden biridir. Bu nedenle ürünü oluşturan hammadde ve ürün arasındaki ilişkiyi tanımlamak gerekmektedir. Bayazıt'a göre ürün ve hammadde arasında bazı noktalarda tanımlaması zor kompleks bir ilişki vardır. Beyazıt bu ilişkiyi şöyle açıklamaktadır;

“Ürün değişime uğramış bir başka hammaddedir. Ancak ürünün ve hammaddenin de farklı dereceleri vardır ve bu kavramlar o kadar açık değildir. Bir konuda ürün sayılan bir şey başka bir konuda hammadde olabilir. Örneğin, demir mineral olarak doğadan alınır,

işlenir ham demir halinde kütükler oluşturulur. Buradan eritilerek ve işlemlerden geçirilerek dökme demir üretilir. Dökme demir bir üründür. Dökme demir işlenerek ve su verilerek çelik haline getirilir. Çelik işlenerek otomobil parçası yapılır. Parçalar birleştirilerek otomobil üretilir. Burada görüldüğü gibi ham madde ve ürün arasında bir belirsizlik vardır. Kimyasal bir ürünün başka bir ürün için hammadde oluşturması en fazla karşılaşılan durumdur” (Bayazıt, 2011, s.14-15).

Bayazıt’ın belirttiği gibi hammadde ve ürün arasında sınırları belli olmayan dönüşümler söz konusu olup, bir ürün farklı sektörlerde kullanılacak başka bir ürünün hammaddesi olabilmektedir. Endüstri ve sanat eylemlerinde kullanılacak her türlü hammadde ve ürünün geliştirilmesi fizik, kimya, biyoloji, elektrik, elektronik, fen bilimlerini kapsayan mühendislik eylemidir. Bu bağlamda değerlendirildiğinde; bu alanlarda kullanılacak her türlü ürünün / hammaddenin üretimi ve optimizasyonu ile ilgili tüm mühendislik eylemleri “bilimsel ürün tasarımı” olarak değerlendirilebilir. Buna göre ürün tasarımını;

- a) Salt sanatsal ürün tasarımı
- b) Bilimsel tabanlı sanatsal ürün tasarımı
- c) Salt bilimsel ürün tasarımı olarak sınıflandırmak mümkündür.

Araştırmanın bu bölümü beton, cam ve porselen malzemelerinin ürün tasarımında sanatsal ve endüstriyel alanda inovatif kullanımına ilişkin örneklerle değerlendirilecek olup, bu malzemelerin salt bilimsel tabanlı üretimleri uygulanmış örnekler üzerinden açıklanacaktır.

2.4. Betonun Ürün Tasarımında Kullanımı

Beton, yapı eyleminde en çok kullanılan malzemelerden biridir ve ağırlıklı olarak mimari ile ilişkilendirilir. Beton yapı eylemlerinde en yaygın haliyle, karkas taşıyıcı sistemin bir bileşeni olarak kullanılmaktadır. Bu kullanım betonun fiziksel veya yüzeysel özelliklerini en az yansıtan kullanımlardan biri olmakla birlikte, değişen yapı pratikleri ve malzeme teknolojileri betonun ürün profiline genişlemesine kaynak oluşturmuştur. Günümüzde beton; mimari, iç mimari, kamusal alan düzenlemeleri, mobilya tasarımı, özel amaçlı yapı eylemleri, yüzey kaplamaları, küçük evsel objeler ve sanatsal ürün tasarımına kadar birçok alanda kullanılmaktadır.

2.4.1. Betonun endüstriyel ürün tasarımında kullanımı

Beton, günümüzde kullanılacak alandan istenilen performansa göre farklı içeriklerde üretilmektedir. Portland çimentosu matris fazı ve/veya agrega fazı değişime uğratarak elde edilen beton türlerinin üretilmesinde temel amaç optimizasyon ve/veya betona yeni bazı özelliklerin kazandırılmasıdır.

Mimaride karkas taşıyıcı sistem olarak kullanılan beton, özellikle 20. yüzyıl başlarında değişen yapı pratikleri ve yeni estetik değerlerin ortaya çıkmasıyla birlikte, yüzeylerin ve heykelsi formların öne çıktığı mimari yapılarda kullanılmaya başlanmıştır. 1990 yıllarından itibaren bu örnekler artmaya başlamış, beton daha görünür hale gelmiştir. Santiago Calatrava'nın Kanarya Adaları, Tenerife şehrinde yapılmış olan opera binası betonun bu anlamda kullanımının güncel örneklerinden biridir (Görsel 2.3.) (Karagüler, E., 2013, s.72-75).



Görsel 2.3. Santiago Calatrava'nın Kanarya Adaları, Tenerife'deki opera binası
(Karagüler, 2013)

1981'de ICI Mond Division tarafından "kusursuz beton" adı verilen yüksek dayanımlı bir malzeme geliştirildi. Çimento, mikrosilika, polimerler ve az miktarda su içeriği kullanarak hazırlanan bu malzemede, hidratlı çimentonun yapısındaki makro kusurlar giderilerek, basınç dayanımının yükseltilmesi sağlanmıştır. UHPFRC (ultra-high performance fibre reinforced concrete) olarak adlandırılan bu betonların geliştirilmesi yapılarda ince cephe kaplamalarının, merdivenlerin ve bahçe mobilyalarının üretilmesine ve betonun ürün çeşitliliğinin artmasına kaynak oluşturmuştur (True, G., 2012, 285-286). 2020 yılında Çin'de bulunan Wenzhou Ou

gölü restorandı için tasarlanan beton cephe kaplaması, UHPFRC tipi betonların en güncel kullanım örneklerinden biridir (http-5) (Görsel 2.4.).



Görsel 2.4. Wenzhou Ou gölü restorandı UHPFRC beton cephe uygulaması, Çin, 2020¹⁶

UHPFRC tipi beton içerikleri, günümüzde farklı birçok firma tarafından geliştirilmeye devam etmekte olup Fransa'nın önde gelen çimento fabrikası Lafarge, Ductal ile birlikte kendi formülasyonları olan çimento, silis dumanı, mineral nanolifler, metalik veya polivinil asetat lifler, süper akışkanlaştırıcılar, su ve kum kullanarak makro hatasız bir beton içeriği geliştirmiştir. 2005 yılında New York'taki Uluslararası Çağdaş Mobilya Fuarı Lafarge'ın formüle ettiği UHPFRC'den yapılmış yeni ultra ince ve hafif sandalye serisini sergiledi (Görsel 2.5). Mimar Omer Arbel tarafından tasarlanan ve 5 mm et kalınlığına sahip bu sandalye tasarımı betonun o güne kadar ürün tasarımında kullanılmış en ince ve hafif uygulamalardan biri olma özelliği taşımaktadır.

¹⁶ https://www.archdaily.com/945168/wenzhou-ou-river-cystal-boxes-restaurant-antistatics-architecture?ad_medium=gallery (Erişim tarihi: 21.04.2022)



Görsel 2.5. Ductal 8.0 sandalye (Shannon Loewen)

Macar mimar Áron Losonczı 2 μm 'dan 2 mm'ye kadar değişen çaplarda cam elyafları kullanarak ışık geçirgenliği olan bir beton tasarımı geliştirdi (Görsel 2.6). LiTraCon adı verilen bu formölasyon, yarı saydam duvar panellerinden, aydınlatma sistemlerine kadar birçok ürün grubu için farklı tasarım önerilerinin geliştirilmesine kaynak olmuştur.



Görsel 2.6. LiTraCon panel uygulaması ¹⁷

¹⁷ <http://www.litracon.hu/en/products/litracon-blokk> (Erişim Tarihi: 22.05.2022)

Italcementi tarafından diğer beton ürünlerde görülmeyen şekilde rengini koruyan, titanyum dioksit içerikli beyaz bir çimento geliştirildi. Organik hava kirleticilerini fotokataliz yoluyla karbondioksitle oksitleyen bu teknoloji sayesinde kirleticiler betona yapışmadığından, ürün yüzeyi üretildiği günkü koşullarını korumaktadır. Roma'daki Misericordia Kilisesi cepheleri bu teknolojiyle üretilen precast yapı parçalarıyla oluşturulmuştur (Görsel 2.7).



Görsel 2.7 Misericordia Kilisesi, Roma ¹⁸

Michigan Üniversitesi'ndeki bilim adamları, yeni bir tür elyaf takviyeli "bükülebilir" beton geliştirdiler (Görsel 2.8.). Profesör Victor Li öncülüğünde geliştirilen bu beton Konvansiyonel betona kıyasla çatlama karşı 500 kat daha dayanıklı ve %40 daha hafiftir. Karışım hacminin yaklaşık yüzde 2'sini oluşturan elyaf lifler, ürün performansından kısmen sorumludur. Louisiana Eyalet Üniversitesi'nde inşaat yönetimi araştırma görevlisi olan Gabriel Arce bükülebilir betonların gelişmesine katkı sağlayan diğer bir araştırmacıdır. Mississippi Nehri'nden gelen ince taneli kum ve yerel olarak toplanan uçucu kül içeren malzemeleri kullanarak geliştirdiği ürünle bir öncekine oranla maliyeti düşürmeyi başarmış ve ürün ilk kez bir kaldırım onarımında kullanılarak uygulanabilir hale gelmiştir. Malzemenin maliyet ve endüstri üretimi

¹⁸ <https://archello.com/story/60775/attachments/photosvideos/1?fullscreen=1> (Erişim Tarihi: 21.04.2022)

optimize edildiğinde daha dayanıklı, daha güvenli ve sürdürülebilir yapı eylemleri için uygulanabilir hale geleceği öngörülmektedir (http-6).



Görsel 2.8 NTU'da geliştirilen konvansiyonel beton ve bükülebilir beton¹⁹

Beton ve çimentoda gerçekleşen inovasyon ve optimizasyonlar endüstri ekseninde ürün çeşitliliğinin artmasına kaynak oluşturmaktadır. Betonun endüstriyel alanda uygulanabilirliği, geliştirilen içeriklerin ürüne kazandırdığı özelliklerle de doğrudan ilişkilidir. Örneğin su geçirimsiz bir beton formüle edildiğinde, su ile temasın yoğun olduğu banyo, mutfak gibi alanların ürün gruplarında betonun kullanımının yaygınlaştığı görülmektedir (Görsel 2.9.)



Görsel 2.9 Kast firması tarafından üretilen beton lavabo²⁰

¹⁹ <https://phys.org/news/2016-08-bendable-concrete-stronger-durable.html> (Erişim Tarihi: 22.02.2022)

²⁰ <https://kastconcretebasins.com/products/p/aura> (Erişim Tarihi: 12.03.2022)

Betonun çevresel etkilere, kimyasal aşınmalara, basınca karşı göstermiş olduğu direnç ve en önemlisi içeriğindeki bileşenlerin değişimiyle tasarlanabilir bir malzeme oluşu betona yapı eyleminin dışında yeni kullanım alanları açmıştır. Bu alanların genişlemesine olanak sağlayan bir diğer faktör ise cam, porselen, ahşap, reçine gibi malzemelerle bir arada kullanımına olanak sağlayan yapışkan yapısıdır. Malzemenin bu özelliği son yıllarda ürün tasarımcılarının da odağı haline gelmiştir. 2021 Milano tasarım haftasında Draga & Aurel “Golia” adını verdikleri masa koleksiyonunu tanıttılar. Koleksiyonda yer alan parçalar, reçine ve beton gibi görünüşte birçok zıtlığı barındıran iki malzemenin bir arada kullanımının en güncel örneklerindedir (Görsel 2.10.).



Görsel 2.10. Draga & Aurel tarafından tasarlanmış beton-reçine masa²¹

2.4.2. Betonun sanatsal ürün tasarımında kullanımı

Beton, başlangıçtaki yarı akışkan yapısıyla ve nihai üründe sağladığı yüksek mukavemetle sanatsal pratikler için de kullanımı giderek yaygınlaşan bir malzemedir. Neredeyse tüm plastik sanat pratiklerinde şekillendirmede kullanılan döküm yöntemi, betonun şekillendirilmesinde de en yaygın kullanılan yöntemdir. Kalıp olarak kullanılacak malzemelerin sınırsızlığı ise malzemenin kullanımını daha da cazip hale getirmektedir. Ahşap, strafor, tekstil ürünü, silikon, plastik, kağıt vb. birçok malzeme betonun şekillendirilmesinde araç olarak kullanılabilir. Yapılan

²¹ <https://draga-aurel.com/collections/transparency-matter/golia-coffee-table-concrete> (Erişim Tarihi: 21.04.2022)

araştırmada kimi zaman bu araçların doğrudan sanatçının ifade biçimine dönüştüğü de görülmektedir. Heykeltıraş Marie Lund'un tekstil ürünlerini sanatsal üretimlerinde kullanım biçimi buna örnek olarak gösterilebilir. Sanatçının 2015-2016 yılları arasında yaptığı “Torso” serisinde; tekstil ürünlerinin üzerine beton bloklar dökerek tekstilin yumuşaklığını yok ettiği ve onları betonlaştırdığı görülür. Artık işlevsizleşen bu nesnelere, önceki benliklerinin fosilleşmiş versiyonları haline gelirler (Görsel 2.11).



Görsel 2.11. Marie Lund, Torso serisi, 2015-2016, 90 x 120 cm²²

Alümina katkılı betonların yüksek ısı karşısında gösterdiği direnç, malzemenin tavlama fırınları, atık yakım tesisleri, küçük endüstriyel fırınlar ve dökümhane potaları gibi ısı işlem gerektiren alanlarda kullanımını yaygınlaştırmıştır. Alümina içerikli betonların sağladığı ısı direncin yanı sıra, şekillendirmeye olanak sağlayan yapısı Çek asıllı cam sanatçısı Luba Bakičová'nın eser üretiminin odak noktası olmuştur. Çek asıllı sanatçı önceden şekillendirdiği beton bloklar içerisine yerleştirdiği kristal camları, ısı yöntemlerle kontrollü bir biçimde eriterek formun sağlamlığını, erimiş camın akıcı

²² <https://www.artsy.net/artwork/marie-lund-torso> (Erişim Tarihi: 22.05.2022)

özelliğiyle birleştirir, camı kendi içinde yeniden yaratır. Sanatçının 2017 yılında yapmış olduğu “yes name” isimli çalışma sertlik, kırılganlık, şeffaflık gibi karakteristik özellikleriyle hem teknolojik hem de görsel bir deneydir (Görsel 2.12).



Görsel 2.12. Luba Bakičová, “Yes name”, 2017, 24 x 60 x 23 cm²³

Betonun cam, porselen, metal, ahşap vb. malzemelerle olan yüzey ilişkisi betonun sanatsal uygulamalarda kullanımını tetikleyen en önemli faktördür. Beton, kalıp içerisinde farklı malzemelerle bir bütün oluşturabilen en önemlisi de tutunduğu yüzeylerde üstün direnç gösteren bir malzemedir. İngiliz asıllı sanatçı Harry Morgan, sıcak cam fırınından elde ettiği çubukları, daha önceden hazırladığı kalıplar içerisinde sıralı bir biçimde yerleştirdikten sonra kalıbın boş olan kısmına döküm yöntemiyle beton harcını doldurarak iki malzemenin tek bir forma dönüşmesini sağlamaktadır (Görsel 2.13.).

²³ <https://www.galeriemonicaruppert.de/artists/lubabakicova> (Erişim tarihi: 24.04.2020)



Görsel 2.13. Harry Morgan, 2019, isimsiz, 48 x 30 x 12 cm²⁴

Morgan'ın çalışmalarında; cam, yarı transparan yapısıyla belirsizliği ve soyut olanı yansıtırken beton anlamsal boyutlarıyla mutlaklığı ve kesin sınırları yansıtmaktadır. Her iki malzemenin de güçlü sosyal ve kültürel çağrışımları Morgan'ın çalışmalarında kimlik kazanmaktadır.

