



**ÜRÜN TASARIMINDA DOĞAL ATIK TABANLI SÜRDÜRÜLEBİLİR
MALZEMELER: LÜLETAŞI FİRELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ
ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA**

Şeyda Şenay ELMAS

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİYEL TASARIM ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2021

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Şeyda Şenay ELMAS

22/06/2021

ÜRÜN TASARIMINDA DOĞAL ATIK TABANLI SÜRDÜRÜLEBİLİR
MALZEMELER: LÜLETAŞI FİRELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ ÜZERİNE BİR
ÇALIŞMA
(Yüksek Lisans Tezi)

Şeyda Şenay ELMAS

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Haziran 2021

ÖZET

Dünyadaki yaşamın geleceği için kritik bir değer taşıyan sürdürülebilirlik kavramı, geniş kapsamlı etki alanı nedeniyle farklı disiplinlerde üzerine çalışmalar yapılan bir alan olmuştur. Üretim ve tüketim sistemlerine bağlılığı nedeniyle endüstriyel tasarım disiplini de zamanla sürdürülebilirlik çalışmalarının odağı hâline gelmiştir. Bu doğrultuda akademisyenler ve tasarımcılar tarafından farklı sürdürülebilirlik için tasarım yöntemleri geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Son zamanlarda ise enerji ve malzeme sistemlerinin döngüsellğine odaklanan döngüsel ekonomi modelinin hayatımıza girmesiyle, malzeme odağında yapılan sürdürülebilirlik çalışmaları ön plana çıkmıştır. Endüstrideki sürdürülebilir malzeme sistemlerine geçiş yönelimi, ürün tasarımcıları arasında da etkisini göstermiştir. Bu doğrultuda sürdürülebilirlik odağında yeni malzeme odaklı tasarım yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden biri de doğal tabanlı atıkların tasarım aracılığıyla değerlendirilerek, tekrar üretim sistemlerine kazandırılmasıdır. Bu yöntemde tasarımcılar, atıkları işlevsiz birer malzeme olarak değil, benzersiz özellikte malzeme kompozitleri oluşturacak kaynaklar olarak görmektedir. Bu doğrultuda tez çalışması kapsamında, Eskişehir'e özgü bir kaynak olan lületaşının üretim fireleri ile çalışmalar yapılmıştır. Çalışmanın amacı, ürün tasarımı bağlamında doğal ve yerel bir kaynak olan lületaşının, firelerinin de değerlendirilerek, malzeme-tasarım-üretim odağında uygulanabilecek yeni teknikler geliştirilmesidir. Bu amaçla, ilk olarak alan araştırması gerçekleştirilmiş, gözlemler ve yarı yapılandırılmış mülakatlar ile lületaş malzemesi ve lületaş işleciliği hakkında veriler toplanmıştır. Daha sonra lületaş üretim fireleri ile yeni malzeme örnekleri oluşturulmuş ve bu malzemelerle farklı üretim tekniği denemeleri yapılmıştır. Son olarak, yeni geliştirilen malzemelerin, potansiyel ürün uygulama alanları belirlenmiştir. Bu çalışma, lületaş sektöründe, malzeme, tasarım ve üretim tekniklerinde gerçekleştirilebilecek olası inovatif uygulamaların bulunması ve lületaş işleme zanaatının sürdürülebilmesi açısından önem taşımaktadır.

Bilim Kodu : 80302

Anahtar Kelimeler : Sürdürülebilirlik, ürün tasarımı, atıklarla tasarım, malzeme tasarımı, doğal malzemeler, lületaş

Sayfa Adedi : 132

Danışman : Doç. Dr. Dilek AKBULUT

NATURAL WASTE BASED SUSTAINABLE MATERIALS IN PRODUCT DESIGN: A
STUDY ON REUSE OF MEERSCHAUM WASTE

(M. Sc. Thesis)

Şeyda Şenay ELMAS

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2021

ABSTRACT

The concept of sustainability, which is critical for the future of life in the world, has been an area of study in different disciplines due to its wide-range of influence. Due to its connection to production and consumption systems, the industrial design discipline has also become the focus of sustainability studies over time. Accordingly, different design methods for sustainability have been developed and applied by academicians and designers. Recently, with the introduction of the circular economy model, which focuses on the circularity of energy and material systems, sustainability studies focused on materials have come to the fore. The trend towards sustainable material systems in the industry has also shown its effect among product designers. In this direction, new material-based design methods have been developed with a focus on sustainability. One of these methods is to use natural-based wastes through design and to make them usable for production again. In this method, designers consider waste not as a dysfunctional material, but as resources to create unique material composites. In this direction, within the scope of the thesis, studies were carried out with the production waste of meerschaum which is a resource unique to Eskişehir. The aim of the study is to develop new techniques that can be applied in material-design-production systems of meerschaum sector by reusing the waste of meerschaum in the context of product design. For this purpose firstly, a field study was carried out and data on meerschaum and meerschaum production were collected through observations and semi-structured interviews. Later, new material samples were created with meerschaum production waste and different production technique trials were applied with these new material samples. Finally, potential product application areas of newly developed materials were determined. This study is important in terms of finding possible innovative applications in material, design and production techniques in the meerschaum sector and maintaining the meerschaum craftmanship.

Science Code : 80302

Key Words : Sustainability, product design, design with waste, material design, natural materials, meerschaum

Page Number : 132

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Dilek AKBULUT

TEŞEKKÜR

Akademik hayatımda ve tez çalışmasının her aşamasında bana yol göstererek, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam ve tez danışmanım Doç. Dr. Dilek AKBULUT' a, bu süreçte her zaman yanımda olan ve malzeme çalışmalarında bana yardımcı olan annem Adalet BÜYÜKKILIÇ ve ablam Şeyma BAŞCI' ya, üretim denemeleri sürecinde araç, gereç ve makinelerini kullanmama izin verdikleri için Tripedia Tasarım Atölyesi çalışanlarına, çalışma kapsamında mülakatlarda verdikleri bilgilerle tez çalışmasına katkıda bulunan lületaş ustalarına ve özellikle lületaş üretim firelerinin tedarik edilmesine yardımcı olan lületaş ustası Ramazan BAĞLAN' a teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	x
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ	1
2. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE TASARIM	11
2.1. Sürdürülebilirlik Kavramı ve Kapsamı	11
2.2. Endüstriyel Tasarım Pratiğinin Sürdürülebilirlik ile İlişkisi ve Yöntemler	14
2.2.1. Sürdürülebilir kalkınma hedefleri paralelinde döngüsel ekonomi ve döngüsel tasarım	18
2.2.2. Tasarım aracılığıyla yerelleştirme stratejileri	23
2.3. Sürdürülebilir Malzeme Sistemlerine Geçiş	27
2.3.1. Tasarımda malzeme odaklı sürdürülebilirlik ve yeni yönelimler	31
2.3.2. Doğal tabanlı atıkların tasarım ile değerlendirilmesi	39
2.3.3. Doğal malzemelerden elde edilen kompozitler için kullanılan üretim teknikleri.....	45
3. DOĞAL VE YEREL BİR KAYNAK: LÜLETAŞI	51
3.1. Lületaşı / Sepiyolit ve Özellikleri	53
3.1.1. Eskişehir'de lületaşı işleme zanaatı ve tarihi	56
3.1.2. Lületaşının yerel ekonomiye ve turizme etkisi	59

	Sayfa
3.2. Eskişehir Lületaş Zanaatı Alan Araştırması ve Bulgular	63
3.2.1. Lületaş ustaları ve mesleki yönelimler	66
3.2.2. Ürünler ve tasarım yaklaşımları.....	68
3.2.3. Kullanılan üretim teknikleri.....	72
4. MALZEME DENEMELERİNDE KULLANILAN YÖNTEM VE BULGULAR.....	77
4.1. Metodoloji	78
4.2. Lületaş Üretim Fireleri	79
4.3. Bağlayıcı Malzemeler.....	81
4.3.1. Ksantan gam.....	82
4.3.2. Sodyum aljinat.....	83
4.3.3. Gam arabik	83
4.3.4. Karboksimetil selüloz	84
4.3.5. Guar gam.....	85
4.4. Lületaş Fireleri ile Malzeme Örneklerinin Oluşturulması	85
4.5. Malzeme Özelliklerinin ve Üretim Olanaklarının Araştırılması	91
4.5.1. Malzeme deneyimleri	92
4.5.2. Üretim tekniği denemeleri	98
4.5.3. Renk ve doku çalışmaları	106
4.6. Potansiyel Ürün Uygulama Alanlarının Belirlenmesi.....	110
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	117
KAYNAKLAR	125
ÖZGEÇMİŞ	132

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Sürdürülebilir endüstriler için geliştirilen tasarım yaklaşımlarının sınıflandırılması	23
Çizelge 2.2. Altı karakteristik malzeme grubu ve sürdürülebilirlik özellikleri.....	29
Çizelge 2.3. Malzeme tarifleri.....	46
Çizelge 3.1. Yumrulu ve tabakalı lületaşı arasındaki farklar.....	54
Çizelge 3.2. Çalışma kapsamında mülakat yapılan katılımcı profili.....	64
Çizelge 3.3. Lületaşından yapılan ürün çeşitleri.....	69
Çizelge 4.1. Lületaşı ve doğal tabanlı bağlayıcılar ile yapılan malzeme denemeleri	87
Çizelge 4.2. Lületaşı fireleri ile oluşturulan malzeme örneklerine uygulanan yakma testi.....	94
Çizelge 4.3. Lületaşı fireleri ile oluşturulan malzeme örneklerine uygulanan kırılma ve dayanım testi.....	95
Çizelge 4.4. Lületaşı fireleri ile oluşturulan malzeme örneklerine uygulanan suya dayanım testi.....	97
Çizelge 4.5. Lületaşı fireleri ile oluşturulan malzeme örnekleri ile yapılan üretim tekniği denemeleri	104

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Sürdürülebilirliğin günümüzde birbiri ile eklemlenmiş üç boyutu	13
Şekil 2.2. Sürdürülebilirlik için tasarım yöntemlerinin sınıflandırılması.....	17
Şekil 2.3. Döngüsel ekonomi sistemleri diyagramı	20
Şekil 2.4. Malzeme Odaklı Tasarım Metodu.....	37
Şekil 2.5. Atıklar ile tasarım süreci diyagramı	40
Şekil 3.1. Araştırmanın konusuna yön veren kavramlar ağı haritası	52
Şekil 4.1. Araştırma süreci ve çıktıları.....	112

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. TAK (Tasarım-Araştırma -Katılım) Kadıköy’de disiplinlerarası düzenlenen atölyeler	26
Resim 2.2. Adidas markasının geri dönüştürülebilir malzemeler ile tasarladığı ayakkabılar	32
Resim 2.3. Vitra’nın geri dönüştürülmüş atıklar kullanarak tekrar ürettiği Tip Ton Chair	33
Resim 2.4. UBQ™, çöp sahalarından toplanan atıkların yeni hammaddeye dönüştürülmesi.....	33
Resim 2.5. Sutherlin Santo tarafından özel biyo malzeme ile tasarlanan Carbon Stool.....	34
Resim 2.6. Neri Oxman ve MIT Media Lab ekibi tarafından tasarlanan pavilyon ve malzeme	35
Resim 2.7. ChipsBoard tarafından, gıda artıkları kullanılarak tasarlanmış malzemeler.	36
Resim 2.8. Pirina Projesi ekibinin zeytin üretimi atıkları ile tasarladığı yeni malzeme ve ürünler.....	42
Resim 2.9. Ottan Studio tarafından doğal tabanlı atıklar kullanılarak üretilmiş ürünler	43
Resim 2.10. Totomoxtle: Fernando Laposse tarafından, yerel mısır atıklarından yeni malzeme geliştirilmesi ve ürün tasarımı uygulamaları	43
Resim 2.11. Mermer üretim firelerinin kil ile birleştirmesi ile oluşturulmuş ürünler....	44
Resim 2.12. Doğal tabanlı malzemeler ile geliştirilmiş kompozitlerin 3 boyutlu yazıcı ile üretim denemeleri	48
Resim 2.13. Zeytin atıkları ile oluşturulan kompozit ve demir kalıp ile üretilen ürünler	49
Resim 2.14. Yün lifleri ve nişasta ile oluşturulan NeWool biyo-kompoziti ve ahşap Kalıp kullanılarak şekillendirilmesi.....	50
Resim 3.1. Lületaşının ocaktan çıkarımı	57
Resim 3.2. Lületaşı Galerisi ve sergilenen eserler	62
Resim 3.3. Takı tasarımı yapan lületaşı zanaatkârı.....	67
Resim 3.4. Lületaşından yapılmış takı ve aksesuar örnekleri.....	70

Resim	Sayfa
Resim 3.5. Geleneksel motifler kullanılan pipo tasarımı (a) bezemelerden arındırılmış yalın pipo tasarımı (b)	71
Resim 3.6. Lületaşı kullanılarak tasarlanmış masa saati, cep saati ve mumluk	72
Resim 3.7. Ocaktan yeni çıkarılmış, ham lületaşı örneği	73
Resim 3.8. Lületaşından yapılmış sigara ağızlığının, ebru kağıdına sarılıp yakılarak renklendirilmesi	74
Resim 3.9. Lületaşından yapılmış aksesuarın ebru teknesine daldırılarak renklendirilmesi	75
Resim 3.10. Lületaşı atölyesinde kullanılan torna tezgâhı	76
Resim 4.1. Toz hâline getirilmiş lületaşı üretim fireleri.....	86
Resim 4.2. Denemelerde kullanılan silikon kalıp (a), Lületaşı tozu ve ksantan gam çözeltisi ile yapılan deneme (b), Lületaşı tozu ve sodyum aljinat çözeltisi ile yapılan deneme (c)	99
Resim 4.3. Lületaşı tozu ve sodyum aljinat çözeltisi ile alçı kalıp üretim denemesi	100
Resim 4.4. Sırasıyla plastik, metal ve porselen nesnelerin şekillendirme amacıyla kullanıldığı kalıp üretimi denemeleri.....	100
Resim 4.5. Eklemeli üretim denemeleri	102
Resim 4.6. Baskı aparatı ile şekillendirme yöntemi (a), El ile şekillendirme yöntemi (b) Seramik sucuk tekniği ile şekillendirme yöntemi (c).....	103
Resim 4.7. Malzeme örneklerinin boya kullanılarak renklendirilmesi	107
Resim 4.8. Malzeme renklendirme aşaması (a), Malzeme kuruduktan sonra (b).....	108
Resim 4.9. Kalanşo çiçeğinin atıkları ile oluşturulan malzeme örneği (a), Ağaç yaprağı atıkları ile oluşturulan malzeme örneği (b).....	109
Resim 4.10. Lületaşı fireleri ile oluşturulan malzeme örneklerine yapılan doku çalışmaları	109
Resim 4.11. Dekoratif duvar paneli tasarımı konseptleri	114
Resim 4.12. Panel modüllerinin bir araya getirilmesi ile oluşturulan dekor	115
Resim 4.13. Lületaşı fireleri kullanılarak üretilmiş duvar paneli modülleri	115

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

°C	Santigrat
cm	Santimetre
gr	Gram
ml	Mililitre
M.Ö.	Milattan Önce
sn	Saniye
TM	Trade Mark

Kısaltmalar

Açıklamalar

MIT	Massachusetts Institute of Technology
MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
UNEP	United Nations Environment Programme
WCED	World Commission on Environment and Development

1. GİRİŞ

Sürdürülebilirlik kavramı, günümüzde artan küresel problemlere (çevresel, toplumsal, ekonomik) getirilecek bir çözüm önerisinden ziyade, bir gereklilik hâline gelmiştir. Bu kavram literatürde ilk olarak 1712 yılında kullanılmış olsa da sürdürülebilirlik ile ilgili yapılan çalışmalar, çevresel problemlerle ilgili tartışmaların yoğunluk kazandığı 1960'lı yılların sonlarına doğru önem kazanmıştır (Scoones, 2007). İlk zamanlarda, genellikle çevresel problemlere çözüm önerileri geliştirme odağında yapılan sürdürülebilirlik çalışmaları, zamanla toplumsal ve ekonomik alanları da kapsayan çalışmaların yapıldığı bir stratejiye dönüşmüştür (Dempsey, Bramley, Power ve Brown, 2011; Spangenberg, 2005). Bu dönüşümde, 1987 yılında Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından yayınlanan Brundtland Raporu'nda ortaya atılan "Sürdürülebilir Kalkınma" konsepti etkili olmuştur.

Sürdürülebilir kalkınma konsepti, "günümüz ihtiyaçlarının, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını gidermesini engellemeden karşılanması" (World Commission on Environment and Development [WCED], 1987: 43) ideolojisine dayanmaktadır. Brundtland Raporu'nda, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşabilmek için uluslararası ekonomiler, dünya popülasyonu ve insan kaynakları, gıda güvenliği, ekosistemlerdeki türlerin çeşitliliği ve bu çeşitliliğin korunması, enerji kaynakları, endüstriyel üretim sistemleri, şehirler ve yaşam stilleri, toplumların barışı ve eşitliği konularını da kapsayan yasal düzenlemelerin gerekliliği açıklanmıştır. Birleşmiş Milletler tarafından son olarak 2015 yılında yayınlanan "Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları" da benzer kapsamda, sürdürülebilirliğin çevresel-toplumsal-ekonomik konularını bir arada bulunduran stratejiler içermektedir (Birleşmiş Milletler, 2015). Yayınlanan bu on yedi maddelik sürdürülebilir kalkınma planı, birçok ulus ve kuruluş tarafından farklı alanlarda uygulanmak üzere temel alınmaktadır.

Hem canlı yaşamının hem de gezegenimizin geleceği için kritik bir değer taşıyan sürdürülebilirlik, geniş kapsamlı etki alanı nedeniyle farklı disiplinlerde üzerine çalışmalar yapılan bir alan olmuştur (Goodland, 1995). Endüstriyel tasarım disiplini de üretim ve tüketim sistemlerine bağlılığı nedeniyle, zamanla sürdürülebilirlik çalışmalarının odağı hâline gelmiştir. Endüstriyel tasarımda sürdürülebilirlik kavramı, endüstri ürünlerinin çevrede bıraktığı olumsuz etkilerin artmasıyla birlikte ortaya çıkmıştır. Bu olumsuz etkiler,

endüstriyel tasarım mesleğinin Victor Papanek ve Buckminster Fuller başta olmak üzere birçok tasarım profesyoneli tarafından eleştiriler almasına sebep olmuştur.

Sürdürülebilirlik, kabul edilen birçok norm ve sisteme meydan okur ve yeni alternatif modellerin geliştirilmesini gerektirir. Bu, tasarımın önemli role sahip olduğu bir alandır. Bilinmeyi hayal etme ve gerçekleştirme yeteneği ile yeni yollar ve olanaklar geliştirebilme gücü, tasarımın temelinde bulunan özelliklerdir (Marchand ve Walker, 2007). Zamanla bu özellikleri ile tasarımın, sürdürülebilirlik için bir problem kaynağı olmasından çok, yaratıcı bir çözüm aracı olarak kullanılabileceğinin farkına varılmıştır. Akademisyen ve tasarımcılar bu amaçla, sürdürülebilirlik odağında tasarım yöntemleri geliştirmişlerdir. Sürdürülebilirlik için tasarım yöntemleri, içinde bulunulan zamanın şartlarına göre yıllar içinde değişim göstermiştir (Ceschin, 2014). İlk zamanlarda yeşil tasarım, eko tasarım gibi yöntemler ön planda iken, sürdürülebilirlik çalışmalarının kapsamının genişlemesiyle birlikte, sürdürülebilir ürün-servis-sistem tasarımı, sürdürülebilir sosyal inovasyon için tasarım gibi yöntemler geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntemler ürün, ürün-servis-sistem, sosyo-mekansal ve sosyo-teknik sistem olmak üzere dört düzeyde gruplandırılabilir (Ceschin ve Gaziulusoy, 2016).

Özellikle malzeme ve enerjinin kapalı bir döngüde kalması gerekliliğine dayanan döngüsel ekonomi modelinin hayatımıza girmesiyle birlikte, malzeme odağında yapılan sürdürülebilirlik çalışmaları önem kazanmıştır (Ellen MacArthur Foundation, 2015). McDonough ve Braungart (2002) tarafından geliştirilen "Beşikten Beşiğe" konseptinin temel alındığı döngüsel ekonomi modeli, sürdürülebilir üretim-tüketim sistemleri tasarlamayı hedefleyen stratejiler içermektedir (Ellen MacArthur Foundation, 2015). Farklı endüstrilerde uygulanmaya başlanan bu stratejiler, üretim-tüketim sistemlerine bağlı olan endüstriyel tasarım disiplininde de etkisini göstermiştir. Bu doğrultuda birçok firma ve tasarımcı, ürünlerinde malzeme odaklı değişimler yaparak, daha sürdürülebilir sistemlere geçiş yapmayı hedeflemiştir. Bazı firmalar sürdürülebilirlik hedefiyle ürünlerinde geri dönüştürülmüş malzemeler kullanmış, bazıları ise biyobozunur özellikte malzemeler kullanmaya yönelmişlerdir. Ürün tasarımında malzeme odağındaki bu yönelimler, tasarımcılar arasında da çevreye duyarlı malzemelere olan ilgiyi arttırmıştır. Son zamanlarda tasarımcılar atık malzemeleri (doğal veya biyo tabanlı, endüstriyel ve evsel atıklar) kullanarak kendi yöntemleriyle yeni malzeme kompozitleri geliştirmeye başlamışlardır. Bazı tasarımcılar, yerel tabanlı atıkları kullanarak hem bulundukları

bölgenin ekonomisine katkı sağlamayı, hem de atıklardan oluşturdukları malzemeler ile özgün tasarımlara sahip ürünler üretmeyi amaçlamışlardır. Tasarımcıların geliştirdikleri bu yeni malzeme kompozitleri, literatürde kendin-yap malzemeler (*DIY Materials*) olarak adlandırılmıştır (Ayala-Garcia, Karana ve Rognoli, 2017). Tasarımcıların malzeme tasarım sürecinde aktif rol oynadığı bu yönelim, çok çeşitlilikte malzeme kompozitleri oluşturulmasına olanak tanıyarak, sektörde kullanılan malzemelere alternatif üretilmesini sağlamaktadır (Ayala-Garcia ve Rognoli, 2019). Ürün tasarımındaki bu yeni yönelimler doğrultusunda, farklı malzeme odaklı tasarım metotları geliştirilmiştir (Karana, Barati, Rognoli ve van der Laan, 2015; Bak-Andersen, 2018; Pizarro, 2016; Kottaridou ve Bofylatos, 2019). Yapılan bu malzeme çalışmalarının temelinde, tasarım odaklı düşünme aracıyla atığın değerlendirilerek, katma değerli bir tasarım nesnesinde kullanılabilecek yapıya getirilmesi bulunmaktadır. Böylelikle döngüsel ekonomi modelinde olduğu gibi malzemenin kapalı bir döngüde kalması sağlanarak, daha sürdürülebilir ürünler tasarlanabilecektir.

Atıklar ile tasarım yönteminde tasarımcılar, atıkları işlevsiz bir malzeme olarak değil de benzersiz özellikte malzeme kompozitleri oluşturacak kaynaklar olarak görmektedirler. Ürün tasarımında bu yeni malzeme yönelimlerinde, özellikle yerel nitelikte ve doğal tabanlı atıkların değerlendirilmesi ön plana çıkmaktadır. Bu doğrultuda, sahip olduğu yapısal özellikleri ile Eskişehir ile özdeşleşmiş yerel ve doğal bir malzeme olan lületaşı ile çalışılmaya karar verilmiştir. Lületaşı, yapısında magnezyum ve silisyum elementlerini barındıran, sepiyolit grubu bir kil mineralidir. Genellikle büyük boyutlarda bulunmaması ve yapısal özellikleri nedeniyle bütün ürünleri ve giyim aksesuarlarının yapımında kullanılan bir malzemedir. Yapılan araştırmalar sonucunda lületaşının üretim sırasında, yaklaşık %30-35 oranlarında fire verdiği, bu firelerin büyük bir kısmının değerlendirilmeyerek çöpe atıldığı bilgisine ulaşılmıştır. Lületaşı, dünya üzerinde rezervleri kısıtlı olan bir madendir; bu yüzden sahip olunan kaynaklarının iyi değerlendirilmesi gerekmektedir. Üretim firelerinin değerlendirilmesi konusu bu aşamada ön plana çıkmaktadır. Eskişehir için hem ekonomik hem de kültürel açıdan değerli bir kaynak olan lületaşının firelerinin tekrar üretime kazandırılması, yerel halka ve bölge ekonomisine katkı sağlayacaktır.

Araştırmanın amacı ve yöntemi

Lületaş madeni ve lületaş işleciliği, uzun yıllardır Eskişehir bölge halkına ekonomik bir kaynak oluştururken, aynı zamanda bölgenin geleneğini yansıtan bir kültürel miras ögesi hâline gelmiştir. Sanayi devrimi sonrası geliştirilen alternatif malzeme ve tekniklere yönelim, lületaşın ilk zamanlarda sahip olduğu değeri kaybetmesine yol açmış ve günümüzde yeni çırakların yetişmemesi nedeniyle bu zanaat unutulmaya yüz tutmuştur. Eskişehir'den çıkarılan lületaş, sahip olduğu yapısal özellikleri ile ürün yapımında kullanımı uygun görülmekte, bu özelliğiyle diğer bölgelerden çıkarılan örneklerinden ayrılmaktadır. Yapılan araştırmalar sonucunda, lületaş mamul üretimi sırasında malzemenin fire verdiği ve bu firelerin genellikle değerlendirilmeyerek çöpe atıldığı sonucuna ulaşılmıştır.

Tez çalışmasının amacı, ürün tasarımı bağlamında, doğal ve yerel bir kaynak olan lületaşın firelerinin de değerlendirilerek, malzeme-tasarım-üretim odağında uygulanabilecek yeni teknikler geliştirilmesidir. Böylelikle malzemenin atık vermediği bir sistem oluşturularak kapalı bir döngüde kalması sağlanacaktır. Ayrıca firelerin değerlendirilmesi amacıyla oluşturulan yeni malzeme örnekleriyle, lületaş sektörüne yeni üretim teknikleri kazandırılması amaçlanmaktadır. Lületaş fireleriyle oluşturulan malzemelerle yeni kullanım alanlarının keşfedilmesi, yeni ürün ve tasarımların geliştirilmesi açısından önem taşımaktadır. Böylelikle yerel ekonomiye de katkı sağlanacaktır. Lületaş firelerinin değerlendirilmesi üzerine farklı alanlarda yapılan akademik çalışmalara literatür araştırması kısmında yer verilmiştir. Bu çalışmalar genellikle mühendislik ve güzel sanatlar alanlarında yapılmıştır. Yapılan çalışmalar, firelerin farklı sanayi dallarında kullanımı odağında gerçekleştirilmiş olup (kurşun giderimi, filtre malzemesi yapımı, levha üretimi), endüstriyel tasarım/ürün tasarımı temelinde yapılan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Lületaş ve lületaş işleme zanaatı konularında endüstriyel tasarım temelinde yapılacak akademik bir çalışma, malzeme, tasarım ve üretim tekniklerinde gerçekleştirilebilecek olası inovatif uygulamaların bulunması için gereklidir. Bu çalışma aynı zamanda, lületaş sektörünün günümüz şartlarına entegrasyonu için de fayda sağlayacak ve lületaş işleme zanaatının sürdürülebilmesine katkıda bulunacaktır.