2.5. Porselenin Ürün Tasarımında Kullanımı

Seramik ürün grupları içerisinde gözeneksiz silikat seramik sınıflandırması içerisinde yer alan porselen, yumuşak ve sert porselen olarak ikiye ayrılır. Yumuşak porselen grubu ağırlıklı olarak sanatsal üretimlerde kullanılırken, sert porselen mutfak ve sofraya eşyalarında, vitrifiye ve mimaride kullanılmaktadır. Bu gruplar dışında mühendislik uğraşı olarak porselen ürünlerle ilgili birçok araştırma yapılmaktadır fakat bu ürün grupları salt mühendislik uğraşı olduğundan araştırmada sadece ürüne dönüştürülen yapılar ele alınacaktır.

2.5.1. Porselenin endüstriyel ürün tasarımında kullanımı

Porselen ürünler, son derece geniş bir yapı ve peyzaj proje yelpazesi için tasarlanmakta ve üretilmektedir. Her uygulamanın, farklı bünye, pişirim ve sır kombinasyonlarını gerektiren değişenleri ve sınırlılıkları bulunmaktadır. İç mekanlarda en yaygın kullanılan porselen ürün gruplarından biri karodur. Porselen karolar

²⁴ <https://modernshapes.com/artiste/16-harry-morgan> (Erişim Tarihi: 22.05.2022)

genellikle kare veya dikdörtgen biçiminde olup, kuru pres yöntemiyle üretilir. Bu uygulamaların yanı sıra ıslak pres veya ekstrüzyon yöntemiyle üretilen üç boyutlu uygulamalar da mevcuttur. Tipik kuru preslenmiş karolar 3 - 11 mm, ekstrüde ürünler ise 10 - 22 mm arasında değişen kalınlıklarda üretilebilir. İç mekan karolarında su emme, aşınma direnci yer karolarında kayma direnci önemli fonksiyonel özellikler arasındadır. Laboratuvar ve mutfak ortamındaki uygulamalarda ise kimyasal direnç önemli bir parametredir (Bechthold, M. .vd., 2015, s. 42 - 45).

Porselen karo, hem üretim hem de uygulama prosesinde birçok standardizasyon gerektirmektedir. Bazı modern mimari uygulamalarda ise bu standartların kırılmaya uğradığı görülmektedir. Pulsate'in Londra'daki Başkent Tasarım Stüdyosu (CDS) için tasarladığı iç mekan projesi bu kırılmanın net bir biçimde ortaya koyulduğu uygulamalardan biridir. Pulsate, porselen karoların yalnızca zemin ve duvar kaplamaları olarak kullanımı ile ilgili geleneksel yaklaşımlara meydan okuyarak, zemin tavan ve mobilyaları tek bir yüzeyde birleştirmiş, geometrik döşemenin hem karmaşık hem de uygulanabilir olabileceğini göstermiştir. Projede kullanılan karolar 100 x 600 x 5 mm olup, kuru presleme yöntemiyle üretilmiş, yüzeyde elde edilmek istenen optik etki için ise dört standart renkten oluşan bir palet kullanılmıştır (Görsel 2.14).



Görsel 2.14 Başkent Tasarım Stüdyosu (CDS), 2013, Londra²⁵

²⁵ <https://www.archdaily.com/346080/pulsate-capitol-designer-studio> (Erişim Tarihi: 22.05.2022)

Porselen karolar, birçok farklı yüzey ve biçimde üretilebilir. Bünye üzerine uygulanacak sır ile, bünye özelliklerine ek yeni yüzey özellikleri kazandırmak da mümkündür. Son yıllarda porselene özgü yarı saydamlık özelliği de endüstriyel ekseninde ürün tasarımcılarının erişimindedir. İspanyol karo firması Inalco, SlimmKer-Light teknolojisi ile yeni nesil hammaddeler kullanılarak geliştirilen özel bileşimi sayesinde, porselen karonun tüm direncini yenilikçi bir yarı saydam kaliteyle birleştirmiştir. Poise adı verilen bu ürün serisi, yapay ışık kaynaklarıyla kullanıldığında ışığın iletilmesine izin veren bir yüzey özelliği göstermektedir (Görsel 2.15).



Görsel 2.15. Inalco, SlimmKer-Light, Poise serisi²⁶

1960'larda bilim insanları, Titanyum dioksitin fotokatalitik özelliğini keşfettiler. 1990'larda ise dünyanın en büyük vitrifiye ürünleri üreticisi olan Japon şirketi TOTO LTD.'nin laboratuvarları, TiO₂ kaplamasını süper hidrofilik bir yüzey ile birleştirerek BIONICTILE adı verilen bir yüzey geliştirdiler. Süper hidrofilik yüzeylere çarptığında su, bir temas açısı oluşturmaz, böylece daha çok alana yayılarak teması maksimuma çıkarır. Bu yüzey kaplama işlemi cam ve seramik yüzeylere uygulanırken, kalite açısından herhangi bir kayıp gerçekleşmez. BIONICTILE, insan sağlığı için olumsuz olan ve asit yağmurlarının gerçekleşmesinden sorumlu nitrojen oksitle reaksiyona

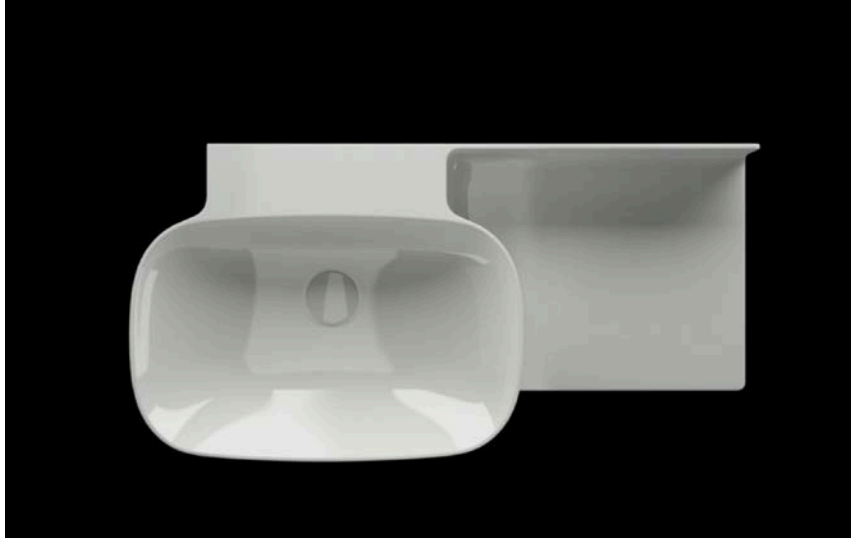
²⁶ <https://www.inalco.es/en/> (Erişim Tarihi: 24.03.2022)

girerek onu nitratlara dönüştürür. Geleneksel karolarla kıyaslandığında Fotokatalitik karolar, fotokimyasal ozon oluşumu potansiyelini %19 oranında azalttığından, daha sürdürülebilir bir yapı eylemi için oldukça önemlidir (Bechthold, M. .vd., 2015, s. 201).

Porselen, lavabo, tuvalet, klozet ve benzeri vitrifiye ürünlerin üretiminde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Kullanılan porselen çamur bünyeleri güçlü, sır sistemleri ise çizilmeye dayanıklı ve su geçirimsiz özelliktedir. Bu ürünlerde son yıllarda bakteri ve küf oluşumunu yavaşlatma eğiliminde antimikrobiyal sırlar da kullanılmaya başlamıştır. Üretimdeki otomasyon yaklaşımlarına rağmen, vitrifiye ürünler, alçı veya polimer kalıplarda döküm yöntemiyle seri olarak üretilmektedir.

Porselenin döküm yöntemiyle üretimi tasarımcılar açısından da birçok sınırlılığı beraberinde getirmektedir. Döküm yöntemiyle üretimde, geniş düz alanların üretilmesi daha zorken, köşelerin 7 - 8 mm yarıçapında kavise sahip olması gerekmektedir. 2015’de Laufen firması porselen vitrifiye ve sofrta eşyaları için iki önemli inovasyon gerçekleştirdi. Firma yüksek basınç altında porselen döküm çamurunu, plastik kalıplara enjekte ederek bir saat süren kalıptan çıkarma süresini on dakikaya indirerek üretim hızını önemli düzeyde artırmıştır (http-7) (Görsel 2.16.).





Görsel 2.16. Laufen firması tarafından basınçlı enjeksiyon yöntemiyle üretilen lavabo, 2015²⁷

Firma aynı zamanda normal porselen mukavemetini iki ila üç kat aşan ve ortalama 120 MPa eğilme mukavemetine sahip SaphirKeramik adını verdikleri bir malzeme geliştirdi. Bu malzeme ile köşelerde olması gereken 7 - 8 mm'lik eğim 1 - 2 mm'ye indirilmiş, dolayısıyla daha keskin köşeli ve ince ürünler üretmek mümkün hale gelmiştir (Görsel 2.17.). Ayrıca firma bu yeni inovatif uygulamalar sayesinde o güne değin üretilmiş en uzun lavabo olan 120 cm'lik bir lavaboyu SaphirKeramik koleksiyonunda alıcıların beğenisine sunmuştur.



Görsel 2.17. Solda SaphirKeramik koleksiyonundan bir lavabo kesiti, sağda ise geleneksel lavabo kesiti, 2015²⁸

²⁷ <https://www.designboom.com/design/saphirkeramik-wall-mounted-washbasin-toan-nguyen-laufen-06-01-2014/> (Erişim tarihi: 24.03.2022)

²⁸ <https://impressoes.net/SaphirKeramik> (Erişim tarihi: 24.03.2022)

Porselenin yaygın olarak kullanıldığı bir diğer ürün grubu da yemek takımı, çay/kahve takımları, sunum kapları ve pişirim kaplarını kapsayan mutfak/sofra eşyaları grubudur. 1950'lerde ortaya çıkan izostatik presleme malzeme endüstrisi için devrim niteliğindedir. Bu yöntemde alçı kalıpların yerine reçine kalıplar kullanılmaktadır. Pres kullanıldığında, ürünlerin şekillendirildikten sonra kurutulması gerekmediğinden yüksek ölçekte alan kaplayan kurutuculara ihtiyaç duyulmamaktadır. Kurutma ihtiyacının ortadan kaldırılmasından elde edilen enerji tasarrufu ve kalıp üretmek için gerekli insan gücünün ortadan kaldırılması izostatik presleme yönteminin avantajlarından. Presleme, silindirler kullanılarak yapılması mümkün olmayan ürünlerin üretilmesini de sağlar. Bunlara kare, üçgen, oval ve eksen simetrisi olmayan diğer şekiller dahildir. Porselen mutfak ve sofraya eşyaları üretiminde ikincil gelişme ise basınçlı dökümdür. Reçine kalıpların kullanıldığı bu yöntemde mevcut ekipman, kalıbın 30-40 bar basınçta beslenmesine izin verir. Basınçlı döküm işlemi, şekillendirme için gereken süreyi kısaltmak gibi büyük bir avantaja sahiptir. Bu yöntem kurutucuyu minimum sürede geçebilen son derece sağlam, bitmiş ürünlerin elde edilmesini sağlar. Geleneksel yöntemlerle kıyaslandığında bir ürün için gerekli üretim süresini büyük ölçüde azaltır. Örneğin, alçı kalıpta bir yemek tabağı bir buçuk saatte üretilirken, basınçlı dökümle dört dakikada üretilmektedir. Porselen endüstrisinde gerçekleşen gelişmeler, porselen mutfak ve sofraya ürün gruplarının kullanımını yaygın hale getirirken, geleneksel üretim yöntemlerinde sıklıkla karşılaşılan deformasyon vb. sorunlar da bu yöntemlerle birlikte optimize edilmiştir.

2.5.2. Porselenin sanatsal ürün tasarımında kullanımı

Porselenin çağdaş sanat alanında kullanımı oldukça yaygın olmakla birlikte, kullanım biçimleri, porselen bileşimleri ve diğer teknik olanaklar sanatçılar ekseninde gelişmektedir. Jeremy R. Brooks örülebilir seramikler üretmek için kendi porselen formülünü geliştiren sanatçılardan biridir. Sanatçı porselenin plastisitesini en üst düzeye çıkartmak için beş yıl süren uzun araştırmalar yapmış ve bu araştırmalar sonucunda porseleni örgü örülebilir uzun bobinler haline getirmek için optimize etmiştir (Görsel 2.18).



Görsel 2.18. Jeremy R. Brooks tarafından oluşturulmuş porselen bobinler, 2015 (Brooks, 2021)

Jeremy R. Brooks porselen bazlı elastik kil yapmak için kaolin (kil), feldspat (akı), frit (cam) ve metal oksit renklendiriciler ile birlikte kil gövdesinde elastikiyet yaratan bir dolgu maddesi kullanmaktadır. Geliştirdiği yöntemde porselen çamuru, fitil yöntemiyle veya extureder²⁹ da ip haline getirilir. Bu aşamada greenware bobinler kauçuk kıvamında olup diğer ham ürünler gibi kırılğan değildir. Bobinler 12 uçlu daire bir dokuma tezgahı ve/veya tığ kullanılarak örülür, ardından çanak formuna getirilir (Görsel 2.19).



Görsel 2.19 Jeremy R. Brooks tarafından örgü yöntemiyle şekillendirilmiş çanak, 2018 (Brooks, 2021)

²⁹ Ekstrüzyon, sabit bir kesit profilinin nesnelere oluşturmak için kullanılan bir işlemdir. Plastik, kauçuk veya seramik mazlemeler bu yöntemde istenilen kesitin biçimine uygun bir kalıptan itilerek o kesitin biçimini alır. Ekstrüzyon işleminin yapıldığı cihaza ise extruder denilmektedir.

Günümüzde çamur bünye içerisine eklenen çeşitli katkı maddeleriyle yeni form ve doku olanaklarının araştırıldığı birçok deneysel çalışma yapılmaktadır. Kathleen Standen, “Additional Clay Body” isimli çalışmasında; taş, cam gibi sert malzemelerden yanıcı malzemelere, fibere ve metal tellere kadar sanatçılar tarafından kil bünyeye eklenen malzemelerin kullanım olanaklarını sanatçılar ekseninde incelemektedir. Araştırmada yer alan sanatçılardan biri olan Standen, porselen ürünlerinde temel hammaddelerle birlikte oksitler, pamuk linteri, perlit, çeşitli tohumlar, cam ve şamot ilaveleri kullanmaktadır. Tüm hammaddelerin karıştırılmasıyla elde edilen bünye şekillendirilerek fırındığında, pamuk linteri türevi yanıcı maddeler yanarak boşluklara, cam gibi ergime derecesi düşük olanlar sırsı yüzeylere ve oksitler renklere dönüşerek form yüzeyinde oldukça zengin doku ve renk etkileri yaratmıştır (Görsel 2.20).



Görsel 2.20 Kathleen Standen, mavi kaya havuzları, porselen bünye, organik katkılar, oksit ve sır katkısı ile yapılmış form, 15 x 16 cm ve 10 x 11 cm (Standen, 2013)

Farklı malzemelerle yeni yapısal çözümler arayışlarında sonuç alan bir diğer sanatçı Jongjin Park'tır. Park, Cardiff Üniversitesinde çalıştığı dönemde, kağıt havluları renklendirilmiş porselen döküm çamuruna batırarak yığma kütleler oluşturmuş ve 1280°C sıcaklıkta pişirmiştir. Her bir form için yüzlerce kağıt havlu kullanan sanatçının eserleri incelendiğinde; alışılmadık parlak, pürüzsüz porselen yüzeylerin aksine, dokulu süngerimsi, katmanlı yapılar ve kullanılan pastel renkler dikkat çekmektedir (Morris, T., 2018, s. 78-84) (Görsel 2.21).