Yapılan araştırmalar sonucunda, tez çalışmasına yön verecek temel araştırma sorusu ve yardımcı araştırma soruları oluşturulmuştur. Tez çalışmasının temel araştırma sorusu: "Llelaşı retim fireleri, atıklardan tasarım yöntemleri temelinde değerlendirilerek, tekrar sektöre kazandırılabilir mi?" olarak belirlenmiştir. "Farklı malzeme ve üretim tekniklerinin, firelerin üretime yeniden kazandırılması amacıyla llelaşı sektörüne entegrasyonu mümkün müdür? Böyle bir entegrasyon, llelaşı işlemeciliğinde atık oluşumunu minimize eder mi?" ve "Sektöre, llelaşı üretim firelerinin ana malzeme olarak kullanıldığı alternatif ürün eşitleri kazandırılabilir mi?" soruları ise yardımcı araştırma soruları olarak belirlenmiştir. Bu sorular doğrultusunda, çalışmada kullanılacak yönteme karar verilmiş ve araştırmanın kavramsal erevesi oluşturulmuştur.

Tez alışması, iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Birinci aşama, niteliksel araştırma yöntemleri baz alınarak uygulanmıştır. İlk olarak literatür araştırması yapılarak, araştırma konusu ile ilgili bilgiler toplanarak değerlendirilmiştir. Daha sonra, llelaşı ve llelaşı işleme zanaatı odağında saha çalışması gerçekleştirilmiş, veriler gözlem ve yarı yapılandırılmış mülakatlarla toplanmıştır. Araştırmanın alışma evrenini oluşturan Odunpazarı Bölgesi'ndeki llelaşı atölyeleri, satış mağazaları ve Llelaşı Galerisi gezilerek, llelaşından üretilen ürünler ve üretim aşamaları fotoğraflanarak belgelenmiştir. Yarı yapılandırılmış mülakatlar ile örneklem olarak seçilen sekiz llelaşı ustasından, üretim teknikleri, kullanılan araç, gereç ve malzemeler hakkında bilgiler alınmış, bu bilgiler ustaların mesleki yönelimleri çerçevesinde değerlendirilmiştir. Mülakatlardan edinilen bilgiler, mülakat esnasında ses kaydıyla ve not alınarak belgelenmiştir. İkinci aşama ise llelaşı üretim firelerinin değerlendirilmesi amacıyla yapılan malzeme oluşturma denemelerini kapsamaktadır. Bu denemelerde, malzeme odaklı tasarım süreçlerini de içeren, atık malzemeler ile tasarım süreçleri temel alınmıştır (Pizarro, 2016; Kottaridou ve Bofylatos, 2019). Bu yöntemlerin diğer tasarım yöntemlerinden farkı, tasarımcının malzemeye doğrudan müdahale edebilmesidir (Karana ve diğerleri, 2015; Bak-Andersen, 2018). İlk olarak üretim fireleri ile yeni malzeme örnekleri oluşturulmuştur. Daha sonra malzeme deneyimi odağında, yeni oluşturulan malzeme örneklerinin özelliklerinin anlaşılması için bir takım testler uygulanmıştır. Malzeme deneyimleri sonucunda üretim için ideal örneklerle karar verilmiş ve bu örneklerle üretim tekniği denemeleri yapılmıştır. Fireler ile geliştirilen yeni malzeme örneklerine, farklı teknikler kullanılarak renklendirme ve doku çalışmaları uygulanmıştır. Son olarak, malzeme ve üretim denemeleri sonucunda elde edilen bilgiler değerlendirilerek, llelaşı fireleri ile oluşturulan yeni malzeme

örneklerinin, potansiyel ürün uygulama alanları belirlenmiş ve ürün tasarımı konseptleri geliştirilmiştir. Tüm aşamalarda gözlem yoluyla elde edilen veriler fotoğraflanarak ve notlarla belgelenmiştir.

Literatür araştırması

Tez çalışmasında, literatür araştırması kapsamında konu ile ilgili yapılan çalışmalar incelemiş ve bilgiler toplanmıştır. Literatürde ilk etapta sırasıyla sürdürülebilirlik - tasarım - malzeme odağında yapılan çalışmalara dair bilgiler, yayınlanan makale, kitap, rapor, tez çalışmaları ve gerçekleştirilen projeler incelenerek toplanmıştır. Daha sonra, çalışmanın ana konusunu oluşturan lületaşı ve lületaşı işleme zanaatı ile ilgili yapılan akademik çalışmalar (makaleler, kitaplar, tezler) ve projeler incelenmiştir. Bu araştırmalar ile hem lületaşının malzeme özellikleri hem de bir zanaat dalı olarak lületaşı işlemeciliği hakkında bilgiler toplanmıştır.

İlk olarak sürdürülebilirlik kavramının tanımı ve sürdürülebilir kalkınma konsepti ile ilgili bilgilere erişilmiştir (WCED, 1987; Yeni, 2014). Kısaca sürdürülebilirliğin, çevresel (Goodland, 1995), sosyal (Dempsey ve diğerleri, 2011) ve ekonomik (Spangenberg, 2005) kapsamına dair tanımlamalara ve bu üç kapsamın birbiri ile etkileşimine yer verilmiştir (Şen, Kaya ve Alpaslan, 2018; Birleşmiş Milletler, 2015). Daha sonra, endüstriyel tasarım disiplini ile sürdürülebilirlik arasındaki etkileşimi anlayabilmek için sürdürülebilir tasarım konseptinin nasıl ortaya çıktığından bahsedilmiştir (Papanek, 1985; Margolin, 1998; Heskett, 2013). Zaman içinde geliştirilen sürdürülebilir tasarım yöntemleri ve bu yöntemlerin farklı değişkenlere göre sınıflandırılmalarına dair bilgiler toplanmıştır (Ceschin, 2014; Ceschin ve Gaziulusoy, 2016; Charnley, Moreno, De los Rios ve Rowe, 2016). Sürdürülebilir kalkınma amaçları paralelinde hayatımıza giren döngüsel ekonomi (Stahel, 2016; Ellen MacArthur Foundation, 2017; Korhonen, Honkasalo ve Seppala, 2018) ve döngüsel tasarım (Charnley ve diğerleri, 2016; Early, 2017) konseptlerinin, üretim-tüketim sistemlerine ve dolayısıyla endüstriyel tasarıma olan etkisinden bahsedilmiştir (Ellen MacArthur Foundation, 2015; Mestre ve Cooper, 2017; De los Rios ve Charnley, 2017). Ayrıca tasarımın bir araç olarak kullanıldığı yerelleştirme stratejilerine (yerel malzeme kullanımı, tasarım ve üretimde yerelleştirme) ve bu stratejilerin sürdürülebilirlik açısından sahip olduğu öneme değinilmiş (Walker, Doğan ve Marchand, 2009; Manzini, 2010; Morelli, 2012; Norberg-Hodge, 2017), bu alana çalışmalarıyla

katkıda bulunan kuruluşlara kısaca yer verilmiştir. Üretim sistemlerinde yerelleştirmenin öneminin anlaşılması ve malzemenin kapalı bir döngüde kalması gerekliliğine dayanan (Mcdonough ve Braungart, 2002) döngüsel ekonomi modelinin etkisiyle, sürdürülebilir malzeme sistemlerine geçiş üzerine yapılan çalışmalar artmıştır. Bu geçişin sürdürülebilirlik için gerekliliğine (Ashby, 2016), konu ile ilgili genel yaklaşımlara (Fiksel, 2006; Ljunberg, 2007) ve ürün tasarımı odağında yapılan çalışmalara (Cicconi, 2018; Olivetti ve Culleb, 2018) yer verilmiştir. Daha sonra ürün tasarımında malzeme seçiminin öneminden (Ashby ve Johnson, 2003) ve örneklendirmelerle firmalar ve tasarımcılar arasındaki yeni malzeme yönelimlerinden bahsedilmiştir. Özellikle tasarımcılar arasında giderek artan bir yönelim olarak, doğal tabanlı malzeme kompozitleri oluşturulmasına dair bilgiler (Karana, Nimkulrat, Giaccardi, Niedderer ve Fan, 2019; MIT Media Lab, 2018; Ayala-Garcia, Karana ve Rognoli; Ayala-Garcia ve Rognoli, 2019) ve geliştirilen malzeme odaklı tasarım yöntemleri (Karana, Barati, Rognoli ve van der Laan 2015; Bak-Andersen, 2018) anlatılmıştır. Tasarımcıların kendi malzemelerini oluşturdukları bu yeni yönelimde, atık malzemelerin değerlendirilerek yeni tasarım ürünlerinde kullanılmasının önemi vurgulanmış (Oxman, 2010), geliştirilen atıklardan tasarım metodolojileri açıklanmıştır (Pizarro, 2016; Kottaridou ve Bofylatos, 2019). Tasarımlarında doğal ve yerel atıklarla kendi oluşturdukları malzeme kompozitlerini kullanan tasarımcılara ve aynı amaçla geliştirilen projelere yer verilmiştir. Son olarak doğal malzemelerden elde edilen kompozitler için kullanılan malzeme içerikleri ve üretim teknikleri anlatılmıştır (Faludi, Van Sice, Shi, Bower ve Brooks, 2018; Sauerwein, Zlopasa, Doubrovski, Bakker ve Balkenende, 2020; Farag, Alshebani, Elhrari, Klash, ve Shebani, 2020).

Sürdürülebilirlik-Tasarım-Malzeme odağında yapılan literatür araştırmalarının ardından, lületaş ile ilgili literatüre yer verilmiştir. İlk olarak malzemeyi daha iyi tanıyabilmek için lületaşının yapısal özellikleri hakkındaki bilgilerden bahsedilmiştir (Akıncı, 1967; Bozkurt, 1989; Yenişol, 1993; Sabah ve Çelik, 1999; Algan, 2015; Taşlıgil ve Şahin, 2011; Işık ve Beyarlan, 2016; MTA, 2021). Daha sonra lületaşının ve lületaş işleme zanaatının tarihi hakkındaki bilgilere yer verilmiş ve lületaşının Eskişehir için sahip olduğu kültürel değerden bahsedilmiştir (Tunçdilek, 1955; Tekin, 1972; Dağılgan, 1994; Bilim, 1999; Kazancı ve Gürbüz, 2014). Doğal ve yerel bir kaynak olan lületaşının, Eskişehir ekonomisi ve turizmi için önemi anlatılmıştır (Timur, 1989; Bilim, 1999; Gümüşsoy, 2013; Köşker ve Karacaoğlu, 2019). Lületaşının ulusal ve uluslararası düzeyde tanınırlığının artması ve kaybettiği değeri tekrar kazanabilmesi için Eskişehir Valiliği ve Eskişehir Odunpazarı

Belediyesi tarafından düzenlenen etkinliklere yer verilmiştir (Lületaşı Festivalleri, Lületaşı Tasarım Yarışması, Lületaşı Kursları). Yapılan araştırmalar sonucunda lületaşının üretim sırasında yaklaşık %30-35 arasında fire verdiği (Algan, 2015) bilgisine ulaşılmıştır. Lületaşı fireleri ile ilgili farklı alanlarda yapılan çalışmalara ulaşılmıştır. Bazı kişiler fireleri alçı veya farklı katı ve sıvı bağlayıcılarla karıştırıp presleyerek pipo astarı olarak kullanmıştır (Korkmaz, 1987; Bozkurt, 1989) fakat alçı ile üretilen kompozitin piyasada doğal lületaşı olarak satılması problemi olduğu bilgisine ulaşılmıştır (Taşlıgil ve Şahin, 2011). Heykel anasanat dalı altında yapılan tez çalışmasında lületaşı fireleri polyester ile karıştırılarak, heykel çalışmaları yapılmıştır (Akburu, 2019). Mühendislik alanında yapılan çalışmalarda ise firelerin farklı sanayilerde kullanılmasına yönelik (kurşun giderimi, filtre malzemesi, levha üretimi) malzeme kompozitleri oluşturulmuştur (Işık, 1995; Bektaş ve Öncel, 2004; Akgürbüz ve Uysal, 2019; Karakehya ve Bilgiç, 2020). Lületaşı ve firelerinin değerlendirilmesi ile ilgili, endüstriyel tasarım/ürün tasarımı alanında yapılan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Lületaşı firelerinin değerlendirilmesi üzerine, tasarım odaklı düşünme ile yapılacak bir çalışmanın gerekliliğine karar verilmiş ve tez kapsamında bu konu üzerine çalışma yapılması uygun bulunmuştur.

Kavramsal çerçeve bazında, tezin ikinci bölümünde "Sürdürülebilirlik ve Tasarım" ana başlığı altında sırasıyla, sürdürülebilirlik - tasarım - malzeme ilişkisine dair literatüre yer verilmiştir. Ayrıca tezin ana konusunu da oluşturan doğal atıkların tasarım ile değerlendirilmesi konusu, kullanılan metot, malzeme ve teknikler ile anlatılmıştır. Üçüncü bölümde "Doğal ve Yerel Bir Kaynak: Lületaşı" ana başlığı altında ilk olarak lületaşının özellikleri ve lületaşı işlemeciliğinin tarihine dair bilgilere yer verilmiştir. Daha sonra, lületaşı işlemeciliği odağında yapılan alan araştırması ve araştırmadan edinilen bulgular açıklanmıştır. Tezin dördüncü bölümünde ise "Malzeme Denemelerinde Kullanılan Yöntem ve Bulgular" ana başlığı altında, lületaşı fireleri ile yeni malzeme oluşturma aşamalarına, yeni oluşan bu malzemeler ile yapılan denemelere (malzeme testleri, üretim uygulamaları, renk ve doku çalışmaları, potansiyel ürün uygulama alanları) ve denemelerden elde edilen bulgulara yer verilmiştir.

Araştırmanın sınırlılıkları ve kısıtları

Araştırma kapsamında malzeme denemeleri aşamasında, yeteri kadar lületaşı firesi toplanması konusunda sorunlar yaşanmıştır. Bölgede, lületaşı firelerinin toplanması için

geliştirilmiş herhangi bir sistem olmaması ve lületaşı ustalarının birçoğunun fireleri biriktirmeyerek çöpe atmaları sebebiyle, zaman zaman yeterli miktarda malzeme kaynağına ulaşmada sıkıntılar yaşanmıştır. Ayrıca araştırma sırasında, küresel ölçekte etkisini gösteren Covid-19 pandemisi nedeniyle, yeni oluşturulan malzemeler ile yapılan üretim tekniği denemelerinde, üretim atölyeleri kullanılamadığı için gerekli araç ve teçhizat kısıtlı bir zaman aralığında kullanılabılmıştır.

2. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE TASARIM

Sürdürülebilirlik kavramı günümüzde, doğal kaynakların geri dönüştürülemeyecek şekilde tüketilmesi ile artan çevresel, ekonomik ve sosyal boyutlardaki problemlere bir çözüm stratejisinden çok şartlı bir uygulama hâline gelmiştir. Temelinde, günümüz ihtiyaçlarının gelecek nesillerin ihtiyaçlarını gidermesini engel olmadan karşılanması (WCED, 1987:43) prensibini barındıran sürdürülebilirlik, doğal kaynakların bir döngü içinde sürdürülerek tüketilmesi ideolojisine dayanmaktadır.

Tüketim kültürüne sıkı sıkıya bağlı olan endüstriyel ürünler ve buna bağlı olarak endüstriyel tasarım pratiği sürdürülebilirlik için önemli bir konumda bulunmaktadır. Sürekli artan farklı ürün talebi, bu doğrultuda tasarım aracılığıyla artan ürün çeşitliliği ve tüketim hızı, doğal kaynakların sürdürülemeyen bir şekilde tüketilmesine neden olmuştur. Bu da susuzluk, çevre kirliliği, küresel ısınma gibi birçok çevre sorununa neden olmuştur. Bu nedenlerle birçok profesyonel tasarımcı, akademisyen veya araştırmacı, sürdürülebilirlik için tasarım yöntemleri geliştirmiş ve ürün tasarımında uygulamalarını araştırmışlardır.

2.1. Sürdürülebilirlik Kavramı ve Kapsamı

Sürdürülebilirlik, özellikle Sanayi Devrimi ve sonrasında kendini gösteren ve günümüze kadar farklı açılardan ele alınarak önemini korumaya ve arttırmaya devam eden bir kavramdır. Sanayileşme sonrası, çevreye karşı sorumsuz üretim ve tüketim anlayışı sonucu ortaya çıkan küresel ısınma, iklim değişikliği, doğal kaynakların tükenmesi, doğal yaşam alanlarının tahribatı, vb. sorunlara bir çözüm sunmak amacıyla ortaya atılan sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri ilk olarak 1960'lı yıllarda ortaya çıkmış ve 1987 yılında Birleşmiş Milletler bünyesi altında çalışmakta olan Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun yayınlamış olduğu "Ortak Geleceğimiz" başlıklı rapor ile kamuoyuna sunulmuştur (Yeni, 2014).

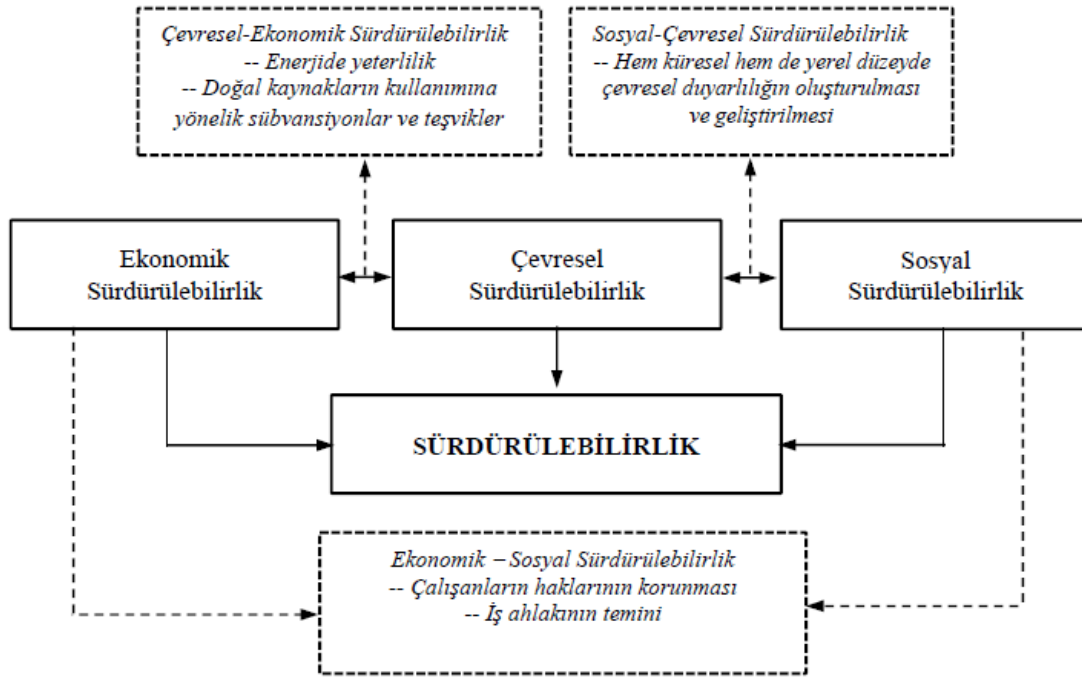
Sürdürülebilirlik genel olarak çevresel / ekolojik sürdürülebilirlik, sosyal / toplumsal sürdürülebilirlik ve ekonomik sürdürülebilirlik olmak üzere üç farklı alanda ele alınmaktadır (Şekil 2.1) ve bu alanlarda farklı tanımlamalara sahiptir. Her ne kadar farklı

sürdürülebilirlik tanımları mevcut olsa da bu tanımlar; " Günümüzün ihtiyaçlarının, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını gidermesini engellemeden karşılanması " (WCED, 1987) prensibi çerçevesinde şekillenmişlerdir.

Çevresel veya ekolojik sürdürülebilirlik, küresel yaşam destek sistemlerinin (genellikle insan yaşamının devamı için gerekli olan sistemler) korunması temelinde ele alınmaktadır (Goodland, 1995). Bu alanda, su, gıda gibi doğal kaynakların bilinçli tüketimi, enerji ve hammadde kaynaklarının verimli kullanımı, çevreye karşı duyarlılık ve sorumluluk, biyoçeşitliliği koruma, atık ve emisyonu minimum düzeye indirme gibi konulara odaklanan çalışmalar yapılmaktadır.

Sosyal sürdürülebilirlik veya toplumsal sürdürülebilirlik, sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin sosyal hedefleri nelerdir sorusuna cevap arayan geniş kapsamlı bir alandır. Şehir içi toplumsal sürdürülebilirliğe etki eden unsurlar iki farklı kategoride sınıflandırılabilir (Dempsey, Bramley, Power and Brown, 2011): fiziksel olmayan faktörler ve ağırlıklı olarak fiziksel faktörler. Eğitim, toplumsal adalet, demokrasi, sağlık, yaşam kalitesi, sosyal sermaye, güvenlik, toplumsal düzen, sosyal dayanışma, sosyal etkileşim, meslek edinme, bir yere veya topluluğa ait olma hissi gibi kavramlar fiziksel olmayan faktörler grubunda yer alırken; erişilebilirlik, sürdürülebilir kentsel tasarım, medeniyet, iyi konutlandırma, yerel çevre kalitesi ve rahatlığı, kullanıcı dostu kentsel tasarım gibi konular ağırlıklı olarak fiziksel faktörler grubunda yer almaktadır. Bu faktörler göz önünde bulundurulduğunda, sosyal sürdürülebilirliğin sağlanması için tüm kavramların "Sosyal Homojenlik" temelinde birleşmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Ekonomik alanda sürdürülebilir gelişme ise genel olarak, "insanlar için kalıcı bir gelir kaynağı sağlama" olarak tanımlanmaktadır (Spangenberg, 2005). Yerel ekonomiye katkı, iş olanağı yaratma, yenilik ve inovasyon odaklılık, altyapı yatırımı gibi uygulamalar da ekonomik sürdürülebilirlik stratejileri arasında yer almaktadır. Sürdürülebilirliğin bu üç boyutu (çevresel, sosyal ve ekonomik) birbiriyle sürekli etkileşim halindedir (Şen, Kaya ve Alpaslan, 2018); çevresel boyut, yaşama ve çalışma koşullarını doğrudan etkileyerek, sosyal ve ekonomik alanlarda etkisini gösterir. Buna karşılık, sosyal ve ekonomik boyutların çevre üzerindeki etkileri genelde çevresel kaynakların tahribatı şeklinde kendini göstermektedir. Etkileşimin en çok olduğu boyutlar ise ekonomik ve sosyal boyutlardır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Sürdürülebilirliğin günümüzde birbiri ile eklemlenmiş üç boyutu (Şen, Kaya ve Alpaslan, 2018)

Goodland (1995), sürdürülebilir gelişmenin gerçekleştirilebilmesi için sosyal, çevresel ve ekonomik kapsamlı çalışmaların her üçünün de sürdürülebilir gelişme programlarına entegre edilmesi gerektiğini savunmuştur. Yapılan çalışmalar göstermektedir ki ulusların, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşabilmesi için, çevresel, sosyal ve ekonomik alanlarda uygulamalar yapılması gerekmektedir. Birleşmiş Milletler'in, son olarak yayınladığı 17 maddeden oluşan "Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları" veya "Küresel Amaçlar", yukarıda bahsedilen sürdürülebilirliğin çevresel, sosyal ve ekonomik yönlerinin tümünü kapsayan bir strateji ile oluşturulmuştur. Bu hedefler:

1. Yoksulluğa son,
2. Açlığa son,
3. Sağlık ve kaliteli yaşam,
4. Nitelikli eğitim,
5. Toplumsal cinsiyet eşitliği,
6. Temiz su ve sanitasyon,
7. Erişilebilir ve temiz enerji,
8. İnsana yakışır iş ve ekonomik büyüme,
9. Sanayi, yenilikçilik ve altyapı,
10. Eşitsizliklerin azaltılması,

11. Sürdürülebilir şehirler ve topluluklar,
12. Sorumlu üretim ve tüketim,
13. İklim eylemi,
14. Sudaki yaşam,
15. Karasal yaşam,
16. Barış, adalet ve güçlü kurumlar,
17. Amaçlar için ortaklıklar (Birleşmiş Milletler, 2015).

Günümüzde birçok ülkenin örnek alarak uygulamaya başladığı ve giderek yaygınlaşan bu program, başta açlık, eşitlik ve iklim değişikliği gibi konuları ele alan stratejileri içeren, gelecek 15 yıl içinde başarıya ulaşması beklenen bir programdır. Bu program ile hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerin ihtiyaçları gözetilerek kimsenin geride ve kapsam dışı bırakılmaması hedeflenmektedir. (Birleşmiş Milletler, 2015). Bu hedefler göz önünde bulundurulduğunda, Birleşmiş Milletler' in sürdürülebilirliğin sosyal, ekonomik ve çevresel boyutlarını kapsayan bir kalkınma programı yapmayı amaçladığı görülmektedir.

2.2. Endüstriyel Tasarım Pratiğinin Sürdürülebilirlik ile İlişkisi ve Yöntemler

Tasarım, tıpkı sürdürülebilirlik gibi geniş bir alanı kapsadığı için farklı alanlarda farklı tanımlamalara sahip olan bir kavramdır. Kesin ve herkes tarafından kabul edilen bir tanıma sahip olmaması, tasarımı toplum içinde değersizleştirebilmektedir; fakat tasarım yaşamın her yerinde karşılaşılan ve canlı ve cansız her şeyi etkileyen bir pratiktir (Heskett, 2013).

Endüstriyel tasarım ise kavram olarak, Endüstri Devrimi ve sonrasında gelişen seri üretim tekniklerinin sonucunda hayatımıza girmiştir. Bu yüzden başlangıçta, nesnelere sanatsal bir şekilde form verme işlemi olarak algılandığı için tüketim kültürüne sıkı sıkıya bağlanmıştır (Margolin, 1998). Küresel rekabet gücünün temel bir bileşeni olarak gittikçe değer kazanan ve tüketim seviyesini üst düzeye çıkaran endüstriyel tasarım, Victor Papanek ve Buckminster Fuller başta olmak üzere, birçok tasarım profesyoneli tarafından eleştirilmiştir. Papanek (1985), endüstriyel tasarımın kitlesel üretim temelinde cinayetler yarattığını ve tasarımcıların her yıl dünya çapında işlevsiz olduğu kadar, canlı yaşamı için de tehlike yaratan ürünler tasarlayarak, sürekli yeni çöp türleri oluşturduğunu, aynı zamanda tasarımlarında zararlı malzemeler seçerek solunan havayı kirleten bir tür hâline geldiğini yazmıştır. Fuller ve Papanek gibi tasarım eleştirmenlerinin buna benzer

söylemleri, endüstriyel tasarım pratiğinde sürdürülebilirlik kavramını ortaya çıkarmış ancak sürdürülebilir tasarım uygulamaları, uzun bir süre boyunca kitlesel üretimde kendine yer bulamamıştır.