Görsel 2.21. Jongjin Park, Stratum koleksiyonu, 2019³⁰

Sanatsal çalışmalarında porseleni deneysel biçimde kullanan diğer bir sanatçı Michal Fargo'dur. İsrail asıllı sanatçı, oyarak veya keserek şekillendirdiği sünger bloklara porselen çamuru dökerek veya çamura süngeri daldırarak porselen eserler üretmektedir. Geleneksel döküm yöntemindeki alçının yerine sünger bloklar kullanan sanatçı, bu yöntemle gözenekli, köpük dokusuna sahip porselen ürünler elde etmektedir¹⁸ (Görsel 2.22).



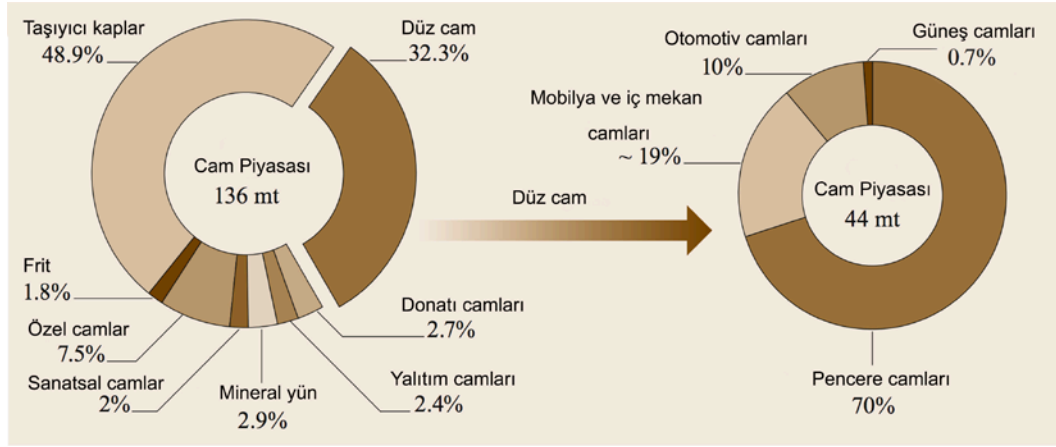
Görsel 2.22. Michal Fargo, "Naturelike" koleksiyonu. 2014³¹

³⁰ <https://www.jongjinpark.com/artistic-stratum-patch-2017?pgid=kaf4oi7d-77e2046a-59ac-4882-a70f-2a7e66550087> (Erişim tarihi: 22.05.2020)

³¹ <https://www.dezeen.com/2014/02/18/else-vases-by-michal-fargo-moulded-from-torn-foam-blocks/> (Erişim tarihi: 22.05.2020)

2.6. Camın Ürün Tasarımında Kullanımı

Günümüzde cam, cam panellerden (ekranlar, pencereler), kaplar (şişeler, kavanozlar) veya sofraya takımlarına kadar çok sayıda görünür ürünle ve nispeten daha az görünür donatı ve yalıtım için kullanılan fiberglas gibi ürünlerle günlük yaşam pratiklerinin vazgeçilmez bir parçasıdır. (Musgraves, D.J., vd., 2019, s.1194). Görsel 2.1.'de 2007 yılına ait verilere göre cam piyasasındaki ürün gruplarının dağılımları belirtilmiştir. Buna göre cam endüstrisinin en büyük iki kolu %48,9 ile taşıyıcı kaplar ve %32,3 ile düz cam üretimidir. Sanatsal cam üretimi ise %2'lik bir dilimi oluşturmaktadır.



Şekil 2.1. 2007, cam piyasası ürün grubu dağılımları (Musgraves, 2019)

Şekil 2.1.'de görüldüğü gibi toplam cam üretiminin %32,3'ünü oluşturan düz cam üretiminin; %70'ini mimari camlar, %19'unu mobilya ve iç mekan camları, %10'unu otomotiv camları, %0,7'sini ise güneş camları oluşturmaktadır. Tüm bu ürün grupları için belirli gereksinimleri karşılamak için uyarlanmış farklı cam kompozisyonlarına ve üretim biçimlerine gereksinim duyulmaktadır.

2.6.1. Camın endüstriyel ürün tasarımında kullanımı

Endüstriyel cam üretiminin oldukça önemli bir bölümünü yapısal cam olarak adlandırılan inşaattaki cam uygulamaları oluşturmaktadır. Bu uygulamalar; cam zeminler, merdivenler, korkuluklar, cephe kanatları, cam kirişler, cam duvarları kapsamaktadır. Tüm bu uygulamalarda float cam olarak adlandırılan düz cam levhalar kullanılmaktadır. Uzun süredir cam levhanın standart maksimum boyutu 6,00 x 3,21m

olmuştur. Genişlik yüzer hat boyunun genişliğiyle, uzunluk ise elleçleme ve nakliye kısıtlamaları ile sınırlandırılmıştır. Bu durum 21.yüzyılın ilk on yılı içerisinde, 18 m uzunluğa kadar düz camın kullanıma sunulmasıyla değişmiştir. Cam ebatlarındaki değişiklik otoklavlar ve ön gerilim fırın boyutlarının da güncellenmesine kaynak oluşturmuştur. Tüm bu inovasyonlar 6m ve üzeri cam işleyebilen üretici sayısını ve bu tür camların uygulandığı proje sayısını önemli ölçüde artırmıştır (Richet, P., 2021, s.1071 - 1085).

Bu tür camlarda en büyük sorunlardan biri güvenlik sorunudur. Bu sorunların giderilmesi için laminasyon, termal ön gerilme ve kimyasal ön gerilme en yaygın kullanılan yöntemlerdir. Laminasyon, iki veya daha fazla cam tabakasının polimer ara katmanlar aracılığıyla birbirine bağlanmasıdır. Termal ön gerilme, cam levhayı 720°C sıcaklığa kadar eşit şekilde ısıtmayı ve sonrasında üzerine soğuk hava uygulayarak hızlıca soğutmayı içerir. Kimyasal ön gerilme ise yüzey iyonlarının iyon değişimine dayanır. Bu yöntemde bir cam levha yüksek sıcaklıkta bir potasyum tuzu çözeltisine daldırılır ve cam yüzeydeki Na⁺ iyonlarının daha büyük K⁺ iyonları ile değiştirilmesi sağlanır (Richet, P., 2021, s.1071 - 1085).

20.yy.'ın sonundan bu yana mimarideki gelişmeler, ortogonal³² olmayan şekillerin popülaritesini büyük ölçüde artırmıştır. Bina cephelerinde eğimli cam bileşenlerin kullanılmaya başlamasıyla birlikte sıcak eğme (hot bending) ve soğuk eğme (cold bending³³) gibi cam şekillendirme yöntemleri de ortaya çıkmıştır. Frank Gehry, tarafından tasarlanan Louis Vuitton Vakfı Binası, tamamı soğuk eğme yöntemiyle oluşturulmuş cam bir yapıdır. 13.300 metrekareden fazla cam çatı alanının, her biri farklı bükülme yarıçapına ve ana dikey eksenlerden -90 ila 90° arasında farklı bükülme yönelimine sahip 3.600 benzersiz cam panelden oluşmuştur (http-8). (Görsel 2.23).

³² Dikey

³³ Bir cam panelin ortam sıcaklığında elastik olarak bükülmesini ve ardından panelin, çevresi boyunca, kavisli şekilde kalması için sabitlenmesini içerir. Soğuk bükme yönteminin sıcak bükme tekniklerine kıyasla çeşitli avantajları vardır. Soğuk bükme, kalıplama için yüksek maliyet gerektirmez işlem oda sıcaklığında gerçekleştiğinden enerji maliyeti daha düşüktür (Musgraves, D.J., vd., 2019, s.1793)



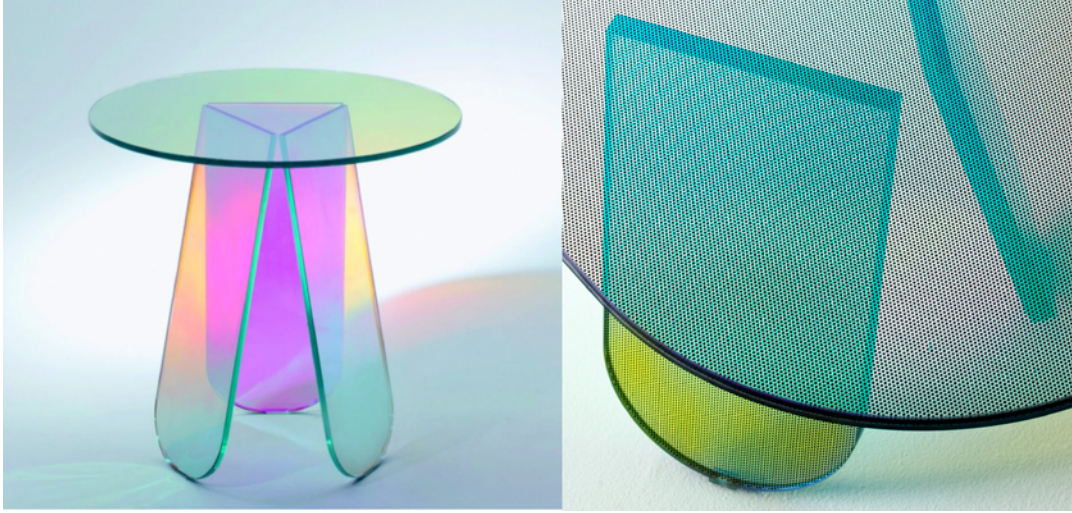
Görsel 2.23 Louis Vuitton vakfı binası, Paris, Fransa, 2012³⁴

İç mekan tasarımlarında cam, banyo ürün gruplarından, merdivenlere, mobilyalara, yapay aydınlatmalara, pencere ve panellere kadar uzanan geniş bir skalada kullanılmaktadır. Pencereelerde ısı transferini azaltan yalıtımlı camlar, cam merdiven, çatı, korkuluk gibi alanlarda “shatterproof glass” olarak adlandırılan kırılmaz camlar, yüksek güvenli binalarda, işletmelerin duvarlarında lamine camlar, geniş pencereler, gökdelenler, duş kapılarında ve mobilyalarda temperli camlar yaygın biçimde kullanılmaktadır. Bu camların yanı sıra düz cam üzerine uygulanan çeşitli film kaplamaları sayesinde, cama iklim kontrolü, ısı ve ışık kontrolü ve güvenlik gibi farklı özellikler kazandırılmaktadır. Günümüzde cam yüzeyinde görsel ve estetik niteliği artırmaya yönelik film kaplama uygulamalarıyla da sıklıkla karşılaşılmaktadır .

İtalya'nın başlıca cam mobilya üreticilerinden olan Glas Italia firması, tasarımcı Patricia Urquiola ile birlikte 2015 yılında “shimmer” isimli bir koleksiyon çıkartmıştır. Koleksiyonda yer alan yuvarlak köşelere sahip masa ve raf sistemleri, dichroic³⁵ cam film kaplamalarına sahip, lamine edilmiş düz camlardan oluşmaktadır. Yüzeyde yer alan film tabakası sayesinde yarı saydam ürün yüzeyleri her açıda değişen yansımalar ve kırılan ışık spektrumu sağlamaktadır (http-.9)(Görsel 2.24).

³⁴ <https://loupiosity.com/2018/07/fondation-louis-vuitton-paris/> (Erişim Tarihi: 29.04.2022)

³⁵ Isınımla rengi atmış cam, iki renkli cam (Erişim Tarihi: 29.04.2022)



Görsel 2.24. Patricia Urquiola tarafından tasarlanan “shimmer” koleksiyonundan bir masa, 2015³⁶

Cam piyasasının neredeyse yarısını oluşturan bir diğer ürün grubu taşıyıcı kaplar ve sofraya eşyalarıdır. Bu ürün grubunun kapsamı oldukça geniş olmakla birlikte, sofraya ve mutfakta kullanılan bardak, kadeh, kavanoz, tabak, ısıya dayanıklı fırın kapları, saklama kapları, cam şişeler, sürahiler, vazolar vb. ürünler bu grupta yer alan ürün çeşitlerindedir. Tüm bu ürünlerin yanı sıra camın, ampuller, şişeler, şırıngalar ve kartuşları kapsayan farmasötik alanda da kullanımı yaygındır.

Taşıyıcı kaplar ve sofraya eşyaları, özel olarak tasarlanmış kalıplarda otomatik presleme ve üfleme yöntemiyle üretilmektedir. Ürünün biçimine göre sadece üfleme, üfleme ve presleme, ya da sadece presleme yöntemi kullanılmaktadır. Üfleme yöntemi en eski yöntem olarak günümüzde büyük ve ağır kapların imalatında hala yaygın olarak kullanılmaktadır (Görsel 2.25).

³⁶ <https://www.designboom.com/design/patricia-urquiola-shimmer-glas-italia-milan-design-week-04-20-2015/> (Erişim Tarihi: 29.04.2022)



Görsel 2.25. Arkada üfleme kalıbı kapanmadan hemen öncesi, önde ise üflemeden çıkmış ürünler ³⁷

Cam sofa takımları steril özellikte olması ve yiyecek asitleriyle reaksiyona girmemesinden dolayı piyasada yüksek oranda talep görmektedir. Eğlence, iş, sağlık turizmi gibi endüstrilerindeki büyüme bu talebi önemli ölçüde artırmaktadır. Bunlara ek olarak son yıllarda tasarımda sürdürülebilirlik, geri dönüşüm ve ileri dönüşüm gibi kavramlar da tüketici beklentileri üzerinde önemli rol oynamaktadır. Tüketiciler olumsuz çevresel etkileri azaltmak için geri dönüştürülebilir ürünleri tercih etmektedir.

Endüstriyel cam pazarının nispeten daha küçük bir kısmını cam lifleri ve cam yünleri oluşturmaktadır. 19. yüzyılın sonunda, E.D. Libbey, cam çubukları bir brülörle yumuşatarak ve sararak ilk cam lifini üretmiştir. 1938'de, Owens-Corning-Fiber Glass şirketi, üzerinde 12:5mm çapında delikler bulunan bir cihazla, erimiş camdan cam elyafı üretmeye başlamıştır. Potadaki hidrostatik basınç sayesinde filamentler bu cihaz deliklerinden ekstrüde edilir ve birbiri üzerine sarılır. Bu fiberlere duyulan ilk ihtiyaç, baskılı devreler ve daha genel olarak elektrik kullanımları içindi (Musgraves, D.J., vd., 2019, s.45). Günümüzde ise cam lifleri ulaşım, inşaat, otomotiv ve havacılık sektöründe yaygın biçimde kullanılmaktadır.

³⁷ <https://www.vetropack.com/en/glass/glass-production/> (Erişim Tarihi: 29.04.2022)

Tüm bu cam çeşitlerinin yanı sıra güçlü teknolojik özellikleri ve yüksek katma değere sahip içerikleriyle “special glass” adı verilen özel cam türleri bulunmaktadır. Bunlar; cam seramikler, kalkojenit camlar, ekstra ince camlar (lcd paneller, telefon ekranları), optik camlar, florür camlar, borosilikat tüpler ve ısıya dayanıklı camlardır. Bunların dışında yalıtım amaçlı geliştirilen köpük camlar da endüstride ve sanatsal üretimlerde kullanılan cam çeşitlerindedir.