Sürdürülebilirlik kapsamında yapılan çalışmalar ve sürdürülebilirlik yaklaşımları, endüstriyel tasarım alanındaki sürdürülebilirlik çalışmalarını ve sürdürülebilir tasarım yöntemlerinin belirlenmesinde doğrudan etkili olmuştur. Ceschin (2014), sürdürülebilir ürün-servis sistemleri tasarımı üzerine yazdığı kitabında, sürdürülebilirlik yaklaşımlarının evrimini dört farklı dönem altında gruplandırmıştır. Birinci dönemde (1960'ların sonlarına doğru), çevre kirliliği üzerine yapılan araştırmalar ve bu probleme getirilen potansiyel çözüm önerileri üzerine odaklanılmıştır. Bu dönemde sürdürülebilirlik sorunlarının nedenlerine sadece yüzeysel olarak yaklaşmıştır. 1980'lerin ortalarından itibaren ise çevresel yönelimler, atık ve kirleticilerin kontrol ve yönetiminden atık ve kirliliğin oluşmasının engellenmesine kaymıştır. Reaktif çözümlerden proaktif çözümlere geçiş ile karakterize edilen bu tür müdahaleler, ikinci dönem yaklaşımlarını temsil etmektedir. Bu yaklaşımlar örneğin; hammadde ve enerjinin korunması, toksik hammaddelerin kullanımının azaltılarak çevreye minimum düzeyde zarar veren hammaddelerin kullanılması, toksik emisyon ve atıklara üretim sürecini bitirmeden müdahale edilmesi ve bu müdahalelere yeni teknolojiler aracılığıyla çözüm getirilmesidir. 90'lı yılların başından itibaren ise sadece üretim sürecine getirilen çözümlerin yeterli olmayacağı, üretilen ürünlerin yaşam döngüleri boyunca çevresel etkileri belirlediği anlaşılmıştır. Bu nedenle sürdürülebilirlik yaklaşımlarının üçüncü evresini oluşturan bu dönemde yalnızca üretim süreçlerine değil, aynı zamanda ürün ve ürün yaşam döngüsünün çevresel etkilerini azaltmaya da odaklanılmıştır. Sürdürülebilirliğin sağlanması için sadece ürün ve üretim süreçlerinde değil, sistemik temelde değişim ve inovasyonların gerçekleştirilmesi gerekliliğini temel alan metot ve uygulamalar ise dördüncü dönem yaklaşımlarını oluşturmaktadır. Sistem inovasyonları odaklı bu yaklaşımlarda üretim ve tüketim sistemlerinde yapılacak geniş kapsamlı değişiklikler ile sürdürülebilirliğin sağlanabileceği öngörülmektedir.

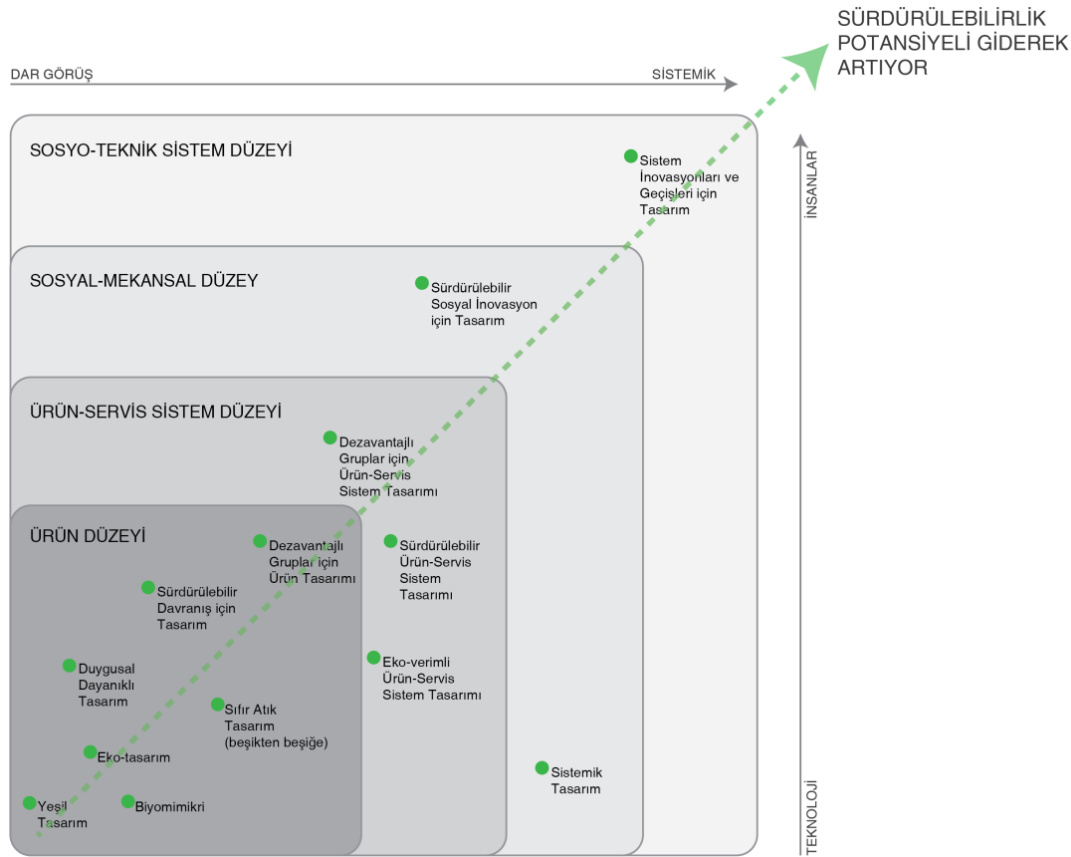
Sürdürülebilir tasarım yöntemleri de, bu dört dönemdeki sürdürülebilirlik yaklaşımlarına paralel olarak değişmiş ve gelişim göstermiştir. Özellikle 1980'li yıllardan sonra Victor Papanek ve Buckminster Fuller gibi profesyonellerin eleştirileri doğrultusunda sürdürülebilir tasarım kavramı yaygınlaşmış ve ürün tasarımında yeni yöntemler uygulanmaya

başlanmıştır. 90'lardan itibaren sürdürülebilirliğin üçüncü evresini oluşturan ürün odaklı yaklaşımlarda, ürün tasarımında eko tasarım, çevre için tasarım, yaşam döngüsü tasarımı gibi tasarım yöntemleri geliştirilmiştir (Ceschin, 2014). Sürdürülebilirlik için daha kapsamlı sistemik metotların geliştirildiği dördüncü evrede ise endüstriyel tasarımda da benzer şekilde sürdürülebilir ürün-servis sistem tasarımı, sürdürülebilir sosyal inovasyon için tasarım, sistem inovasyonları ve geçişleri için tasarım gibi yöntemler uygulanmaya başlanmıştır (Şekil 2.2).

Günümüzde hâlen sürdürülebilir tasarım kitlesel üretimde kendine belirli bir yer edinmemiştir. Sürdürülebilir tasarımın kitlesel üretim tekniklerinde belirli bir konuma gelebilmesi ve başarılı bir şekilde uygulanabilen bir yöntem olması için birçok profesyonel tasarımcı, akademisyen ve araştırmacı farklı sürdürülebilir tasarım metotları geliştirmiştir. Ceschin ve Gaziulusoy (2016), geliştirilen sürdürülebilirlik için tasarım yöntemlerini, yıllar içinde gösterdikleri gelişim ve kapsamlarını göz önünde bulundurarak dört kategoride sınıflandırmışlardır (Şekil 2.2) :

- 1- Ürün Düzeyinde Sürdürülebilirlik Yaklaşımları: Genellikle piyasadaki bir ürünün iyileştirilmesine veya yeni bir ürün tasarlanmasına odaklanılan yöntemleri içerir. Bu yöntemler: Yeşil Tasarım, Eko-tasarım, Biyomimikri, Duygusal Açıdan Dayanlı Tasarım, Sürdürülebilir Davranış için Tasarım, Beşikten Beşiğe Tasarım, Dezavantajlı Gruplar için Tasarım.
- 2- Ürün-Servis Sistemi Düzeyinde Sürdürülebilirlik Yaklaşımları: Bu kategorideki yöntemlerde tek ürün tasarımından ziyade ürün, servis ve paydaş değer zincirlerinin entegrasyonuna odaklanılmıştır: Dezavantajlı Gruplar için Ürün-Servis Sistemi Tasarımı, Sürdürülebilir Ürün-Servis Sistem Tasarımı, Eko-verimli Ürün-Servis Sistem Tasarımı.
- 3- Sosyal-Mekansal Düzeyde Sürdürülebilirlik Yaklaşımları: Bu kategoride tasarımın kapsamı, mahallelerden şehirlere kadar değişebilen bir odak noktası ile toplumların sosyal-mekansal koşulları üzerine odaklanmaktadır. Sürdürülebilir Sosyal İnovasyon için Tasarım, Sistemik Tasarım bu alan içinde yer alan sürdürülebilirlik için tasarım metotlarındadır.
- 4- Sosyo-Teknik Sistem Düzeyinde Sürdürülebilirlik Yaklaşımları: Bu yaklaşımlar temel olarak, yeni sosyo-teknik sistemlere geçişi teşvik eden ve destekleyen tasarım odaklı sürdürülebilirlik yöntemlerini kapsar: Sistem İnovasyonları ve Geçişleri için Tasarım (Ceschin ve Gaziulusoy, 2016).

Ceschin ve Gaziulusoy (2016) 'un yaptığı bu çalışmada, Şekil 2.2'den de görüleceği üzere sınırlı ürün düzeyindeki sürdürülebilirlik için tasarım metotlarından, daha kapsamlı sistemik düzeydeki sürdürülebilirlik için tasarım metotlarına doğru gidildikçe, uygulanan metodun kalıcılığı ve etkisi artmakta, dolayısıyla sürdürülebilirlik potansiyeli de artmaktadır. Sistemik düzeyde uygulanan yöntemler, sadece bir ürünün ve bu ürünün parçalarının sürdürülebilirliğini değil de, ürün - üretim - kullanıcı - çevre faktörlerinin tümünün geliştirilen yönetime entegre edildiği yöntemlerdir. Dolayısıyla, sürdürülebilir sosyal inovasyon için tasarım, sistem inovasyonları ve geçişleri için tasarım, sürdürülebilir ürün-servis-sistem tasarımı gibi yöntemler, ürün tasarımı düzeyinde uygulanan biyomimikri, yeşil tasarım, eko tasarım vb. tasarım metotlarından daha geniş bir alanı kapsamakta ve etkisini göstermektedir.



Şekil 2.2. Sürdürülebilirlik için tasarım yöntemlerinin sınıflandırılması (Ceschin ve Gaziulusoy, 2016)

Chanley, Moreno, De los Rios ve Rowe (2016) ise çevre faktörleri odaklı tasarım metotlarının tarihsel gelişimini dört farklı grup içinde sınıflandırmıştır:

- I. 1970'ler ve Yeşil Tasarım: Ürün tasarımı ve geliştirilmesinde, geri dönüştürülebilir

malzemelerin seçimi gibi tek ve sınırlı konulara odaklanır.

- II. 1980'ler ve Eko Tasarım: Ürün tasarımının her aşamasında belirli çevresel unsurlara yer veren standart ürün tasarımı geliştirmeyi amaçlar.
- III. 1990'lar ve Sürdürülebilir Tasarım: Ürün tasarımında ekolojik ve ekonomik etmenlerin yanında, ürünlerin sosyal bağlamda etkisini de göz önünde bulunduran metotları kapsar.
- IV. 2000'ler ve Sürdürülebilirlik için Tasarım: Kapsamlı ve kalıcı sürdürülebilirlik için, hem ürün hem de ürün-servis sistemlerinde yapılacak radikal değişimlere odaklanılır.

Literatür okumaları sonucunda görülmektedir ki, belirli zaman aralıklarında, içinde bulunulan dönemin koşulları doğrultusunda farklı sürdürülebilir tasarım yaklaşımları geliştirilmiştir. Farklı araştırmacı ve profesyoneller tarafından yapılan sınıflandırmalardan da görüleceği üzere, sürdürülebilir tasarım yaklaşım ve yöntemleri zaman içerisinde daha kapsamlı uygulama ve tekniklere dönüşmüştür.

2.2.1. Sürdürülebilir kalkınma hedefleri paralelinde döngüsel ekonomi ve döngüsel tasarım

Doğa, su ve besin döngülerinin başkaları için kaynak oluşturduğu sürdürülebilir bir yapıda çalışmaktadır. Fakat insanlar "yap-kullan-at" temelinde faaliyetlerine devam etmektedirler. Dünyadaki plastik atıkların üçte biri toplanmamakta ve herhangi bir şekilde yönetilmemektedir. Geleneksel iş yöntemlerinin neden olduğu problemlere (çevresel, ekonomik ve sosyal problemler) çözüm olarak "döngüsel ekonomi" kavramı geliştirilmiştir. Döngüsel ekonomide, hizmet ömürlerinin sonunda olan ürünler başkaları için kaynağa dönüşür, endüstriyel ekosistemlerdeki döngüleri kapatır ve israfı en aza indirir (Stahel, 2016).