2.6.2. Camın sanatsal ürün tasarımında kullanımı

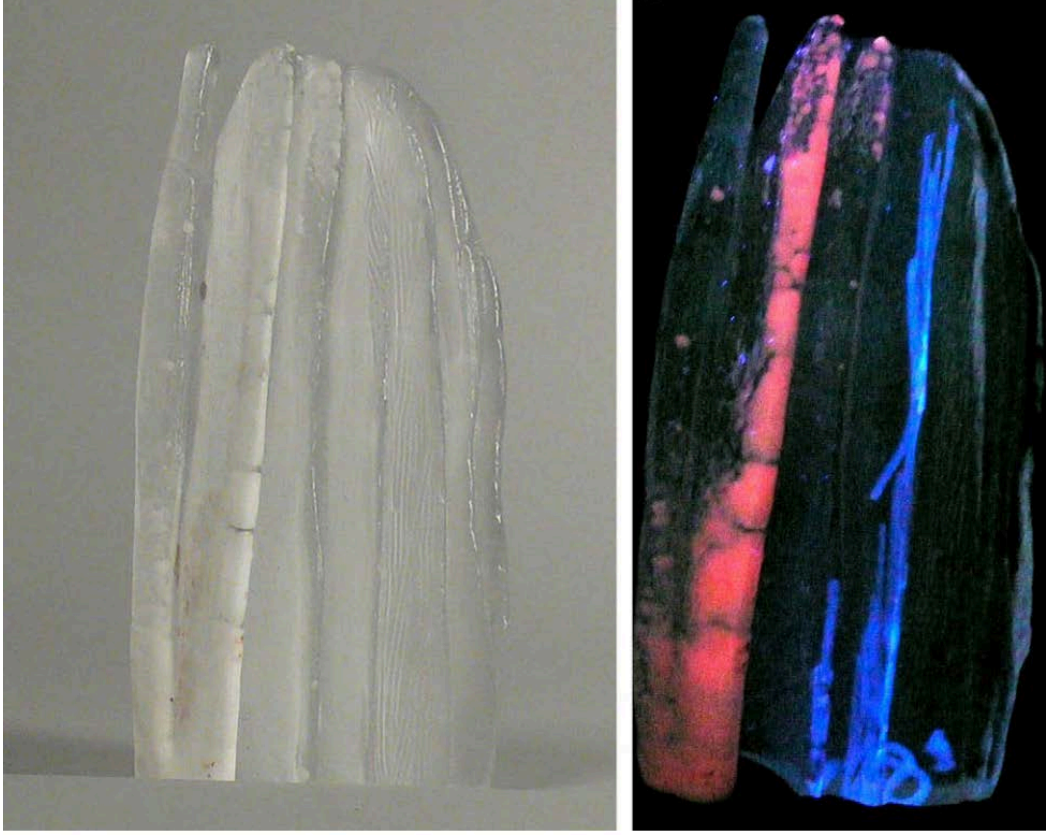
Camın sanat pratiği içerisinde yaratıcı bir araç olarak kullanımı, 20. yüzyılın ikinci yarısında “stüdyo camı hareketi” ile hız kazanmıştır. Günümüzde ise malzemenin kendine özgü fiziksel özellikleri ve bu özelliklerin sanatsal bir araca dönüşmesine katkı sağlayan sanatçılar sayesinde dünya çapında önemli bir sanat ve tasarım kolu haline gelmiştir.

Sanatsal cam pratiğinde en yaygın kullanılan yöntemler; fırında biçimlendirme, sıcak cam, açık alev ve soğuk cam biçimlendirme yöntemleridir. Bunlara ek olarak sanatçılar kendi bireysel yöntem ve tekniklerini de üretim süreçlerine entegre etmektedir. Mustafa Ağatekin, sanat eğitimini seramik alanında tamamlamış sanatçılardan biri olarak, geçmişte seramikle kurduğu yakın ilişkiyi, sonraki dönemlerde cam çalışmalarına entegre etmiştir. Ağatekin’in tekniğinde; alçı plakalar üzerine çeşitli aletlerle kazınarak oluşturulan desenler, sıraltı boya ile renklendirerek alçı üzerinde çok katmanlı renk blokları oluşturulur. Alçı plaka yüzeyinde oluşturulan bu renk bloklarının üzerine, döküm çamuru dökülerek önceden kesilmiş ve istenilen ölçülere getirilmiş cam plaka ile yüzeye basınç uygulanır. Alçının gözenekli yapısı sayesinde döküm çamuru içerisinde bulunan su emilir. Alçının suyu emmeye başlamasından kısa bir süre sonra, döküm çamuru alçı yüzeyinden ayrılarak cam yüzeyine tutunur (Görsel 2.26.). Bu aşamadan sonra cam plaka oda sıcaklığında kurutulur ve ön pişirim yapılarak ana pişirimden kaynaklanabilecek hatalar optimize edilir. Son aşamada ise aynı biçimde kesilmiş ve temizlenmiş cam plaka, ön pişirimi biten plaka üzerine koyularak füzyon tekniğiyle iki katman birleştirilir (Ağatekin, 2009, s.18-20).



Görsel 2.26. Solda döküm sonrası bekleme ve cam plakayı alçı yüzeyden ayırma, sağda ise füzyon işlemi için fırına yerleştirme işlemleri (Ağatekin, 2009).

Camın ışık geçirgenliği, optik ve yansıma özelliği gibi daha birçok özellik yüzey ve mekan bağlamında araştırılmaktadır. Bunlara ek, farklı cam türlerinin sanat alanında kullanım olanaklarına ilişkin araştırmalar da devam etmektedir. Pedro Cabrita Reis, geçmişte dekoratif amaçlarla kullanılan lüminesan camlarını, sanat pratiğine entegre eden sanatçılardan biridir. Lantanit oksitleri, farklı cam türleriyle birlikte kullanan sanatçı, oksitlerin UV ışığı altındaki lüminesan etkisinden yararlanarak cam eserler üretmektedir. Cabrita, nadir toprak grubu elementlerini (terbiyum, tulyum, seryum, disprosyum, samaryum, europyum) ve bu elementlerle hazırlanmış fritleri, farklı cam şekillendirme yöntemleriyle bir arada kullanarak UV ışığı altında kırmızıdan, mavi ve yeşile değişen ışıltılı renklerde cam eserler üretmektedir. Görsel 2.27.'de transparan cam, seryum camı ve europium tozu kullanılarak fırında şekillendirilmiş kütlenin solda gün ışığı altında sağda ise UV ışığı altındaki görüntüsü verilmiştir (Almeida, T., vd., 2008, s.139-142).



Görsel 2.27. Cabrita Reis tarafından transparan cam, seryum camı ve europium tozu kullanılarak oluşturulmuş cam kütle (Almeida, T., vd., 2008).

Camın ergitildiği kalıbın şeklini alabilmesi, sanatçılar için farklı uygulama olanakları sunan ve camı diğer tüm malzemelerden ayıran bir özelliktir. Bu özellik sanatçıların camı istedikleri biçimde şekillendirmesine olanak sağlarken, farklı malzemelerle bir arada kullanılmasının da temelini oluşturmaktadır. Andrea Walsh İngiliz asıllı seramikçi, sırsız kemik porselenle hazırladığı formları, cam kütlelerle bir araya getirerek asambraj düzenlemeler yapmaktadır. Sanatçı eserlerinde, birbiriyle ilişkili iki bileşeni, bir dış kap ve bu kap içerisinde yer alan merkezi bir ögeyi bir araya getirir. Walsh, öğeler arasındaki sınırları belirlemek için malzemelerin fiziksel ve görsel niteliklerini kullanmaktadır (Kelly, J., 2009, 178). Sanatçının “mavi ve yeşil cam” isimli çalışmasında yer alan sırsız porselen koniler ve içerisinde her an akıp gidecekmiş gibi duran fırın camlar sanatçının malzemeler üzerindeki hakimiyetinin temsili niteliğindedir (Görsel 2.28).



Görsel 2.28. Andrea Walsh, “Mavi ve Yeşil Cam”, 2007, kemik porselen koni ve fırın döküm camlar
(J., Kelly, 2009)

Günümüzde, Andrea Walsh gibi pek çok sanatçı, kendi bireysel yöntemlerini geliştirerek üretim süreçlerine entegre etmektedir. Bu üretim biçimlerinin çoğu yeni malzemelerin birbiri içerisinde veya birlikte kullanım olanaklarının araştırılmasını temel alan özgün yaklaşımlardır. Sanatsal çeşitliliğin yaratılmasına ve malzemelerin geliştirilmesine olanak sağlayan bu tür yaklaşımlar, aynı zamanda çağın sanat anlayışını belirleme noktasında da oldukça önemlidir.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR ve UYGULAMALAR

3.1. Deneysel Çalışmaların Kapsamı

Araştırmanın bu bölümünde; çimento, cam ve porselen malzemelerin etkileşimleri değerlendirilmiş olup, malzemelerin bir arada veya birbiri içerisindeki kullanım olanakları araştırılmıştır. Bu bağlamda cam- çimento, porselen - çimento reçete bileşimleri hazırlanarak, oluşturulan bünyelerin endüstriyel ve sanatsal ürüne dönüştürülme potansiyelleri değerlendirilmiştir. Deneysel çalışmaların, her bir kategori için sıcak ve soğuk uygulamaları kapsamı planlanmıştır.

3.2. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Malzemelerin Kimyasal Analizleri

Araştırmada iki farklı çimento içeriği kullanılmıştır. ÇİMSA tarafından TS EN 14647 standardına uygun olarak üretilen bu çimentolardan biri ISIDAÇ 40 adıyla üretilen Kalsiyum alüminat çimentosu, bir diğeri ise süper beyaz çimentodur.

ISIDAÇ 40 asit dayanımı oldukça yüksek bir malzemedir. Düşük pH'larda sağladığı yüksek asit mukavemeti sayesinde zeytinyağı havuzları, tavuk çiftliklerinin yer döşemelerinde uzun süreli dayanım sağlar. Yüksek sülfat direncinden dolayı deniz suyu ve sulama kanalları gibi sülfat etkisine maruz kalan alanlarda tercih edilir. Portland çimentoları 600 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda dağılırken, ISIDAÇ 40 içeriğindeki yüksek alümina içeriği ile 1200°C sıcaklığa kadar dayanım sağlar. ISIDAÇ 40 çimentosunun kimyasal özellikleri Tablo 3.1.'de belirtildiği gibidir;

Tablo 3.1. ISIDAÇ 40 çimentosunun kimyasal analizi (%)

ISIDAÇ 40	ÇİMSA değerleri
SiO ₂	3,60
Al ₂ O ₃	39,80
Fe ₂ O ₃	17,05
CaO	36,20
MgO	0,65
SO ₃	0,04
Kızdırma kaybı	0,30
Na ₂ Eq	0,16
Klorür	0,0090
Sülfür	0,01

ÇİMSA Süper beyaz çimento (CEM I 52.5R); Türkiye’de ilk kez ÇİMSA tarafından üretilen %85 beyazlığa sahip Portland çimentosudur. Süper beyaz çimento renklendirilebilme avantajı sayesinde dekoratif objelerde, terrazzo karo ve ön - dökümlü parçaların imalatında sıklıkla tercih edilen bir üründür. ÇİMSA Süper beyaz çimentonun kimyasal analizi Tablo 3.2.’de verilmiştir.

Tablo 3.2 ÇİMSA süper beyaz portland çimentosunun kimyasal analizi (%)

ÇİMSA süper beyaz	ÇİMSA değerleri
Çözünmeyen kalıntı	0,18
SiO ₂	21,6
Al ₂ O ₃	4,05
Fe ₂ O ₃	0,26
CaO	65,7
MgO	1,30
SO ₃	3,50
Kızdırma kaybı	3,50
Na ₂ O	0,30
K ₂ O	0,35
Klorür	0,01
Serbest CaO	1,60

Araştırma sürecinde porselen ürünlerin yapımında ve çimento - porselen reçete bileşimlerinin hazırlanmasında ECZACIBAŞI Esan tarafından üretilen toz porselen döküm çamuru kullanılmıştır. ESC - SD granül porselenin kuru bağlama dayanımı 20 kg/cm², pişme küçülmesi % 9 (1250 °C sıcaklıkta), pişme rengi ise kremdir. Firma tarafından ESC - SD koduyla üretilen porselen döküm çamurunun kimyasal özellikleri Tablo 3.3.’de belirtildiği gibidir;

Tablo 3.3 ECZACIBAŞI ESÇ - SD granül porselen çamurunun kimyasal analizi (%)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	K.K.
66,7	21,5	0,5	0,6	0,3	0,3	3,6	0,4	6,1

Araştırma sürecinde cam uygulamalarda kalıpla biçimlendirme yöntemi ve çubuk cam kullanılmıştır. Çubuk camın genleşme katsayısı $9,6 \pm 0,4 \cdot 10^{-6} K^{-1} \alpha$, yumuşama

noktası 680 ± 10 °C t_L , deformasyon noktası ise 567 ± 10 °C t_d dir. Rod cam içeriği ile ilgili kimyasal Tablo 3.4.'de belirtildiği gibidir;

Tablo 3.4. Çubuk cam kimyasal analizi (%)

SiO ₂	68
Na ₂ O	11
K ₂ O	6
CaO	6
BaO	4
ZnO	3

3.3. Çimento / Porselen Kompozisyonları ve Uygulamaları

Araştırmada çimento ve porselen reçete çalışmaları ile ilgili iki farklı uygulama stratejisi izlenmiştir. Bunlardan birincisi porselen ve çimentonun birbiri içerisinde kullanım olanaklarını araştırmaya yönelik, malzemelerin uygun sıcaklıklarda pişirilmesini kapsayan ısı uygulamalarıdır. İkincisi ise pişmiş porselen ürünlerin, ÇİMSA Süper beyaz çimento ile hazırlanmış betonlarla yeniden düzenlenmesine ilişkin soğuk uygulamalarıdır.

3.3.1. Çimento ve porselen karışımları ile yapılan ısı uygulamalar

Çimento ve porselen ile gerçekleştirilen ısı uygulamaların amacı; porselen ve çimentonun farklı oranlarda karıştırılmasıyla elde edilen bünyelerin birbiri içerisindeki etkileşimini tespit edip, ürüne dönüştürülme potansiyellerini keşfetmektir. Bu bağlamda öncelikle ikili sistemden yararlanılarak çimento ve porselen karışımlarının porselen şekillendirme yöntemlerine uygunluğu araştırılmıştır. Tablo 3.5. ve 3.6'da porselen - çimento karışımlarının ikili sistemde kullanım oranları ve kodları gösterilmektedir.

Tablo 3.5. %40 AÇ ve granül porselen çamuru ikili sistem değerleri;

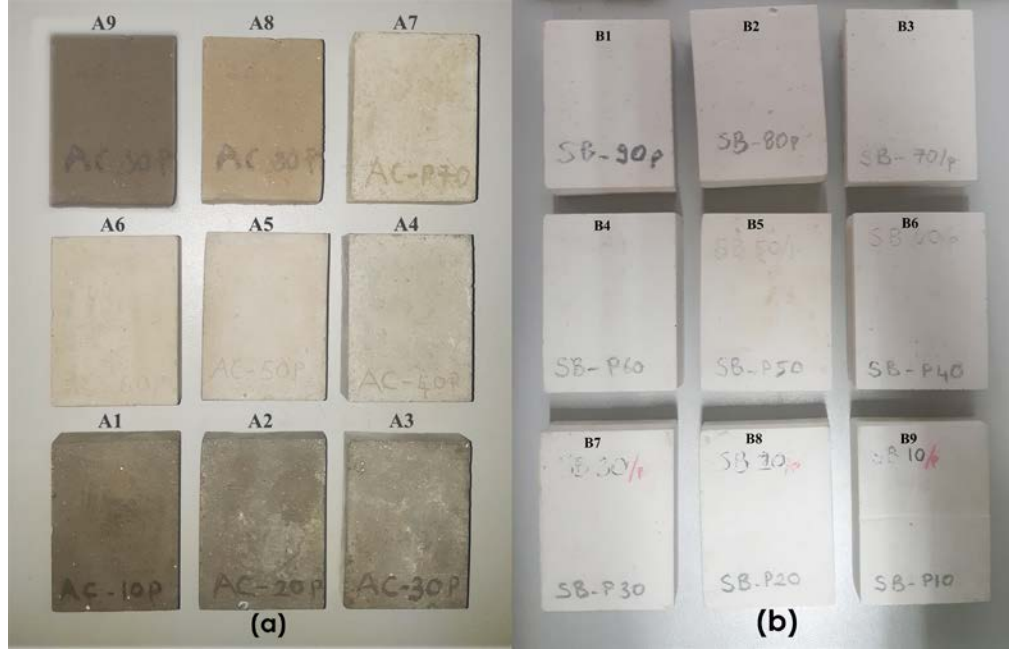
Hammadde	Reçete Bileşimi (%)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
%40 AÇ	10	20	30	40	50	60	70	80	90
GP	90	80	70	60	50	40	30	20	10

Tablo 3.6. ÇİMSA SBC ve granül porselen çamuru ikili sistem değerleri;

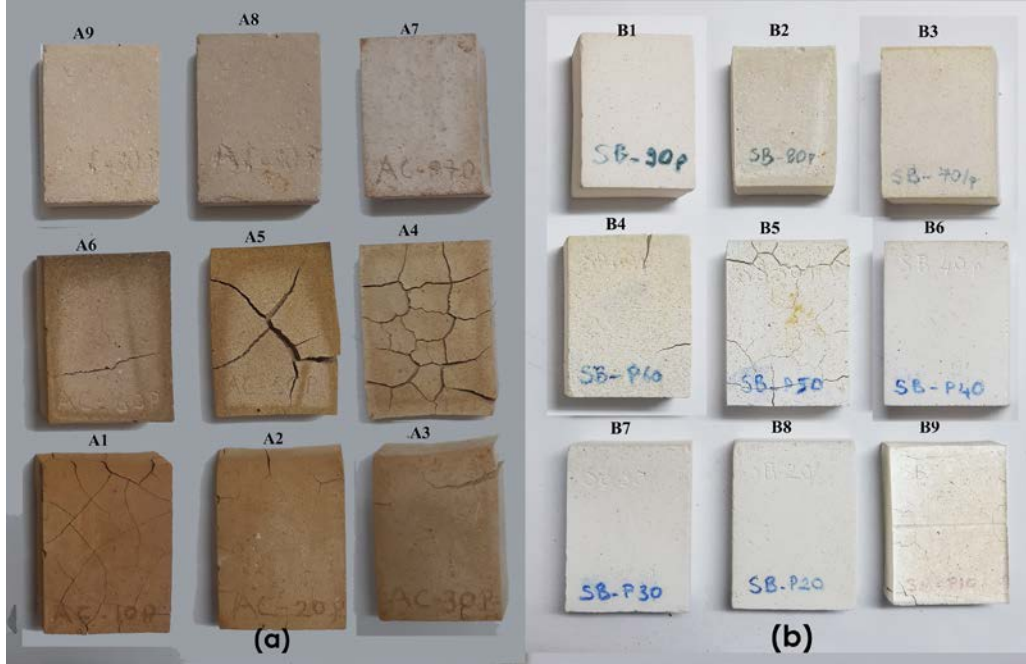
Hammadde	Reçete Bileşimi (%)								
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
ÇİMSA SBC	10	20	30	40	50	60	70	80	90
GP	90	80	70	60	50	40	30	20	10

İkili sisteme göre hazırlanan karışımlar önce döküm yöntemiyle alçı kalıplar içerisinde şekillendirilmeye çalışılmış, fakat alçı ile temas eden yüzeylerde hızla kuruma ve yapısal bozulmalar gözlenmiştir. Bu bozulmalar A1 - A9 ve B1 - B9 arasındaki tüm değerlerde benzer özellik gösterdiğinden bu karışımların porselen çamurundan farklı olarak döküm yöntemine uygun olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Karışımların çalışma aralığı hesaplamalarına göre; içeriğindeki su miktarıyla ters orantılı biçimde 1-2 saat içinde priz alıp sertleştiği gözlenmiştir. Dolayısıyla bu karışımların porselenden daha çok çimentoya yakın özellik gösterdiği ve çalışma aralığının kısa olması nedeniyle elle şekillendirmeye veya torna ile şekillendirmeye uygun olmadığı sonucuna varılmıştır. Bu süreç alternatif bir şekillendirme yöntemi kullanılması gerekliliğini doğurmuş, çimentoya benzer özellik gösteren bu karışımların şekillendirilmesinde silikon kalıplama yöntemi kullanılmıştır. Görsel 3.1.'de A1 - A9 ve B1 - B9 arasındaki tüm karışımların silikon kalıp içerisinde şekillendirme işlemi sonrasındaki görüntüsü, Görsel 3.2.'de ise 1200 °C sıcaklıkta pişirim sonrası görüntüsü yer almaktadır.



Görsel 3.1. (a) Alüminalı çimento - granül porselen karışımlarının (b) Süper beyaz çimento- granül porselen karışımlarının şekillendirme işlemi sonrası görüntüsü (Filiz, 2022)



Görsel 3.2. (a) Alüminalı çimento - granül porselen karışımlarının (b) Süper beyaz çimento- granül porselen karışımlarının 1200 °C sıcaklıkta pişirim sonrası görüntüsü (Filiz, 2022)

Çimentonun %30'dan fazla kullanıldığı 1 den 6'ya kadar olan tüm karışımlarda, ısıl işlem sonrası soyulma, çatlama gibi fiziksel bozulmaların olduğu görülmektedir. Bu bağlamda değerlendirildiğinde %30'dan fazla çimento içeren reçete karışımlarının,

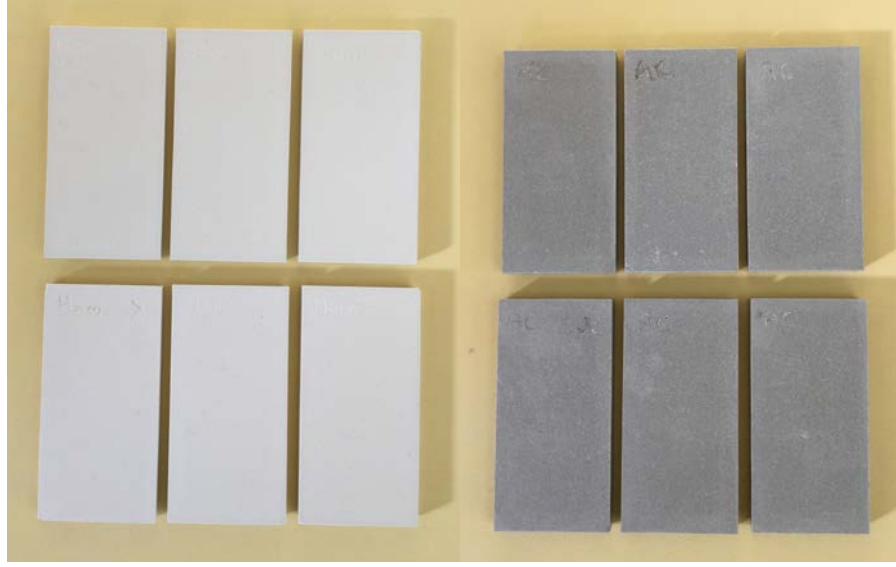
pişirim sonrası olumlu sonuçlar vermediği gözlemlendiği için araştırmanın sonraki aşamasında yapılacak olan basınç, permeabilite, su emme gibi testler için çimentonun kullanılabilceği optimum değer olan %30 oranındaki 7 numaralı gruplar (A7 - B7) ele alınmıştır.

Optimum değer tespit edildikten sonra, A7 - B7 karışımlarının pres yöntemine uygunluğu araştırılmış ve bu bağlamda hazırlanan numunelerin su emme, kuru mukavemet, pişme mukavemeti, yoğunluk, pişme küçülmesi ve genişleme testleri Seramik Araştırma Merkezi Laboratuvarları'nda gerçekleştirilmiştir. Testlerde kullanılan HAM, SB ve AC kodlu numunelerde; HAM (STD-P) granül porselenle üretilen numuneyi, SB %70 granül porselen - %30 ÇİMSA süper beyaz çimento karışımını AC ise %70 granül porselen - %30 Alüminalı çimento karışımını ifade etmektedir.

Testlerde kullanılan granül ve toz numuneler %6 oranında nemlendirilip 200 kg/cm^2 pres basıncı ile laboratuvar tipi preste $50 \times 100 \text{ mm}$ ebatında şekillendirilmiştir. Görsel 3.3. ve 3.4.'de presle şekillendirme prosesine ait görüntüler yer almaktadır.



Görsel 3.3. 200 kg/cm^2 pres basıncı ile preslenen toz numune (Filiz, 2022)



Görsel 3.4. 50x100 mm ebatında şekillendirilmiştir sağda AC7 - solda SB7 numuneleri (Filiz, 2022)

Preslenen tabletler 110°C sıcaklıkta etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulup kuru mukavemetleri ölçülmüştür. Kurutulmuş tabletler Nabertherm LS 12/13 hızlı pişirim fırında pişirilmiştir. Pişirim rejimi 50°C/dk ile 1200°C sıcaklıkta tepe sıcaklığına çıkılıp 6 dakika bekleme ve 60°C/dk ile soğutulmuş toplamda 50 dakikalık pişirim rejimi uygulanmıştır. 3'er adet Pişmiş ve ham numunenin kuru mukavemet, pişmiş mukavemet (TS EN 10545-4) ve % su emme (TS EN 10545-3) değerleri SAM Standart testler laboratuvarında ölçülerek ortalamaları alınmıştır. Pişmiş ve ham numunelerle ilgili parametreler Tablo 3.8.'de belirtilmiştir.

Tablo 3.7. HAM, SB ve AC kodlu granül ve toz numunelerin fiziksel özellikleri ve renk ölçüm değerleri

NUMUNE ADI	Su emme %	Kuru mukavemet kg/cm ²	Pişme mukavemeti kg/cm ²	Yoğunluk gr/cm ³	Pişme küçülmesi %	L	a	b
HAM	5,82	9,46	342,23	2,19	8,71	82,67	2,50	8,23
AC	14,99	28,46	154,87	1,94	1,84	61,77	6,59	15,57
SB	17,27	30,3	210,93	1,83	0,75	85,23	0,87	11,30

“Su emme, pişmiş kil veya seramik çamurunun açık porlarına alabildiği su olarak tanımlanabilir. Su emmeyi etkileyen faktörler, kilin özlülüğü ve pişme sıcaklığıdır.

Özlülük ve pişme sıcaklığı arttıkça kilin su emme yeteneği azalır. Su emme değeri %1'in üzerindeki seramik çamurlar gözenekli, su emme değeri %1'in altındaki seramik çamurları ise gözeneksiz seramik çamurları sınıfına girerler" (Arcasoy ve Başkırkan, 2020, s.74). Bu bağlamda HAM (STD-P), SB ve AC numunelerinin 1200 °C sıcaklıkta su emmeleri %1'in üzerinde olduğu için gözenekli çamurlar sınıfına girmektedir. Yüksek derece pişirim ile su emme oranının düşürülmesi mümkündür. Türk Standartları Enstitüsü (TSE), su emmesi %10'un üzerindeki karoları duvar karoları olarak gruplandırmaktadır³⁸. Su emme oranının yüksek olması dış mekan seramiği olarak kullanılmayacağını göstermektedir. Ayrıca çimento katkısı ile su emmenin artması camsı yapının(cam fazın) azaldığının da göstergesidir. %70 porselen ve %30 süper beyaz çimento katkılı SB kodlu çamurun, %70 porselen ve %30 alüminalı çimento katkılı AC kodlu çamura göre su emmesi daha düşüktür. Ham hali ile su emme oranı %5,82 değerinde olan porselen çamuru, %30 alüminalı çimento katkısı ile su emme; %14,99; %30 süper beyaz çimento katkısı ile %17,27 değerine ulaşmıştır. Tabloya göre çimento katkılarının her iki bünye içinde su emmeyi artırdığı söylenebilir. Bu bilgiler doğrultusunda porselen çamuruna %30 çimento katkısının çamurun özlülüğünü azalttığı da söylenebilir. Yapılan uygulamalar da çimento katkısının çamurun plastikliğini olumsuz yönde etkilediğini bariz bir şekilde ortaya koymaktadır.

Katkısız hali ile kuru direnci 9,46 kg/cm² değerinde olan porselen çamuru, %30 alüminalı çimento katkısı ile 28,46 kg/cm² değerine, % 30 süper beyaz çimento katkısı ile 30,3 kg/cm² değerine ulaşmıştır. Tablo 3.7.'de porselen çamuruna eklenen çimento katkılarının kuru mukavemeti artırdığı, pişme mukavemetini ise azalttığı görülmektedir. Porselen çamurunun katkısız hali ile 342,23 kg/cm² değerinde olan pişme direnci, % 30 alüminalı çimento katkısı ile 154,87 kg/cm² değerine, % 30 süper beyaz çimento katkısı ile 210,93 kg/cm² değerine ulaşmıştır. Süper beyaz çimento katkılı porselen çamurunun, alüminalı çimento katkılı porselen çamuruna göre pişme mukavemeti daha düşüktür.

Birim hacimdeki madde miktarına yoğunluk denilmektedir (TDK). Katkısız haldeki porselen çamurunun (STD-P) yoğunluğu 2,19 gr/cm³ iken, alüminalı çimento katkılı çamurun yoğunluğu 1,94 gr/cm³ ve süper beyaz katkılı porselen çamurun yoğunluğu 1,83 gr/cm³'tür. Porselen çamurlarının en önemli özelliklerinden ikisi düşük

³⁸ https://www.graniser.com.tr/images/kataloglar/seramik_doseme_ve_kullanim_klavuzu.pdf (Erişim Tarihi: 01.05.2022)

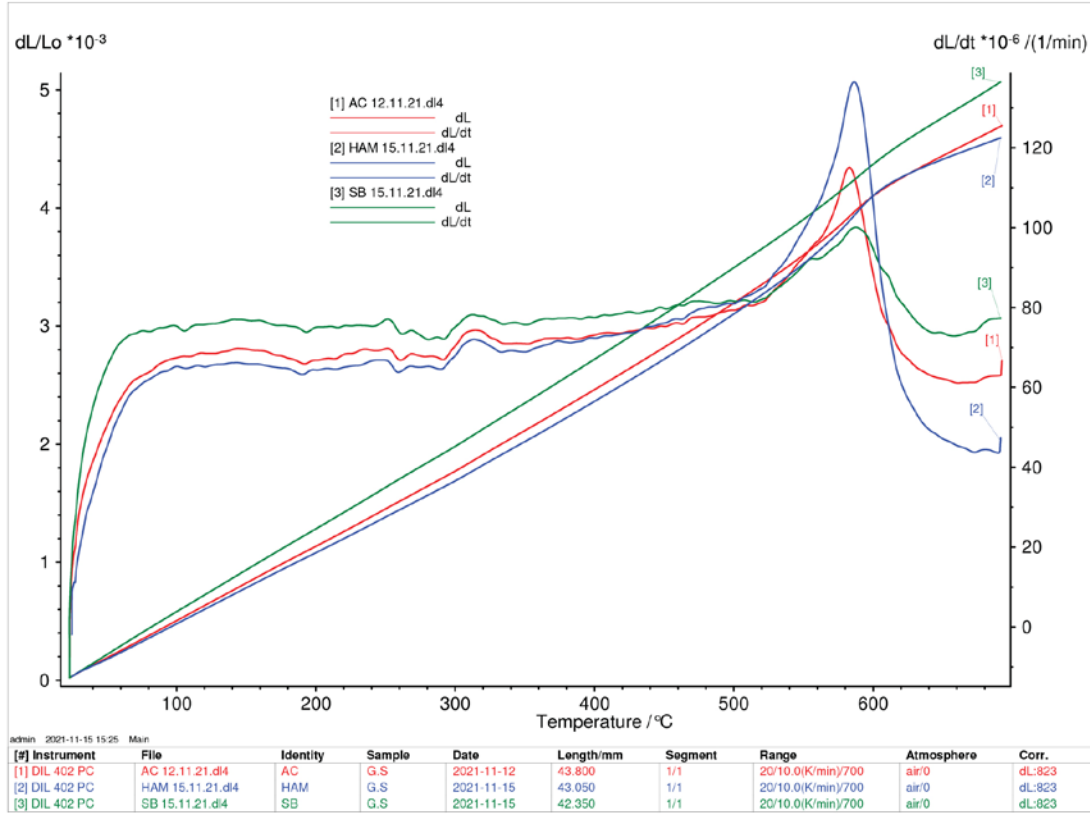
su emme ve yüksek yoğunluktur. Veriler ışığında porselen çamuruna çimento katkısı ile su emme oranının artışı ve yoğunluğunun azaldığı görülmektedir.