Birleşik Krallık merkezli, döngüsel ekonomi odaklı çalışmalar gerçekleştiren Ellen MacArthur Vakfı'na göre döngüsel ekonomi üç temel prensibe dayanmaktadır: Atıkları ve kirliliği tasarlama, ürün ve malzemeleri döngüde/kullanımda tutma ve doğal sistemleri yeniden canlandırma. Döngüsel bir ekonomide ekonomik faaliyetler sürekli sağlıklı sistemler yapılandırır. Bu konsept, küreselden yerele, büyük işletmelerden küçük işletmelere tüm ölçeklerde etkin ve etkili çalışması gereken ekonominin önemini kabul

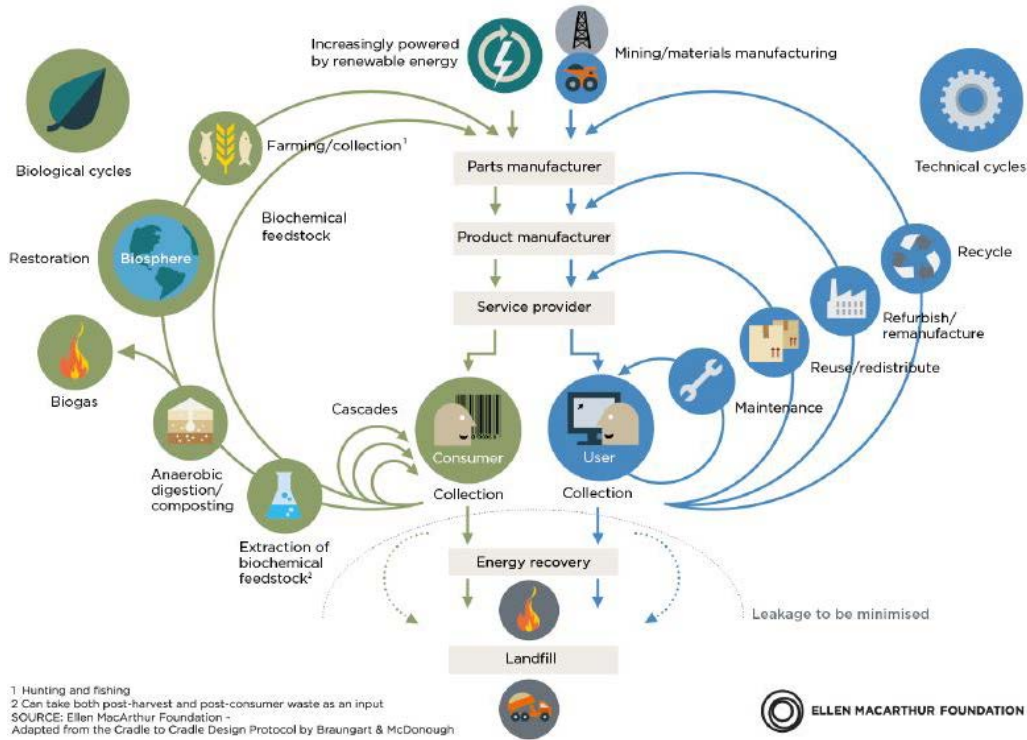
eder. Döngüsel ekonomiye geçiş, yalnızca doğrusal ekonominin olumsuz etkilerini azaltmaya yönelik düzenlemeleri amaçlamaz. Uzun vadeli dayanım oluşturan, yeni iş modelleri ve ekonomik fırsatlar üreten ve çevresel ve sosyal faydalar sağlayan sistemik bir değişimi temsil eder (Ellen MacArthur Foundation, 2017). Döngüsel ekonomi modeli Çin, Japonya, Birleşik Krallık, Fransa, Kanada, Hollanda, İsveç ve Finlandiya dâhil olmak üzere çeşitli ulusal hükümetler ve işletmelerin de desteklediği, Avrupa Komisyonu tarafından teşvik edilen bir stratejidir (Korhonen, Honkasalo ve Seppala, 2018).

Döngüsel ekonomi malzeme ve enerjinin döngüsel akışının gerekliliği üzerine kurulmuştur ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri ile doğrudan ilişkilidir. Bu ilişkiyi Korhonen ve diğerleri (2018) şu şekilde ifade etmiştir: "Döngüsel ekonomi, döngüsel malzeme ve enerji akışından üretilen hizmeti en üst düzeye çıkaran toplumsal üretim-tüketim sistemlerinden inşa edilmiş bir ekonomidir. Bu, döngüsel malzeme akışları, yenilenebilir enerji kaynakları ve basamaklı tipte enerji akışları kullanılarak yapılır. Başarılı döngüsel ekonomi, sürdürülebilir kalkınmanın her üç boyutuna da (sosyal, ekonomik ve çevresel) katkıda bulunur. Döngüsel ekonomi, üretim akışını, doğanın yeniden üretim oranlarına saygı göstererek ekonomik döngülerde ekosistem döngülerini doğanın tolere ettiği ve kullandığı bir düzeye sınırlar".

Döngüsel ekonomi, ham malzeme ve enerji girişinin en aza indirgenerek, ham girdilerin yenilenebilir üretken ekosistemlerden kullanılması sonucunda çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunur. Bu katkılar; atık ve emisyonların azaltılması, üretim ve tüketim sistemlerinde kullanılan kaynakların birçok kez kullanılabilmesi, kullanılan karbon nötr yakıtların ve atıklarının doğaya zarar vermeyen ve doğa için besleyici yapıda olmasıdır. Üretimde maliyeti azaltılmış hammadde ve enerji kullanımı, kaynaklardaki değer birçok kez bozulmadan tekrar akışa dâhil edilebilmesi gibi özellikler, döngüsel ekonomi stratejilerinin temelini oluşturur. Bu özellikler, çevre mevzuatı ve vergi maliyetlerinin düşürülmesi, sorumlu ve yeşil pazar potansiyeli yaratılması, değer kayıplarında azalma, atık yönetimi maliyetinin azaltılması, emisyon kontrolü maliyetinin azaltılması, yeni sorumlu ve sürdürülebilir iş imajının yatırımcıları çekmesi sağlanarak ekonomik sürdürülebilirliği olumlu biçimde etkiler. Kaynaklardaki değer yeniden kullanımı ile yeni iş imkânları yaratılması, paylaşım ekonomisi yoluyla artan topluluk, katılım ve işbirliği duygusu ve kullanıcı gruplarının, fiziksel bir ürüne sahip olan ve tüketen bireyler yerine fiziksel bir ürünün işlevini ve hizmetini paylaşan gruplara dönüşmesi gibi sonuçlar

döngüsel ekonominin sosyal sürdürülebilirliği sağlanmasında doğrudan katkıda bulunduğunu göstermektedir (Korhonen ve diğerleri, 2018).

Döngüsel ekonomi modelinde, iki farklı döngüden söz edilebilir; biyolojik döngü ve teknik döngü (Şekil 2.3). Biyolojik döngüler, doğal sermayeyi yeniden yapılandırırken toksik olmayan malzemelerin farklı uygulamalarla kademelendirildikten sonra biyosfere geri kazandırıldığı döngülerdir. Teknik döngüler ise, ürünlerin, bileşenlerin ve malzemelerin onarım ve bakım, yeniden kullanım, yenileme, yeniden üretim ve nihayetinde geri dönüşüm yoluyla mümkün olan en yüksek kalitede ve mümkün olduğu kadar uzun süre pazara sunulduğu döngülerdir (Ellen MacArthur Foundation, 2015). Döngüsel ekonomi modelinde kullanılan bu döngüler, McDonough ve Braungart (2002) tarafından geliştirilen "Beşikten Beşiğe (*Cradle to Cradle*)" konsepti temel alınarak oluşturulmuştur. Beşikten beşiğe konsepti, sadece verimli değil aynı zamanda atıksız sistemler yaratmayı amaçlar. Endüstriyel süreçlere, tıpkı doğada olduğu gibi bir döngü içinde kalan sistemler şeklinde yaklaşır. Kullanım ömrünün sonuna gelmiş ürünler/malzemeler, diğer sistemler için besin/kaynak oluşturur (McDonough ve Braungart, 2002).



Şekil 2.3. Döngüsel ekonomi sistemleri diyagramı (Ellen MacArthur Foundation, 2015)

Döngüsel ekonomi için geliştirilen modellerin başarılı bir şekilde uygulanması, dört temel stratejinin birlikte kullanılmasına bağlıdır (Ellen MacArthur Foundation, 2015) :

- Ürün tasarımı süreçlerini yeniden düşünmek / döngüsel modellere uyarlamak: Ürün parça ve malzemelerinin kurtarılmasını kolaylaştırır.
- Yenilikçi iş modelleri oluşturulması: Teşviklerin değiştirilmesini ve ürünlerin sistemli bir şekilde toplanmasını mümkün kılar.
- Yeni tersine lojistiğin devreye alınması: Ürünlerin tüketicilerden veya kullanıcılardan tedarik zincirine geri kazandırılmasını sağlar.
- Yeni sistem koşulları oluşturulması: İşletmelerin eğitim, politik çerçeveler veya işbirliği platformları arasındaki geçişlerine yardım eder.

Ürün tasarımı süreçleri, Ellen MacArthur Vakfı'nın yayınladığı raporlardan da anlaşılacağı üzere döngüsel ekonomide önemli bir yere sahiptir. Tasarım literatürde, geleneksel al-yap-at (*take-make-dispose*) modelinden uzaklaşmak ve daha onarıcı, üretken ve canlandırıcı bir üretim ve ekonomi modeli oluşturmak için bir katalizör olarak kabul edilmiştir. Döngüsel bir sistemde ürünlerin kapalı döngülere (*closed-loops*) göre tasarlanması ve değer ve gelir üretecek şekilde uyarlanması gerekmektedir. Bu kapalı döngüler sadece ürün bazında değil, ürünü kullanım sırasında ve kullanım sonrasında da kapalı döngüye dâhil edecek uyarlamaları sağlayan yasal değişim ve kısıtlamaları gerektirmektedir (Chanley, Moreno, De los Rios ve Rowe, 2016).

Mevcut döngüsel yaklaşımlar (teknik ve biyolojik), ürün yaşam döngüsü tasarımının farklı aşamalarına uygulanabilmekte ve bu sayede döngüsel ekonomi odaklı çalışmalar yapan tasarımcılar, ürün geliştiricileri, politikacılar ve işletmeciler için pratik yol gösterici stratejiler oluşturmaktadır. Mestre ve Cooper (2017), teknik ve biyolojik döngüler için ayrı ayrı ürün yaşam döngüsü tasarımı stratejileri oluşturmuşlardır. Her iki alanda temel başlıklar, "düşük etkiye sahip malzeme seçimi, malzeme kullanımının azaltılması, üretim tekniklerinin optimizasyonu, dağıtım sistemlerinin optimizasyonu, kullanım sırasında etkinin en aza indirgenmesi, kullanım ömrünün optimizasyonu, yaşam ömrü sonu sistemlerinin optimizasyonu" olarak belirlenmiş ve stratejiler döngülerin özelliklerine göre farklı içerik kapsamlarında sınıflandırılmıştır.

Chanley ve diğerleri (2016) ise, döngüsel tasarım stratejilerini beş farklı alt başlığa ayırmıştır:

- 1- Döngüsel kaynaklar için tasarım (*design for circular supplies*); temel olarak biyolojik döngüye odaklanır ve kaynakların çevreye zarar vermeden doğal döngüsüne geri döndüğü atık=besin kavramına atıfta bulunur.
- 2- Kaynakların korunması için tasarım; hem teknik hem de biyolojik döngüye odaklanır ve ürünlerin minimum kaynaklar göz önünde bulundurularak tasarlandığı, koruyucu ve önleyici bir yaklaşım kullanır.
- 3- Çoklu döngüler için tasarım; hem teknik hem de biyolojik döngüye odaklanır. Malzeme ve kaynakların birden çok döngüde, daha uzun dolaşımını sağlamayı amaçlayan tasarım yaklaşımlarını ifade eder.
- 4- Ürünlerin uzun ömürlü kullanımı için tasarım; teknik döngüye odaklanır. Bir ürünün kullanım ömrünü uzatarak ve yeniden kullanım, onarım, bakım ve yükseltme gibi servisler sunarak ürün kullanım süresinin uzatılmasını amaçlar.
- 5- Sistem değişikliği için tasarım; hem biyolojik hem de teknik döngüler için tüm değer yaratma yelpazesini kapsar. Karmaşık sistemlerdeki sorunları belirlemek ve çözüm önerileri getirmek için "tasarım düşüncesini (*design thinking*)" kullanır.

Döngüsel tasarım, sürdürülebilir tasarım kavramından farklılık gösteren ve daha somut / ölçülebilir uygulamaları ve teknikleri bulunan bir yöntemdir. Sürdürülebilirlik, birçok paydaşın hedef oluşturmakta zorlandığı soyut ve akıcı bir fikir olarak görülebilir. Döngüsel tasarımda ise temel hedef ve uygulamalar döngüyü kapatma üzerine şekillenmiştir; malzeme ve kaynakların sürekli olarak dolaşımda tutulduğu belirli stratejileri içerir. Döngüsel sistemler ve ürünler oluşturulurken, yeni sosyal inovasyon modelleri, topluluklar ve işletmeler yaratılabilir ve bu yeni oluşumlar ortak hedefler doğrultusunda birlikte çalışabilirler (Early, 2017).

Her ne kadar sürdürülebilir tasarım ve döngüsel tasarım kavramları birbirinden farklı olsa da, döngüsel tasarım stratejileri, sürdürülebilir tasarım için geliştirilmiş belirli yöntemleri (biyomimikri, yeniden üretim için tasarım, beşikten beşiğe tasarım vb.) kullanmaktadır (Bkz. Şekil 2.2). De los Rios ve Charnley (2017), çalışmalarında sürdürülebilir endüstriler için geliştirilen tasarım yaklaşımlarını sınıflandırmış (Çizelge 2.1.) ve bu yaklaşımların döngüsel ekonomi ve döngüsel tasarım kapsamlarında kullanılan temel stratejiler olduğunu belirtmiştir.