“Kurutulan bir kil, şekillendirme suyunu tamamen verinceye dek küçülür. Bu kuru küçülmeyi izleyen aşamada, kil pişirildiğinde de küçülme sürer. Bu kez küçülmenin nedeni kilin şekillendirme suyu olmayıp, yapısındaki organik maddelerin yanması, gazların uzaklaşması, kristal suyunun ayrılmasıdır. Pişme sıcaklığı arttıkça pişme küçülmesi ve buna bağlı olarak da toplu küçülme değerleri artar” (Arcasoy ve Başkırkan, 2020: 73). Katkisız porselen çamuru numunesinin, 1200°C tepe sıcaklığında pişme küçülmesi %8,71 iken, %30 alüminalı çimento katkısı ile %1,84’e, %30 süper beyaz çimento katkısı ile %0,75’e düşmektedir. Bu verilere göre, Alüminalı çimento katkısı porselenin pişme küçülmesini yaklaşık %79 oranında, süper beyaz çimento katkısı ise %91 oranında azaltmıştır. Standart numunelerle kıyaslandığında çimento içerikli numunelerde pişmeden kaynaklı deformasyonların optimize edilebileceği sonucuna varılabilir.

Spektrofotometre ile renk ölçümü (L-a-b) değerleri incelendiğinde katkisız porselen çamurunun L değeri: 82,67’dir. %30 alüminalı çimento katkısı ile bu değer, 61,77’ye düşerken, %30 süper beyaz çimento katkısı ile 85,23’e yükselmektedir. Bu bilgiler ışığında alüminalı çimento katkısı porselenin beyazlığını düşürdüğünü, süper beyaz çimento katkısının bünyenin beyazlığını artırdığı ifade edilebilir.

Numunelerin genleşme katsayısı tayini için malzemelerin ısı karşısında gösterdiği boyut değişimine bakılmıştır. Termal genleşme değerleri genelde doğrusal genleşme katsayısı (α) cinsinden verilmektedir. Dilatometre testinde, pişmiş numune, ~25-50mm uzunluğunda ve ~5mm genişliğinde, ~5mm kalınlığında ölçüm boyutuna getirilmektedir. Sonrasında ~105°C±5 sıcaklığında etüvde numune tamamen kuru oluncaya kadar tutulmaktadır. Numune oda sıcaklığında bekletilerek kararlı hale gelmesi sağlanmaktadır. Numuneler için ısıtma hızı 10°C/dk ile 700°C’ye kadar olan standart bir pişme periyodu uygulanmaktadır. ~50°C-650°C arasında 50°C’de bir boyutsal değişim ve genleşme katsayıları verileri aşağıdaki tabloda verilmektedir.

Tablo 3.8 .HAM, SB ve AC kodlu numunelerin genleşme katsayısı grafiği ve veri tablosu



Numune	$\alpha_{300} \times 10^{-7}$	$\alpha_{400} \times 10^{-7}$	$\alpha_{500} \times 10^{-7}$
AC	63,1	64,7	66,5
HAM	60,0	62,0	64,5
SB	70,7	71,6	72,8

Test sonuçları göstermektedir ki, AC ve SB katkılı karışımlar presle şekillendirme yöntemi için uygundur. En genel haliyle, iç mekan duvar karolarında bu karışımların kullanılabilceği, anlaşılmaktadır. Ancak katkısız porselen çamuruna(STD-P) kıyasla sağladığı olumlu ve olumsuz etkilerin olduğu anlaşılmaktadır. Bu etkilerin optimizasyonu ve nihai ürüne dönüştürülmesi, daha kapsamlı bir çalışma ve altyapı gerektirdiğinden, sonraki dönem yapılacak çalışmaların kapsamındadır.

Araştırmada yukarıdaki veriler ışığında AC ve SB karışımlarıyla üç boyutlu form araştırmaları yapılmıştır. Bu kapsamda küçük boyutlu formlar tasarlanmış ve hazırlanan modellerin silikon kalıpları alınmıştır. Görsel 3.5.'de hazırlanan modelin (model A) kalıp alınmadan önceki hali gösterilmektedir.



Görsel 3.5 “Model A” form (Filiz, 2022)

Model A üzerinden silikon kalıp alınarak içerisine AC ve SB (7) karışımları dökülmüş, içleri dolu biçimde formlar elde edilmiştir. Döküm işlemi tamamlanan formlar içeriğindeki su miktarı ile orantılı biçimde 1,5 - 2 saat arasında priz alarak ilk mukavemetini kazanmıştır. Karışım yeterince sertleşmiş olsa dahi kalıptan çıkarırken gerçekleşebilecek deformasyonları önlemek adına döküm işleminden 1 gün sonra kalıp içerisinden çıkarılmıştır. Kalıptan çıkan formların görselleri Görsel 3.6.’da verilmiştir.



Görsel 3.6. Silikon kalıptan çıkartılan “Model A” solda AC, sağda SB karışımları (Filiz, 2022)

Kalıptan çıkarılan formların yüzeyindeki kalıp izleri, çeşitli aletler yardımıyla rötüşlandıktan sonra 1200°C sıcaklıkta elektrikli seramik fırınında fırınlanmıştır. AC karışımıyla hazırlanan formda iç yapısında yer yer 10 cm'ye ulaşan kalınlığa rağmen, ısı işlem sonrasında herhangi bir deformasyon gözlenmemiştir Görsel 3.7.'de 1200°C ısı işlem sonrası AC karışımıyla oluşturulmuş "Model A" formu yer almaktadır.



Görsel 3.7. Isıl işlem sonrası AC-GP karışımıyla oluşturulmuş "Model A" formu (Filiz, 2022)

SB ile hazırlanan denemede ise form bütünlüğünü korurken, form yüzeyde çatlaklar gözlenmiştir. SB katkılı bünyelerde görülen çatlakların, süper beyaz çimentonun 600°C'nin üstündeki sıcaklıklarda yapısal bozulmaya uğramasından kaynaklandığı düşünülmektedir. SB katkılı karışımlardan hazırlanan form yüzeyindeki çatlaklardan dolayı üç boyutlu formlarda bu karışımın kullanılamayacağı sonucuna varılmıştır. Görsel 3.8.'de 1200°C'de ısı işlem sonrası SB katkılı karışımlardan üretilmiş form yer almaktadır.



Görsel 3.8. Isıl işlem sonrası SB-GP karışımıyla oluşturulmuş formlar (Filiz, 2022)

AC karışımlarıyla hazırlanan modellerin ısıtma işlem sonrasında kütlelerinin ilk kütlelerine göre yaklaşık %30 oranında hafiflediği anlaşılmıştır. Kütleli hafifleme su miktarıyla doğru orantılı biçimde artarken, priz alma süresinin su miktarıyla ters orantılı olduğu anlaşılmıştır. %30AC - %70 GP katkıli karışım için kullanılabilir minimum ve maksimum su miktarlarının pişmiş ürün üzerindeki kütleli değişimi Tablo 3.8.'de belirtildiği gibidir.

Tablo 3.9. %30AC - %70 GP katkıli karışımında su miktarı ve pişmiş ürün üzerindeki kütleli değişim %

Su miktarı (%)	Pişirim öncesi kütleli ağırlık (g)	Pişirim sonrası kütleli ağırlık(g)
65	118	87
75	116	85
90	112	75
100	106	73
110	104	71

Su oranının artması malzemeyi her ne kadar ağırlıkça daha hafif hale getirirse de malzemenin priz alma süresini uzatmakta ve pişme sonrasında mukavemetini azaltmaktadır. Su oranının %110'un üzerinde kullanıldığı karışımlarda kuru mukavemet azalmakta, su oranının %70'in altında kullanılan karışımlar ise döküm yöntemine izin vermeyecek hızda katılaşmaktadır. Dolayısıyla sonraki çalışmalarda optimum su oranı %75 olarak belirlenmiştir.

Aynı hacimde iki kalıbın biri beyaz vakum çamuru, diğerine ise %75 su içeren %30AC - %70 GP katkıli karışım ile doldurularak bir gün sonra ağırlıkları ölçülmüştür. Buna göre beyaz vakum çamurunun ağırlığı 180 gr, karışım ağırlık oranı ise 116 gr olarak kaydedilmiştir. Şekillendirme sonrası ağırlığın beyaz vakum çamuruna kıyasla %64 oranında daha hafif olduğu anlaşılmaktadır. Bu hafiflemenin büyük ölçekli heykel üretiminde veya iç mekanda kullanılacak karo üretimi için olumlu bir sonuç olduğu düşünülmektedir.

%30AC - %70 GP katkıli karışım kullanılarak üç boyutlu form ve yüzeyin sırlanabilme potansiyeli araştırılmaya devam edilmiştir. AC - GP karışımları 1200°C'de pişirildikten sonra düşük sıcaklıkta (900 °C) gelişen raku sırlarıyla, 1200°C ve 1000°C sıcaklıkta gelişen sırlarla sırlanmıştır. Sonuçlar Görsel 3.9.'da belirtildiği gibidir.



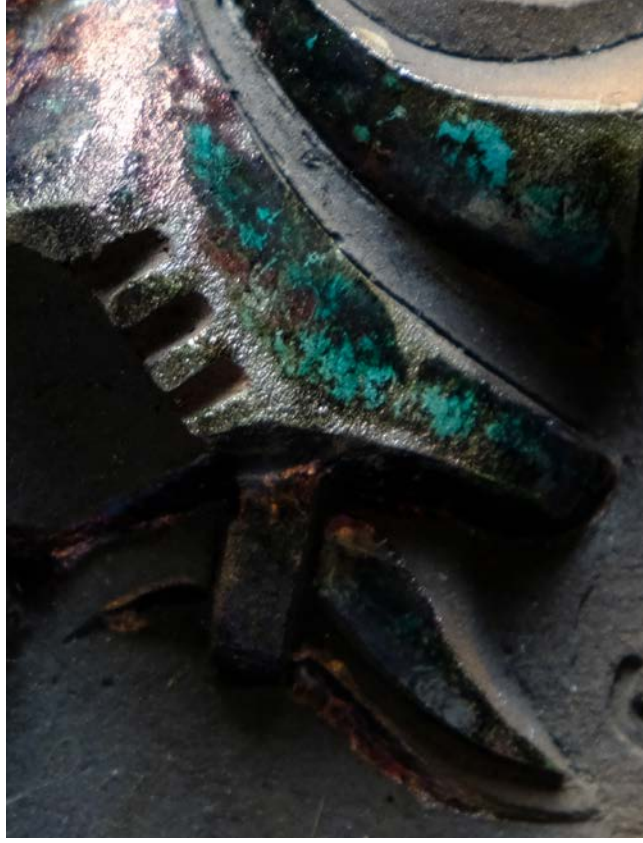
Görsel 3.9. Raku sırla sırlanarak 900 °C sıcaklıkta pişirilmiş numuneler (Filiz, 2022)

3.3.1.1. Kişisel uygulamalar

Kişisel uygulamalarda yöntem olarak döküm yöntemi, kalıp malzemesi olarak da silikon kullanılmıştır. Bu uygulamalar duvar karoları ve üç boyutlu formlardan oluşmaktadır. Duvar karolarında yüzeydeki rölyeflerin resimsel etkilerini güçlendirmek için sırlı ve sırsız alanlar oluşturulmuş, renkli bünyelerde ise bazı alanlar kobalt oksitle boyanmıştır. Mimari ve kentsel planlama karakteristiğinin kültürel ve estetik etkisi bu uygulamaların odak noktasıdır.



Görsel 3.10. “İdol” serisi duvar çalışması, 13x13x3 cm, 2022 (Filiz, 2022)



Görsel 3.11. “İdol” serisi duvar çalışması detay, (Filiz, 2022)



Görsel 3.12. “İdol” serisi form, 15x15x5 cm, 2022 (Filiz, 2022)



Görsel 3.13. “İdol” serisi duvar çalışması, 13x13x3 cm, 2022 (Filiz, 2022)



Görsel 3.14. “İdol” serisi form, solda 15x15x5 cm, sağda 20x10x7 cm 2022 (Filiz, 2022)



Görsel 3.15. . “İdol” serisi form, 32x36x15 cm, 2022 (Filiz, 2022)



Görsel 3.16. “İdol” serisi form detay, 32x36x15 cm, 2022 (Filiz, 2022)



Görsel 3.17. "İdol" serisi form, 42x18x15 cm, 2022 (Filiz, 2022)

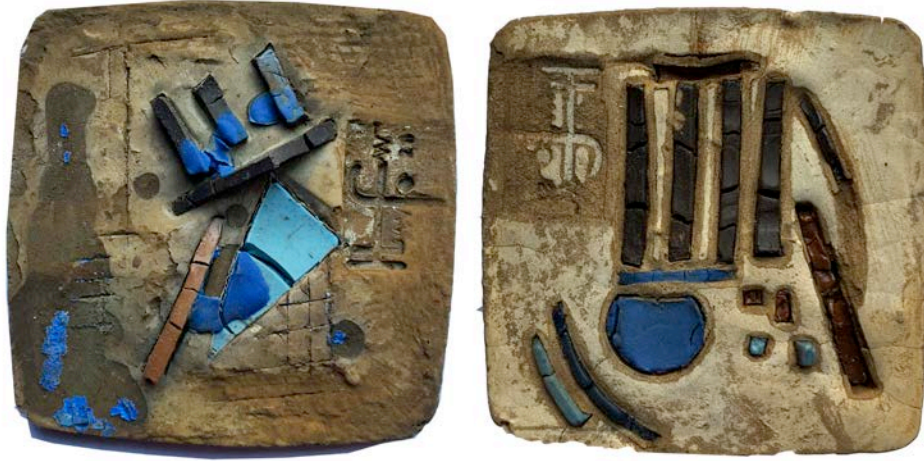


Görsel 3.18. Bakır matı sır uygulanmış form, “İdol” serisi 15x15x5 cm, 2022, (Filiz, 2022)



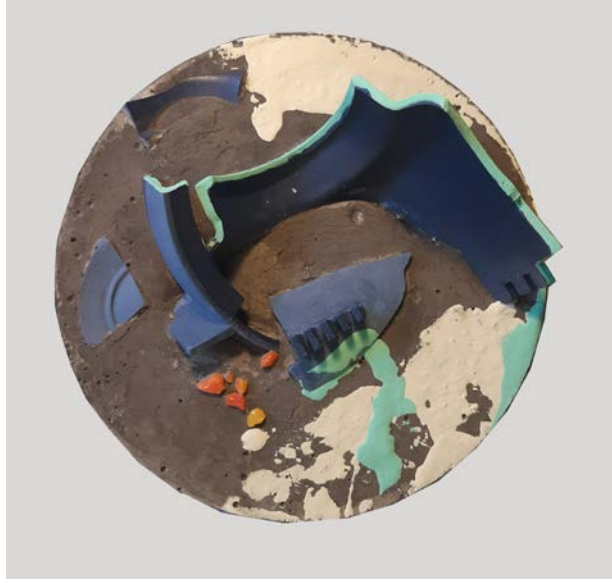
Görsel 3.19. Bakır matı sır uygulanmış form, “İdol” serisi 32x36x15 cm, 2022, (Filiz, 2022)

ÇİMSA süper beyaz çimento (SB) ve Alüminalı çimento (AC) bileşenlerinin ticari bir porselen çamuruna ilave edilmesi ve pişirilmesi şeklinde gerçekleştirilen uygulamaların yanı sıra pişmemiş, ham ve sinterleşmiş porselen ürünlerin hazırlanan karışım içerisinde kullanımına ilişkin çeşitli uygulamalar da yapılmıştır. Bu uygulamalar %40 alüminalı çimentonun silikon kalıplara döküldükten hemen sonra yüzeyine pişirimi yapılmış porselen parçaların eklenmesi yoluyla gerçekleştirilmiştir. Görsel 3.20.'de çimento döküldükten hemen sonra, döküm yoluyla elde edilmiş küçük pişmemiş ham parçaların, yüzey üzerine eklenmesiyle ve 1200°C sıcaklıkta pişirilmesiyle elde edilen formlar görülmektedir. Isıl işlem sonrasında formun bütünlüğünde herhangi bir deformasyon olmasa da porselenin kuru ve pişme küçülmelerinden dolayı çimento yüzeyiyle güçlü bir bağ oluşturamadığı gözlenmiştir.