Çizelge 2.1. Sürdürülebilir endüstriler için geliştirilen tasarım yaklaşımlarının sınıflandırılması (De los Rios ve Charnley, 2017)

YÖNTEM	ODAK	STRATEJİ	METOTLAR
BÜTÜNSEL SİSTEM TASARIMI	SÜRDÜRÜLEBİLİR SİSTEMLER	Sürdürülebilirlik için radikal inovasyon	
ÇEVRE İÇİN TASARIM	ENERJİNİN KORUNUMU	Azaltılmış çevresel etkiler	Tedarik zinciri için tasarım
		Temiz enerji tüketimi	Üretim ve montaj için tasarım
	MALZEMENİN KORUNUMU	Sürdürülebilirlik için malzeme seçimi	Biyomimikri
YAŞAM DÖNGÜSÜ İÇİN TASARIM	UZUN ÖMÜR İÇİN TASARIM (DAHA UZUN YAŞAM DÖNGÜLERİ)	Güvenilirlik için tasarım	Kalite için tasarım
		Devam ettirme/onarım için tasarım	Onarım / Yenileme için tasarım
		Tekrar kullanım için tasarım	İyileştirme için tasarım
	ÖMÜR SONU İÇİN TASARIM (ÇOKLU YAŞAM DÖNGÜLERİ/ BEŞİKTEN BEŞİĞE)	Bileşen geri kazanımı için tasarım	Yeniden üretim için tasarım
		Malzeme geri kazanımı için tasarım	Geri dönüşüm için tasarım
			Kademeli kullanım için tasarım

Sürdürülebilir tasarım, döngüsel ekonomi ve döngüsel tasarım üzerine yapılan literatür taramaları, sürdürülebilir tasarımın daha kapsayıcı bir kavram olduğunu göstermektedir. Döngüsel tasarımın ise belirli hedefler doğrultusunda belirli stratejileri (sürdürülebilir tasarım yöntemleri) kullanarak, ulaşılması istenilen kapalı döngüye ulaşmayı amaçladığı sonucuna varılmıştır.

2.2.2. Tasarım aracılığıyla yerelleştirme stratejileri

Sürdürülebilir üretim ve tüketim modellerinin benimsenmesinin, sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin gerçekleştirilmesindeki rolü büyüktür. Bu açıdan ele alındığında, yerel malzeme kullanımı, tasarımı yerelleştirme ve yerel üretim stratejileri, bölgesel ekonomiyi ve istihdamı arttırarak yeni iş olanakları yaratılmasıyla, sürdürülebilir maddi kültürler geliştirilmesinde kullanılan etkili yöntemlerdir (Walker, Doğan ve Marchand, 2009). Bu yüzden yerelleştirme stratejileri, sürdürülebilirliğin hem sosyal, hem de ekonomik ve çevresel faktörleri üzerinde etkilidir. Küresel ve bölgesel şirketler, rekabet stratejilerini bu alana yöneltip, üretim-tüketim süreçlerine yerel aktörleri dâhil ederek değer yaratım zincirinde sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşabilir. (Morelli, 2012). Böylelikle üretim zinciri kısaltılarak yerelleştirilecek ve bunun paralelinde hammadde ve enerji tasarrufunun

yanında bölge halkı için iyi bir gelir kaynağı oluşturulacaktır.

Yerelleştirme stratejileri, ekonomik sistemler, tasarım sektörü, üretim ve tüketim sistemleri gibi birçok alanda uygulanmaya başlanan, temelinde sürdürülebilir kalkınma hedeflerini barındıran bir takım uygulamaları içermektedir. Özellikle tasarım ve üretim odaklı yapılacak yerelleştirme uygulamaları ekonomiyi ve sosyal hayatı doğrudan etkileyecektir. Bu amaçla birçok tasarım profesyoneli, araştırmacı ve akademisyen yerel tabanlı uygulanacak tasarım yöntemleri üzerine çalışmalar yapmıştır. Manzini (2010), üretim ve ilişkilerin küçük, yerel, açık ve bağlı (*Small, Local, Open and Connected, SLOC*) olması gerekliliği temelinde bir sürdürülebilirlik ve sosyal inovasyon için tasarım yöntemi önerisi geliştirmiştir. Bu dört kavram önem taşımaktadır çünkü sürdürülebilir çözümler tasarlamak, "yerel" ve "yerel halk" kavramları odağında başlamazsa herhangi etkili bir sonuca ulaşamaz. Aynı zamanda yerel sürdürülebilirlik stratejileri, küresel sosyal iletişim ağları aracılığıyla uygulanmazsa da başarılı bir sonuca ulaşamaz. Sonuç olarak, "yerli" ve "küçük" aynı zamanda "açık" ve "bağlı" olmalıdır. Manzini (2010), bu zıt kavramlar arasındaki ilişki ile kurulan stratejiyi "kozmpolit yerellik" olarak adlandırmıştır.

Manzini' nin geliştirdiği bu stratejinin odağında bilgi, para ve karar verme gücünün küresel ağlar kapsamında döngüsellığı, kaynakların ise yerel üreticilerin elinde kalması yaklaşımı bulunmaktadır. Bu strateji ancak tasarımcıların, sosyal inovasyon uzmanları, teknoloji uzmanları, girişimciler, politikacılar gibi farklı alanlarda çalışanlarla iş birliğinde bulunarak çalışması ile gerçekleştirilebilir. Disiplinlerarası çalışma yöntemine dayanan bu tasarım aktiviteleri, sosyal inovasyon ve sürdürülebilirlik için tasarım başlığı altında bütünleştirilebilir. Üretim ve tüketim sistemlerinde gerçekleştirilecek yerel stratejiler, ürün kalitesinde artış, tüketimde azalmayı sağlayacaktır. Aynı zamanda bireysel ve toplumsal yetkinlikler gelişecek ve böylelikle kişi ve topluluklar arasındaki etkileşim gelişecektir (Manzini, 2010).

Norberg-Hodge (2017), gerçek bir sürdürülebilirlik için insanlar ve doğal çevreleri arasında yeniden bir bağ kurulması gerektiğini, bunun yaşayış tarzlarında, enerji kaynakları ve gıda üretiminde yapılacak değişimler ile sağlanacağını savunmuştur. Bu değişimler, tasarımın bir araç olarak kullanıldığı yerel odaklı yapılandırılmalar ile gerçekleştirilebilir. Yerel ekonomiler için tasarımın temel unsurları, doğal, mekân bazlı, insan ölçeğinde ve çeşitlidir. Doğalın tanımı her ne kadar spesifik olsa da bazı yeşil

pazarlama örneklerinde görülebileceği üzere, fazla enerji tüketimine ihtiyaç duyan, sentetik malzemeler kullanılarak üretilmiş ürünler, doğal tabanlı olarak pazara sunulabilmektedir. Gerçek sürdürülebilirlik stratejileri aynı zamanda insan ve mekân odaklı, yerel çevreye ve yerel kültüre uyarlanmış olmalıdır. Burada önemli olan, yerel toplumun değerlerini ve ihtiyaçlarını göz önünde bulundurarak yansıtan tasarım uygulamalarını geliştirmektir. Bu kapsamda, çeşitliliği teşvik etme de yerelleştirme için tasarımda önemli bir unsurdur. Biyolojik düzeyde çeşitlilik, dünyadaki yaşamın temelidir; ekonomik düzeyde ise toplumlar için zenginlik ve dayanıklılık sağlar. Kültürel düzeyde dayanışma ve hoşgörüğü teşvik ederken, psikolojik düzeyde mutluluğu besler. Küresel sistemin tek kültürlü tüketici ekonomisine karşı yerel ekonomiler, çeşitlilik gerektirir ve çeşitliliği destekler. (Norberg-Hodge, 2017).

Yerelleştirme stratejilerinde uygulanan bir diğer metot ise halkı tasarım yoluyla güçlendirmektir. Yerel halk, tasarımcı ve diğer paydaşlar arasında işbirliğini teşvik eden insan odaklı tasarım ve katılımcı tasarım yöntemleri, yerelleştirme stratejilerinde sıklıkla kullanılan tasarım yöntemleridir. Bu amaçla uygulanan yöntemlerde halk ve tasarımcılar birlikte çalışarak bir ilişki kurarlar. Bu ilişki, tasarımcıların empati yoluyla, yerel halk ile birlikte sorunlara daha etkili çözümler üretebilmesini sağlar (James, 2017). Bu kapsamda küresel birçok kurum ve kuruluş çalışmalar düzenlemektedir. Türkiye'de de yerel sorunlara tasarım odaklı çözümler getirmek amacıyla kurulan kuruluşlar bulunmaktadır.

Bu amaçla kurulan TAK (Tasarım Araştırma Katılım, İstanbul/Türkiye), yerel sorunların çözümünde, kentliler, tasarımcılar, gönüllüler, öğrenciler ve destekçilerin ulusal ve uluslararası işbirlikleri kurarak fikir ürettikleri ve ürünlerini kamuoyu ile paylaştıkları yenilik ve yaratıcılık odaklı bir girişimdir (Resim 2.1). TAK kentsel sorunları Tasarım, Araştırma ve Katılım yoluyla ele alır ve sosyal değişime duyarlı tasarım süreçleri kurgular (Tasarım Araştırma Katılım [TAK], 2016). Yerel sorunları çözerken stratejik tasarım ilkelerini kullanan ve aynı zamanda yerel tasarımcılara destek veren TAK, iyi bir sürdürülebilir sosyal inovasyon örneği oluşturmakta ve yerel tasarım stratejilerine destek vermektedir. Akademik ve yaratıcı platformların bileşiminden ortaya çıkan ATÖLYE (İstanbul/Türkiye) ise, hem ulusal hem de uluslararası çalışmalar yapan bir organizasyondur. ATÖLYE' de de yerel sorunlara çözüm getirmek amacıyla stratejik tasarım yöntemlerinin kullanıldığı, tasarımcılar, yerel halk ve kurumların işbirliği içinde çalıştığı atölye çalışmaları düzenlenmektedir. İstanbul ve Dubai merkezli çalışan ATÖLYE

ekibi, genellikle sürdürülebilirlik odağında bölgesel veya daha geniş kapsamlı etkinlikler düzenlenmektedir (ATÖLYE, 2020).



Resim 2.1. TAK (Tasarım-Araştırma -Katılım) Kadıköy'de disiplinlerarası düzenlenen atölyeler (Kaynak: <http://takortak.org/>)

Yerel tasarımcıları ve yerel üretimi destekleyen, özellikle tasarımcıların iş fikirlerini küresel pazar için potansiyel ürünlere dönüştürmesine olanak sağlayan bir diğer organizasyon ise Fablab (Fabrikasyon Laboratuvarı)' lerdir. Bu açık kaynaklı üretim laboratuvarlarında herkes (tasarımcı, öğrenci, yerel halk vb.) fikirlerini somut ürünlere dönüştürme fırsatı yakalayarak gelecekte kendi işlerini kurabilir. FabLab'ler kişiler için bir üretim kaynağı (prototipleme desteği) sağlayarak yerel tasarımların geliştirilmesine katkıda bulunurlar. Bu üretim/fabrikasyon laboratuvarlarının Türkiye dâhil birçok ülkede örnekleri bulunmaktadır (The Fablab Network, 2021).

Üretimde ve tasarımda yerelleştirme üzerine yapılan literatür araştırmalarından da görüldüğü üzere, bu amacı gerçekleştirmek için uygulanan farklı stratejiler bulunmaktadır. Bu stratejiler, tasarım ve tasarım düşüncesinin (*design thinking*) bir araç olarak kullanılarak, genellikle sürdürülebilir tasarım yöntemlerinin uygulandığı bir takım çalışmalardan oluşmaktadır. Ayrıca yerelleştirme amacıyla gerçekleştirilen projelerde, disiplinlerarası çalışmaya dayanan katılımcı tasarım, birlikte tasarım ve açık tasarım gibi tasarım metotlarının sıklıkla kullanıldığı da görülmektedir. Her ne kadar farklı kuruluşlar tarafından desteklenen projeler yapılsa da, ürün ve tasarımda yerelleştirme amaçlarını gerçekleştirmek için bir takım yasal düzenlemelere de ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçlar kapsamında oluşturulacak ulusal tasarım politikalarının önemi büyüktür. Türkiye Tasarım Stratejisi ve Eylem Planı 2018-2020 raporunda da yerelliğin küreselleştirilmesinin önemi

vurgulanmıştır. Ayrıca sanayici ve kamu desteği olmadan yerel girişimci-tasarımcıların sayısının arttırılması, bu bağlamda yeni iş modelleri / iş kültürlerinin oluşturulması gerektiğine yer verilmiştir (Türkiye Cumhuriyeti Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2018).

2.3. Sürdürülebilir Malzeme Sistemlerine Geçiş

Sanayi Devrimi'nden önce malzemeler pahalı, emek ise ucuzdu. Hizmette olan malzemelerin sayısı azdı ve emeğe göre sahip oldukları yüksek değer dolayısıyla, yapılan ürünlerin onarımına, bakımına ve güncellenmesine önem veriliyordu; malzeme ve üretimde verimlilik normal bir uygulamaydı. Sanayi Devrimi'nden bu yana büyük ölçekli madencilik ve küresel ticaret, malzeme maliyetlerinin düşmesine izin verdi. Aynı zamanda gelişen teknolojik üretim yöntemleri (seri üretim, robotik montaj vb.), imalatla insan emeğine olan ihtiyacı da azalttı. Malzeme kaynağına kolay ulaşım ve düşük maliyet endüstriyi, malzeme kaynaklarına yönelik giderek artan açık döngülü bir yaklaşım benimsemeye ve bunları bir kez kullanılan ve sonra atılan ürünlere dönüştürmeye teşvik etti (Ashby, 2016). Malzemelerin ve ürünlerin, yap-kullan-at lineer akışından ayrılarak, yeniden kullanım-onarım-yeniden üretim kapalı döngüsüne geçmesi, sürdürülebilirlik hedeflerinin gerçekleştirilebilmesi için önem taşımaktadır.