Görsel 3.20. AC ile oluşturulan ve 1200°C sıcaklıkta fırınlanan formlar (Filiz, 2022)

Porselenin pişme küçülmesinden kaynaklanan hataların ortadan kaldırılması için aynı işlem, daha önceden 1200°C sıcaklıkta pişirilmiş ve küçülmesini tamamlamış kırık parçalarla tekrarlanmıştır. Görsel 3.21.'de döküm işlemi tamamlanan çimento yüzeyine kırık parçalar eklenen ve piriz işlemi tamamlanan form görülmektedir.



Görsel 3.21. AC ile oluşturulan beton formlar (Filiz, 2022)

Çimentonun yüzeyine eklenen renklendirilmiş porselen kırıkları, işlem sırasında veya çimento priz aldıktan sonra herhangi bir görünür deformasyona sebep olmamıştır. 1200°C sıcaklıkta ısıl işlem sonrası ise, yüzeysel eklemelerde herhangi bir deformasyon görülmezken nispeten daha derine gömülen porselen parçaların yüzeyde gerilemelere sebep olduğu anlaşılmıştır. Görsel 3.22.'de ısıl işlem sonrasında formun biçimsel dönüşümünden bir parça görülmektedir.



Görsel 3.22. AC ile oluşturulmuş formların ısıl işlem sonrası görüntüsü (Filiz, 2022)

Çimento henüz yaşken içerisine eklenecek sinterleşmiş parçalar herhangi bir yüzey gerilimine sebep olmazken, çimentonun ve porselenin genişleme katsayılarındaki farklılıkların, ısı işlem süresince malzemelerin birbirlerine temas ettikleri noktalardan ayrışmasına sebep olduğu görülmektedir.

3.3.2. Çimento ve porselen ile yapılan soğuk uygulamalar

Çimento ve porselen ile yapılan soğuk uygulamaların amacı; beyaz çimentonun renklendirilme potansiyelinden yararlanarak, porselen formlarla bir arada kullanım olanaklarının araştırılmasıdır. Araştırmanın başlangıcında gerçekleştirilen ilk çalışmalarda gözlemlenen, ön pişirimi yapılmış porselen formlarla, hazır betonun bir arada kullanım potansiyeli, bu bölümdeki araştırmanın kaynağını oluşturmaktadır (Görsel 3.23.).



Görsel 3.23. Porselen-beton form, 2016, 25x 20x 6 cm (Filiz, 2016)

Beyaz çimentonun priz alma süresini ve ürüne dönüşme prensibini görebilmek için bazı ön çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda çimentonun içerisine agrega olarak 1-3mm ölçülerinde bazalt katkısı yapılmış ve ürüne dönüştürülme potansiyeli araştırılmıştır. Bu bağlamda ÇİMSA süper beyaz çimento, çimento ağırlığının %15'i kadar su ve %5 bazalt ilavesiyle beton formlar oluşturulmuştur (Görsel 3.24.).



Görsel 3.24. Beton sabunluk uygulaması (Filiz, 2018)

Beyaz çimentonun renklendirilmesiyle ilgili birçok çalışma yapılmış, yapılan bu çalışmalar renklendirme için kesin bir optimum değer belirlemiştir. Dolayısıyla betonun renklendirilmesiyle ilgili bir araştırma yapılmamış, araştırmalardan elde edilen bulgular doğrultusunda çimentonun içerisine %2 oranında pigment ilave edilerek renklendirme işlemi uygulanmıştır. Hazırlanan beton karışımlarında agrega olarak 1-3mm ölçülerinde bazalt kullanılmıştır.

3.3.2.1. Kişisel uygulamalar ve manifesto

Beton insanların en temel gereksinimlerinden biri olan korunma ve barınma ihtiyaçlarına cevap veren malzemelerden biri olmuştur. Tıpkı seramik ve cam gibi beton da toplumların yaşamsal dönüşümleri içerisinde her dönemde farklı form ve biçimlerde anlam bulmuş ve bulmaya da devam etmektedir. Beton bir anlamda insan aklıyla ve eliyle oluşturulmuş, yaşamsal döngü içerisinde insanı saran, kuşatan ve koruyan bir kabuktur.

Çalışmalarında beton porselenin sadeliğini kuşatan, koruyan bir kurgu düzeninin en önemli parçasıdır. Tasarladığım porselen yüzeylerdeki topografik plan çağrışımları gerek iki boyut gerekse üç boyutta zayıf ve kırılğan olanı, beton ise tüm katılığı ve dayanımıyla zayıf olanı kuşatan ve kapsayan bir kabuğu temsil etmektedir. Çalışmalarımın tamamı geometrik yapılarla oluşturulmuş, tanımsız bir düzenin yeniden inşasını refere eder.

Çalışmalarda iki farklı yöntem kullanılmıştır. Bunlardan ilki; beyaz çimentonun pigment ilavesiyle renklendirilmesi ve 1200°C sıcaklıkta pişirilmiş porselen formların yüzeyine eklenerek, formun yeniden düzenlenmesidir. Bu yöntemle oluşturulmuş formlar Görsel 3.25., 3.26., ve 3.27’de yer almaktadır.



Görsel 3.25. Beton-porselen form -1 (Filiz, 2021)



Görsel 3.26. Beton-porselen form-2 (Filiz, 2021)



Görsel 3.27. Beton-porselen form-3 (Filiz, 2021)

Çalışmalarda kullanılan bir diğer yöntem ise; beyaz çimentonun pigment ilavesiyle renklendirilmesi silikon bir kalıba dökülmesi ve 1200°C sıcaklıkta pişirilmiş porselen formların henüz yaş olan çimentoların içerisine gömülerek formun yeniden biçimlendirilmesidir. Bu yöntemle oluşturulmuş formlar Görsel 3.28. ve 3.29.'da yer almaktadır.



Görsel 3.28. Solda, pişmemiş ham porselen ürün, sağda ise porselen-beton form (Filiz, 2020)



Görsel 3.29. Porselen - beton düzenleme 60 cm x 20 cm x 6 cm, 2020 (Filiz, 2020)

3.4. Çimento - Cam Kompozisyonları ve Uygulamalar

Araştırmada çimento ve cam kompozisyonları ile ilgili tek bir şekillendirme prosesi (fırın döküm yöntemi) ve bu proseste tek bir cam türü (rod camı) kullanılmıştır. Cam ve çimento ile ilgili yapılan ilk ısıl uygulama, %30AC ve %70GP karışımıyla oluşturulmuş kalıplar içerisinde şeffaf rod camını eriterek, cam yüzeyindeki gerilim analizini gözlemlemektir. Bu doğrultuda, 1200°C sıcaklıkta pişirilen kalıplar içerisinde parça rod camlar eklenerek Tablo 3.11.'de belirtilen fırın rejiminde ergimesi sağlanmıştır (Görsel 3.30.).

Tablo 3.10. Fırın rejim tablosu

Çıkış süresi(dk)	Çıkış derecesi (°C)	Bekleme süresi
120'	850 °C	20'
End		



Görsel 3.30. (a) ısıtım işlem öncesi AC-GP karışımıyla hazırlanan kalıp içerisindeki rod cam görüntüsü, (b) ısıtım işlem sonrası AC-GP karışımıyla hazırlanan kalıp içerisindeki rod cam görüntüsü (Filiz, 2020)

Isıtım işlem sonrasında ergiyen camlar kalıp içerisinde çıkarılarak camın kalıba temas ettiği noktadaki gerilim tespit edilmeye çalışılmıştır. Kalıp içerisinde çıkarılan camlar temizlenip rodajlandıktan sonra Polariskop³⁹ la gerilim analizi incelenmiş ve yüzeyde tolere edilemeyen bir gerilimle karşılaşmamıştır (Görsel 3.31.).

³⁹ Üretim veya işlem sırasında cam içerisinde oluşabilecek gerilimlerin gösterimini sağlayan cihaza polariskop denmektedir. Polariskop ile camdaki temper bütünlüğünün değerlendirilmesi, tavlamanın doğrulanması, kalıplanmış kısımlardaki gerilimlerin gözlemlenmesi, kaynak ve akış düzenlerinin tespiti, akış düzenlerinin ve geçit veriminin incelenmesi ve kalıp eksikliklerinden veya sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan düzensizliklerin belirlenmesi gibi ölçümlerin yapılabilmesi mümkündür. Cam üretimi sırasında karşılaşılan problemlerin polariskopla gözlemlenip kaynağının bulunarak daha sağlıklı üretimler gerçekleştirilmektedir. Polariskopların kullanımı sadece cam üretim alanları değildir. Kişisel olarak kullanım veya atölye kullanımı gibi alanlarda da sıklıkla kullanılmaktadır. Cam uygulayıcıları birlikte kullanmak istedikleri farklı camların üretim öncesi küçük boyutlarda testlerini gerçekleştirip polariskop ölçümleri ile uyumluluklarının tespitini yaparak farklı cam türlerini birlikte kullanabilmektedir (Paktur, 2019, s.81-82)



Görsel 3.31. Polariskopla gerilim analizi gözlemi (Filiz, 2022)

Yapılan değerlendirme sonucunda; AC katkısı ile hazırlanan kalıplarda ısıl işlem sonrasında herhangi bir çatlakın olmaması, camın kalıp yüzeyine yapışmaması, refrakter alçı kalıplarda fırınlama sonrası karşılaşılan yüzey devitrifikasyonunun olmaması ve camın kalıpla temas eden yüzeylerinin daha parlak olması gibi avantajlar AC katkısı ile hazırlanan kalıpların fırında şekillendirme yöntemlerinde ergitme kalıbı olarak kullanılabileceği sonucunu ortaya koymuştur. Özellikle de tek yönlü çıkış açısına sahip, ürün üretimlerinde (karo, vb.) avantaj sağladığı rahatlıkla söylenebilir. Bu sonuç ışığında farklı biçimde kalıplar hazırlanarak rod camları ile çeşitli uygulamalar yapılmıştır (Görsel 3.32., 3.33.).



Görsel 3.32 %30AC - %70 GP katkılı karışım kullanılarak hazırlanan kalıp (Filiz, 2022)

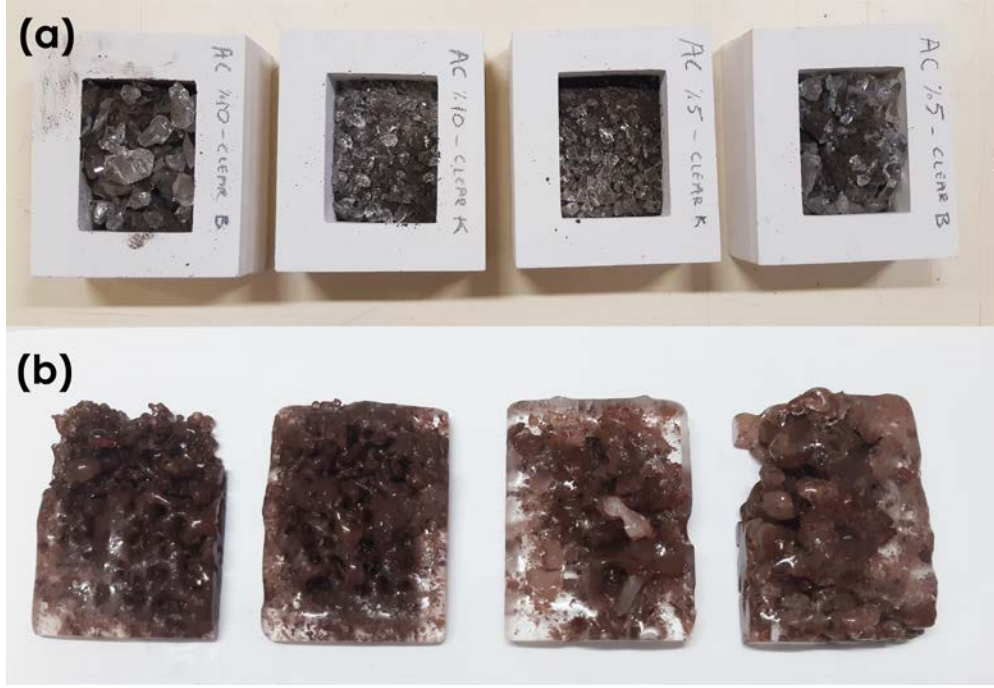


Görsel 3.33. Isıl işlem sonrası kalıp ve cam görüntüsü (Filiz, 2022)

Bu uygulamaların yanı sıra farklı oranlarda AC ve SB çimentoları ile rod camının karıştırılması ve fırın içerisinde ergitilmesini içeren uygulamalar da gerçekleştirilmiştir. %50 alçı ve %50 kuvars ile hazırlanan kalıplar içerisinde şeffaf rod camları iki farklı boyutta kırılarak %5 ve %10 oranlarında AC ile karıştırılmış ve Tablo 3.12’’da belirtilen rejimde fırınlanmıştır. Fırınlama işlemi öncesi ve sonrası görüntüsü Görsel 3.34.’de gösterilmektedir.

Tablo 3.11. Fırın rejim tablosu

Çıkış süresi(dk)	Çıkış derecesi (°C)	Bekleme süresi
120'	850 °C	20'
End		



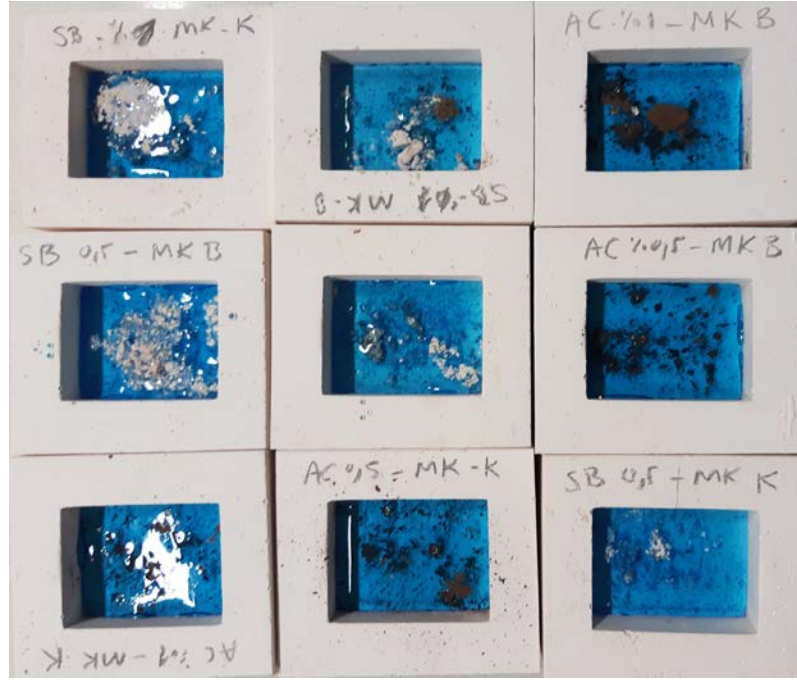
Görsel 3.34. (a) Fırınlama işlemi öncesi, (b) fırınlama işlemi sonrası görüntüsü (Filiz, 2022)

Aynı süreç SB çimentosu kullanılarak tekrarlanmış ve Tablo 3.10'da belirtilen rejimde fırınlanmıştır. Fırınlama işlemi öncesi ve sonrası görüntüsü Görsel 3.35'de gösterilmektedir.



Görsel 3.35. (a) Fırınlama işlemi öncesi, (b) Fırınlama işlemi sonrası görüntüsü (Filiz, 2022)

Aynı uygulama çimento miktarı azaltılarak(%1, 0,5)) renkli rod camlarıyla tekrarlanmıştır. Yine benzer biçimde Tablo 3.10''da belirtilen rejimde fırınlanmıştır. Fırınlama işlemi sonrası Görsel 3.36.'da belirtildiği gibidir.



Görsel 3.36. Fırınlama işlemi sonrası renkli rod camı ve %1-0,5 çimento karışımları

Cam ile çimentonun karıştırılıp belirli bir rejimde ısı işleme tabi tutulduğu tüm uygulamalarda yüzeyde tolere edilemeyen bir gerilimle karşılaşılmasa da, çimentonun yer yer yüzeyde kaldığı gözlenmiştir. Cam çubukların füzyonlanması sırasında AC ve SB çimentolarının erime, dağılma ve yayılma gibi bir tepki göstermediği, fiziksel olarak başlangıçtaki özelliklerini koruduğu ve renginde herhangi bir değişiklik olmadığı gözlenmiştir. Tüm bu uyumsuzluklara karşı AC ve SB çimentolarının camda erime sırasında kabarcık oluşumuna ve camın yapısında herhangi bir değişikliğe sebep olmadığı aksine eriyen cam katmanı arasında kalan çimentoların cam forma dekoratif anlamda katkı sağladığı görülmüştür. Bu uygulamalar sonraki yapılacak olan araştırmalara kaynak oluşturmakla birlikte, uygun endüstri koşullarında, çimentonun ergidiği sıcaklıklarda, çimentonun cam içerisinde ki olası etkilerini araştırmak mümkündür.

SONUÇ

Porselen cam ve beton şekillendirmede kullanılan yöntemlerin günümüzde sanatçılar ekseninde bireyselleştiği ve bunun sonucunda çeşitlendiği görülmektedir. Sanatçıların imgelem sürecini somutlaştırmada kullanılan malzemelerin çoğu zaman yetersiz kalması, sanatçıların yeni malzemeler araştırması ve geliştirmesine kaynak oluşturmaktadır. Üretilen her yeni bünye ise, kendine özgü bir üretim yönteminin geliştirmesiyle sonuçlanmıştır. Tüm bu yöntemler ve teknik olasılıklar sanatçıların bireysel tavırlarıyla birleştiğinde ortaya üretim pratiği açısından multidisipliner bir yapı çıktığı anlaşılmaktadır.

Benzer biçimde endüstride bu malzemelerin şekillendirme ve optimizasyonuna ilişkin yapılan sayısız çalışmanın, malzemelerin kullanım alanlarının geliştirilmesine ve yaygın hale gelmesine kaynak oluşturduğu anlaşılmaktadır. Bu olanaklara ek olarak endüstride gerçekleşen bu tür inovasyonlar, malzemelerin biçimsel ve ergonomik dönüşümüne de katkı sağlamaktadır. Geçmişte ürünün biçimine ilişkin ortaya konan mevcut sınırlılıkların, yapılan ArGe çalışmalarının sonucunda minimuma indirildiği anlaşılmaktadır. Malzemelerin içeriğine ilişkin gelişmelerin yanı sıra, yeni üretim yöntemlerinin geliştirilmesi de bu sınırlılıkların ortadan kaldırılmasına katkı sağlayan bir diğer önemli faktör olmuştur.

Seramik ve cama kıyasla daha yeni bir malzeme olan betonun, şekillendirme olasılıklarına ek olarak renklendirilebilir oluşu, farklı yüzey etkileri yaratmaya olanak sağlayan yapısı ve fiziksel koşullar karşısında gösterdiği yüksek dayanım, onu sanatsal üretim süreçleri için potansiyel bir malzeme haline getirmiştir. Endüstride gerçekleşen optimizasyon çalışmaları, betonu mimariyle sınırlı bir kullanım alanından çıkartarak, mobilya, aydınlatma sistemleri ve cephe düzenlemeleri için de alternatif bir malzeme haline getirmiştir. Diğer malzemelere kıyasla maliyet açısından daha uygun olan beton, kamusal alanda gerçekleştirilecek geniş ölçekli sanatsal uygulamalar için de dikkat çekici bir noktada durmaktadır. Geçmişte ve günümüzde yapı eyleminde iskelet sistemini oluşturan beton, gelecekte daha sürdürülebilir bir mimari pratiğinin de temelini oluştururken, kullanım alanlarının her geçen gün genişlemesi sanatçılar, mühendisler ve mimarlar için yeni tasarım fırsatlarının yaratılmasına zemin hazırlamaktadır.

Araştırmanın, alüminalı çimento (AC) bileşenlerinin ticari bir porselen çamuruna ilave edilmesi ve pişirilmesi şeklinde gerçekleştirilen uygulamalarında, ortaya çıkan

karışımın ürüne dönüştürülebilme potansiyelinde önemli bulgularla karşılaşmıştır. Karışımında ısıl işlem sonrası meydana gelen kütsel hafiflemenin, kamusal alanlardaki büyük ölçekli heykel uygulamalarında kullanılabilceği, olumlu bir sonuç olarak kaydedilmiştir. Bunun yanı sıra AC katkısının, pişme küçülmesini %79 oranında azaltması, pişme küçülmesinden kaynaklı deformasyonları azaltabileceği sonucunu ortaya koymaktadır. Bu avantajların yanı sıra ürünün daha çok beton benzeri bir özellik göstermesi, diğer kalıp malzemelerine göre daha maliyetli olan silikon ve kauçuk gibi malzemelerle şekillendirilebilmesi dezavantajlı yönler olarak durmaktadır. Ayrıca malzemenin hafif olmasına kaynak oluşturan gözenekli yapısı, sırlama işleminde sırasında bir takım uygulama zorluklarına neden olmaktadır. Ancak bu dezavantajlarına rağmen araştırmada ulaşılan olumlu sonuçlar nedeniyle, beton ve türevlerinin, sanat alanında alternatif ve inovatif bir malzeme olarak kullanımının uygun olduğu rahatlıkla söylenebilir.

Yapılan araştırma göstermektedir ki endüstri iş birliğiyle gerçekleştirilebilecek bu tür araştırmalar, yeni malzemelerin ve farklı alanlarda yeni tasarım olanaklarının ortaya çıkması noktasında oldukça önemlidir.

KAYNAKÇA

Kitaplar

- Aragaw, T., A., (2020), Cement Types, Admixtures, and Technical Procedures of Cement Analysis: An Introduction, India; Morgan & Claypool Publishers
- Arcasoy, A., Başkırkan, H, (2020), Seramik Teknolojisi, İstanbul, Literatür Yayıncılık
- Bayazıt, N. (2008), Tasarımı Anlamak, İstanbul, İdeal Kültür Yayıncılık
- Beyazıt, N. (2011), Endüstri Tasarımı Temel Kavramları, İstanbul, İdeal Kültür Yayıncılık
- Bechthold, M., Kane. A., King, J., (2015), Ceramic Material Systems: In Architecture and Interior Design, Switzerland, Birkhauser
- Bürdek, E.B (2005), Design: The History, Theory and Practice of Product Design Basel, Birkhäuser Architecture; 1st edition
- De Brito, J. and Saikia, N. (2013) Recycled Aggregate in Concrete: Use of Industrial, Construction and Demolition Waste. Green Energy and Technology, London; Springer-Verlag.
- Dodd, A. and Murfin, D. (1994) Dictionary of Ceramics. The Institute of Materials, London.
- Erdoğan, T., Y., (2013), Beton, Ankara; ODTÜ Geliştirme Vakfi Yayıncılık Cilt 4
- Gambhir, M., L., (2013), Concrete Technology: Theory and Practice, India; McGraw Hill publisher, 5st Edition
- Groover, M., P., (2010), Fundamentals Of Modern Manufacturing, Materials, Processes, and Systems, America, John Wiley & Sons, 4th edition
- Jahren, P. ve Sui, T., (2017), History Of Concrete: A Very Old And Modern Material Florida, United States; CRC Press
- Kundul, M. (2013). Endüstriyel Seramikte Alçı ve Çamur Şekillendirme Yöntemleri, İstanbul, Biltur Basım Yayın ve Hizmet A.Ş.
- Li, Z., (2011), Advanced Concrete Technology, United Kingdom; Wiley publisher, 1st Edition
- Lundstorm, B. (1994). Kiln Firing Glass: Glass Fusing Book One. Colton, Vitreous Publications

- Lyons. A., (2010), *Materials for Architects and Builders*, London, United Kingdom, Routledge, 4th Edition
- Millward, K., (2017), *Surface Decoration*, UK, Bloomsbury Academic
- Morris, T., (2018), *New Wave Clay Ceramic Design*, Art and Architecture, Amsterdam, Frame Publishers
- Musgraves, J., D., Hu, J., Calvez, L., (2019), *Springer Handbook of Glass*, Switzerland, Springer
- Newman, J., Choo, B., S., (2003), *Advanced Concrete Technology Testing and Quality*, United Kingdom; Butterworth-Heinemann
- Özgümüş, Ü. C. (2013). *Çağlar Boyu Cam Tasarımı*, İstanbul, Arkeoloji Sanat Yayınları
- Postacıoğlu, B., (1986), *Beton*, İstanbul; Matbaa Teknisyenleri Basımevi, Cilt 2
- Poul, A. (1982), *Chemistry of Glasses*, London ; New York, Chapman and Hall, 3th edition
- Pride, W., M., Ferrell, O., C., (2010), *Marketing*, USA, South-Western Cengage Learning, international edition
- Richet, P.,(2021), *Encyclopedia of Glass Science, Technology, History, and Culture*, Volume I, New Jersey, John Wiley & Sons
- Stamm, B.V. (2003) *Managing Innovation, Design and Creativity*, England Wiley
- Sevim, S., (2007), *Seramik Dekorları ve Uygulama Teknikleri*,. İstanbul, Yorum Sanat,
- Standen, K., (2013), *Additional Clay Body*, USA, American Ceramic Society
- Şimşek, O., (2004) *Beton ve Beton Teknolojisi*, Ankara; Seçkin Yayıncılık
- True, G., (2012), *Decorative and Innovative Use of Concrete*, UK, Scotland, Whittles publishing
- Varshneya A.,K., Mouro, J., C., (2019), *Fundamentals of Inorganic Glasses* Amsterdam, Netherlands, Elsevier
- Wardell, S., (2020), *Porcelain and Bone China*, Ramsbury, United Kingdom, The Crowood Press Ltd
- Whitehouse, D., (2006), *Glass- A Pocket Dictionary of Terms Commonly Used to Describe Glass and Glassmaking*, New york, The Corning Museum of Glass
- Whitehouse, D., (2012), *Glass- A Short History*, Washington, DC, Smithsonian Books
- Yalçın, H., Gürü, M., (2006), *Çimento ve Beton*, Ankara; Palme Yayınevi

Makaleler

- Amosov, N., I., Savitskii M., R., (1962), On the classification of glasswares
Keramika, VoL 19, No. 6, pp. 14-17,
- Ağatekin, M., (2009), Inclusion, *Ceramics Technical*, Wisconsin, US. No: 28, s.16-20,
May-October,
- Almeida, T., Ruivo, A., Pires de Matos, A., Maria de Oliveira, R., Antunes, A., (2008),
Luminescent Glasses in Arts, *Journal of Cultural Heritage*, Volume 9,
Supplement, December 2008, Pages 139-142
- Bailey, R., (2015), Concrete Thinking for Sculpture, *Parallax*, 21(3), 241-258.
- Gosselin C., Duballet R., Roux Ph., Gaudillière N., Dirrenberger J. and Morel Ph.
(2016), “Large-Scale 3D Printing Of Ultra-High Performance Concrete – A
New Processing Route For Architects And Builders”, *Materials and Design* 100,
s.102–109,
- Hasol, D., (2011), Mimarlık Sanat değil mi?, *Batı Akdeniz Mimarlık* No;48
- Hasanuzzaman, M., Rafferty, A., Sajjia, M., Olabi, A.-G., (2015) Properties of glass
materials, *In Reference Module in Materials Science and Materials
Engineering*; Amsterdam, The Netherlands, Elsevier:
- Karagüler, M., Sungur, S., (2007), “Kendiğinden Yerleşen Mimari Betonlarda Pigment
Katkısının Etkileri”, *TMMOB İMO, 7. Ulusal Beton Kongresi*, Beton
Teknolojisinde Gelişmeler Uygulamalar, s. 55-64.,.
- Karagüler, E.,M., (2013), Mimari Beton Uygulamaları, *Hazır Beton*, Eylül- Ekim 2014,
s.73-82
- Kılıç, Y., Günay, E., Kara, M., Arslan, E.G., Yılmaz, N., (2011), Kırmızı Çamurun
Renkli Beton Üretiminde Pigment Olarak Kullanımı, *Beton 2011 Kongresi
Bildirileri*, THBB, s. 449-458.
- Meroni, A. (2008), Strategic Design: Where Are We Now? Reflection around the
Foundations of a Recent Discipline, *Strategic Design Research Journal* 1 (1),
s.31–28.
- Nematollahia, B., Xia, M., Sanjayan, J., (2017), Current Progress of 3D Concrete
Printing Technologies, *34th International Symposium on Automation and
Robotics in Construction (ISARC 2017)*, s.260-267

R. Rajaramakrishna and Jakrapong Kaewkhao, (2019), Glass Material and Their Advanced Applications, in *UNNES International Conference on Research Innovation and Commercialization 2018*, KnE Social Sciences, pages 796–807.

Tezler

Aydın, M., (2016), Cam Sanatında Fırında Cam Biçimlendirme Yöntemlerinde Kullanılan Refrakter Kalıp Karışımları ve Cama Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü

Kaner, K.,S. (2008) Cam ürün üretim aşamalarının ve ürün özelliklerine etki eden faktörlerin incelenmesi

Kelly, Jessamy (2009) The combination of Glass and Ceramics as a means of artistic expression in studio practice. Doctoral thesis, University of Sunderland.

Özdem, Z, (2020) Türk Sanat Piyasası; Piyasa Yapısı, Bir Yatırım Aracı Olarak Sanat Ürünü Getirisi ve Bir Türk Sanat Piyasası fiyat Endeksinin Kurulması, Doktora tezi İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

Paktur, M., (2019), Fırında Cam Şekillendirme Tekniklerinde Kullanılan Farklı Renk Ve Türdeki Camların Birbirleriyle Araştırılması Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü

Terzi, F., (2004),“Mimari Betonda Renk ve Doku”, Yüksek.Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, s.99

İnternet Kaynakları

http-1: <https://sozluk.gov.tr/> (Erişim tarihi: 22.05.2020)

http-2: <https://www.3dnatives.com/en/new-glass-3d-printing-technique-eth-zurich-271120195/#!> (Erişim tarihi: 22.05.2020)

http-3: <https://sozluk.gov.tr/>

http-4;

<https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/product?q=product>

http-5; https://www.archdaily.com/945168/wenzhou-ou-river-cystal-boxes-restaurant-antistatics-architecture?ad_medium=gallery (Erişim Tarihi: 22.02.2022)

http 6; <https://phys.org/news/2016-08-bendable-concrete-stronger-durable.html> (Erişim Tarihi: 22.02.2022)

http7;<https://www.laufen.com.au/en/products/featuresbenefits/sanitaryware/saphirkeramik> (Erişim Tarihi: 22.05.2022)

http-8; <https://wfmmedia.com/the-glass-marvelthe-louis-vuitton-foundation/> (Erişim Tarihi: 29.04.2022)

http-9; <https://www.designboom.com/design/patricia-urquiola-shimmer-glas-italia-milan-design-week-04-20-2015/>