Küresel sürdürülebilirliğe ulaşmak, malzeme/kaynak tüketiminin ekonomik değer yaratımından ayrıştırılmasını gerektirmektedir. Her ne kadar endüstriyel toplumlar, kaynak verimliliği ve atık geri dönüşümü ile kazanımlar elde etse de, toplam malzeme tüketim oranı artmaya devam etmektedir. Dünyanın gelişen ekonomilerinde tüketim oranlarının artmasına bağlı olarak ekolojik problemler de artış göstermektedir. Bu amaçla farklı uluslar ve şirketler tarafından sürdürülebilir malzeme yönetimi politikaları geliştirilmektedir. Sürdürülebilir malzeme yönetimi, kaynak tüketiminin endüstriyel büyümeden ayrışmasını teşvik etmek için değerli bir bakış açısı sağlar. Sürdürülebilir malzeme yönetimi politikaları, malzemenin tüm yaşam döngüsünü kaplayan entegre bir perspektif gerektirir. Gerçek anlamda entegre bir yaklaşım, sürdürülebilir malzeme yönetimi politikalarının fiziksel, ekolojik ve ekonomik sonuçlarını tanımalıdır (Fiksel, 2006).

Tahminlere göre piyasada, varyantları ile birlikte yaklaşık 100 000 ticari malzeme çeşidi bulunmaktadır. Malzemelerin çıkarma, arıtma, nakliye, ürün kullanım aşaması, geri

dönüşüm gibi karmaşık fazlardan oluşan aşamaları, çevre üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Bir ürün, yaşam döngüsü boyunca tedarik, tasarım, imalat, ambalajlama, nakliye, ürün kullanımı ve ürün ömrü sonu (geri dönüşüm, doğada çözünme, bertaraf vb.) olmak üzere farklı aşamalardan geçer. Bu nedenle, belirli bir ürün için malzeme seçimi yapılırken, tüm bu aşamalar göz önünde bulundurulmalıdır. Seçilen malzeme, doğal kaynakların kullanımından, imalat aşamasında tüketilecek enerji miktarına ve yaşam ömrü tamamlanan ürünün gelecek senaryosuna kadar tüm süreçlere etki eder (Ljungberg, 2007).

Çizelge 2.2'de altı karakteristik malzeme grubu (metaller, seramikler, sentetik polimerler, doğal organik malzemeler, doğal inorganik malzemeler ve kompozitler), sürdürülebilirlik temelinde avantajları ve dezavantajları ile değerlendirilmiştir. Aynı zamanda bu malzemelerle sürdürülebilir ürünler geliştirmeye yönelik örnekler ve hususlar da sunulmuştur. Sürdürülebilirlik sınıflandırması 1-3 dereceler arasında yapılmış, 1 en düşük, 3 en yüksek olacak şekilde değerlendirilmiştir. Tablodan görülebileceği üzere, doğal malzemeler, yenilenebilir hammadde tabanlı polimerler, seramikler ve bazı metaller, gelecek için sürdürülebilir malzemeler olarak gösterilebilir. Bununla birlikte, fazla pamuk ve ahşap malzeme kullanımı, ormanların tahribatı, toprak bozulması, su sorunları gibi çevresel sorunlara yol açmaktadır. Bu bir malzemenin, ürün kullanım ve geri dönüşüm süreçlerinde sürdürülebilir özellikte olsa dâhi, malzeme tedariki sırasında ciddi etkilere yol açabileceği anlamına gelmektedir. (Ljungberg, 2007).

Ljungberg'in (2007) bu altı ana malzeme üzerine yaptığı sürdürülebilirlik sınıflandırmasında, malzemelerin genel özellikleri göz önünde bulundurulmuştur. Fakat kapsamlı bir sürdürülebilirlik sağlanması için, sadece sürdürülebilir yapıda malzemeler kullanımı yeterli değildir. Tasarlanacak ürünün tüm yaşam döngüsü göz önünde bulundurularak ürünün temel işlevlerine uygun malzeme seçimi yapılmalıdır. Ürün için malzeme seçimi farklı şekillerde yapılabilir, ancak genel prensipler oldukça benzerdir. Malzeme seçimi, bir ürünü esas olarak şu hususlara göre optimize etmektir: Üretim yöntemleri, işlevsel ve yapısal talepler, piyasa ya da kullanıcı talepleri, tasarım, maliyet, çevresel etki ve yaşam ömrü (Ljungberg, 2007).

Çizelge 2.2. Altı karakteristik malzeme grubu ve sürdürülebilirlik özellikleri (Ljungberg, 2007).

Malzeme Grubu	Malzeme Örnekleri	Avantajlar	Dezavantajlar	Sürdürülebilirlik Sınıflandırması
Metaller	- Çelik, - Alüminyum, - Bronz vb	- Dayanıklı ve Güçlü - Genellikle plastik şekillendirilebilir - Genellikle ucuz	- İşlenme için yüksek maliyet - Çoğunlukla korozyona duyarlı	- Kolayca geri dönüştürülebilir (2-3)
Seramikler	- Porselen (kil), - Mineral cam vb.	- Toksik değil - Sert ve dayanıklı - Korozyona dayanıklı - Yüksek sıcaklık dayanımı	- Kırılgan / gevrek - Yakıldığında yüksek işleme maliyeti - Gerilimde yük için uygun değil	- Birikimi / Bırakımı kolay (toksik değil) - Yeniden eritimi mümkün fakat maliyetli (2-3)
Sentetik Polimerler	- Termoplastikler, 2 bileşenli polimerler (epoksi), - Kauçuk vb.	- Toksik değil - Ucuz - Kolay şekillendirilebilir - Genellikle kolay geri dönüştürülebilir	- Yakıldığında toksik özellik gösterme - Yüksek sıcaklığa karşı dayanıksız	- Yenilenemez - Genellikle kolay yeniden eritim ve yakılma (1-3)
Doğal Organik Malzemeler	- Ahşap, - Pamuk, - İpek vb.	- Yenilenebilir - Hafif - Genellikle ucuz - Kolay şekillendirilebilir - Geri dönüştürülebilir	- Kolayca ayrışabilir - Dayanıklı değil - Emprenye işlemi sonucunda toksik özellik gösterme	- Geri dönüştürülebilir (yakılarak vb.) - Yenilenebilir (2-3)
Doğal İnorganik Malzemeler	- Taşlar, - Mineraller vb.	- Toksik değil - Sert ve dayanıklı - Korozyona dayanıklı - Yüksek sıcaklık dayanımı (Seramikler ile aynı)	- Kırılgan / gevrek - Yakıldığında yüksek işleme maliyeti - Gerilimde yük için uygun değil	- Birikimi / Bırakımı kolay (toksik değil) - Yeniden eritimi mümkün fakat maliyetli (2-3)
Kompozitler	Birleştirilmiş malzemeler	- Malzemelerin optimize edilmiş kullanımı - Genellikle çok güçlü ve hafif	- Genellikle yüksek maliyetli üretim - Farklı kompozitler için çok farklı özellikler	- Karıştırılmış malzemelerin ayrıştırılmasının zorluğu nedeniyle genellikle sürdürülebilir değil (1-2)

Endüstride farklı sürdürülebilir malzeme seçenekleri (yeşil, geri dönüştürülmüş, biyo tabanlı, doğada çözünebilir vb.) bulunsa da, bu malzemelerin seçiminde özellikle yaratıcı endüstrilerde, tasarım sürecinde bilgi ve yöntem eksikliği bulunmaktadır. Yaratıcı endüstrilerde ürün tasarım süreci, özellikle küçük ve orta ölçekli işletmelerde üretici tarafından yönlendirilir. Genellikle üretici firma, malzeme tedarikçileri, araştırma merkezleri, pazarlama departmanı gibi paydaşlarla etkileşimde bulunur. Tasarımcılar ile

diğer paydaşlar arasındaki iletişim kısıtlılığı, ürünlerde yeniliği zorlamayı ve pazarın geri bildiriminin tasarım sürecine entegre edilmesini zorlaştırır. Bu aynı zamanda tasarımcılara tasarladıkları ürün için malzeme seçim imkânı tanımayan bir yöntemdir (Cicconi, 2018).

Tasarımcıların, tasarladıkları ürünlerde doğru sürdürülebilir veya eko-malzemeler kullanabilmeleri için diğer malzeme tedarikçileri ve araştırma geliştirme merkezleri ile birlikte çalışmaları gerekmektedir. Tasarımcı, araştırmacı, tedarikçi ve üretici arasında interaktif bir değer zincirine ulaşmak için, bu paydaşlar arasında bir işbirliği oluşturulmalıdır. Cicconi (2018) bu doğrultuda, endüstriyel tasarımcıların ve malzeme tedarikçilerinin de etkin rol oynadığı bir malzeme seçim aracı geliştirmiştir. Bu araç, tasarımcıyı eko malzemeler ve ikincil malzemeler dâhil, yeni kompozitlerin seçiminde destekleyen bir arayüzdür.

Her ne kadar çevreye duyarlı, inovatif iş modelleri ve teknolojiler ortaya çıkıyor olsa da, bunların uygulanarak sürekli sistemlere geçişleri zaman alacaktır. Bu yüzden daha hızlı uygulanabilecek stratejiler geliştirilmelidir. Olivetti ve Cullen (2018), malzeme etkilerini azaltmak için, mühendisler, tasarımcılar ve firmalar tarafından kullanılabilecek stratejiler belirlemiştir. Bu stratejiler beş ayrı kategoriye ayrılmıştır. Bunlar; ömrün uzatılması, dematerilizasyon (malzemede indirgeme), üretimde verimlilik, ikame/yerine geçme, kurtarma/ geri kazandırma. Ömrün uzatılması, temelde genişletilmiş servis ömrü hizmetleri aracılığıyla, mevcut stokların dayanıklılığını, bakımını ve kullanımını iyileştirerek sağlanabilir. Bu amaçla araştırmacılar, yeni malzemelerin tepkilerini / özelliklerini ideal olmayan koşullarda test etmeli ve bu koşullar içinde değerlendirmelidir. Dematerilizasyona (malzemede indirgeme) ise, ürünün işlevine uygun daha etkili malzeme tasarımı, daha verimli sistemler oluşturulması ile sağlanabilir. Örneğin; bazı ürünlerde, yüksek mukavemetli çelikler, alüminyum veya farklı alternatifte kompozitler kullanımı parça başına düşen malzeme miktarını azaltmaktadır. Üretimde verimlilik ise, genellikle ekonomik tasarrufla ilişkilendirilir fakat bu konuda geliştirilmesi gereken farklı alanlar vardır. Örneğin; çelik ve alüminyum gibi malzemeler döküm, kalıplama ve imalat aşamalarında %20 ile %40 arasında fire vermektedir. İmalat sırasında yaşanan bu kayıplar için malzemeler için özelleştirilmiş daha verimli üretim şekilleri geliştirilebilir. Böylelikle hem enerji hem de malzeme tasarrufu sağlanabilir. İkame / yerine geçme, bir malzeme yerine, daha düşük çevresel etkiye sahip bir başka malzeme kullanımı olarak örneklendirilebilir. Malzeme ikameleri geliştirmek için bilimsel alanda birçok çalışma

yapılmaktadır. Bu çalışmalarda temel amaç malzemelerin teknik özelliklerini geliştirmek, zehirleyici veya kaynağı zor bulunan malzemelerin kullanımını azaltmaktır. Kurtarma / geri kazandırma ise genellikle malzemenin yeniden kullanımı veya geri dönüşüm gibi yöntemleri içermektedir. (Olivetti ve Cullen, 2018).

Yapılan literatür taramaları da değerlendirildiğinde malzemenin, sürdürülebilirlik, sürdürülebilirlik için tasarım, döngüsel ekonomi hedefleri için geliştirilen stratejilerin temelinde bulunduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Bu yüzden son yıllarda sürdürülebilir malzeme sistemlerine geçiş amacıyla birçok politika ve metot geliştirilmiştir. Geliştirilen tüm metotlarda farklı yaklaşımlar bulunsada dahi, malzemenin bir ürün temelinde tüm yaşam döngüsü değerlendirilecek şekilde oluşturulan stratejilerin gerekliliği ortak kanıdır.

2.3.1. Tasarımda malzeme odaklı sürdürülebilirlik ve yeni yönelimler

Ürün tasarımında malzeme konusu yıllardır tartışılan bir konu olmuştur. Bir üründe kullanılan malzemenin özelliklerinin, o ürünün kullanıcısı ile kurduğu fiziksel ve duygusal bağa etkisi büyüktür. Malzeme aynı zamanda ürünün karakteristik özelliklerini de belirlemektedir. Bir ürünün sahip olması gereken işlevsellik, kullanılabilirlik, estetik gibi özellikleri, üründe kullanılacak malzeme seçimi ile doğrudan ilişkilidir (Ashby ve Johnson, 2003). İşlevsellik, tasarımın teknik gereksinimlerini güvenli ve ekonomik bir şekilde karşılamak için uygun malzeme seçimine bağlıdır. Kullanılabilirlikte ise, bilgiyi ileterek kullanıcı eylemlerine yanıt vermek için malzemenin görsel ve dokunsal özellikleri etkilidir. Ürünün tercih edilmesinde önemli bir payı bulunan ürün estetiği, kullanıcıda yaratılan çağrışım ve algı ile ilişkili olup, malzeme seçimi ürünün formunu ve görsel özelliklerini, yani ürün estetiğini doğrudan etkilemektedir.

Özellikle kitlesel üretim sonrası ekolojik sorunların artması ile ürünlerde kullanılan malzeme, daha dikkat edilen bir tasarım parametresi hâline gelmiştir. Tasarımcılar ve şirketler ürünlerinde geri dönüştürülmüş, biyo, doğal tabanlı veya atık malzemeler (endüstriyel atıklar, doğal atıklar, yerel atıklar vb.) kullanarak, çevreye daha duyarlı ve sürdürülebilir ürünler üretmeyi amaçlamaktadırlar. Her firma/tasarımcı farklı malzeme odaklı yaklaşımlar ile sürdürülebilirlik ve döngüsel ekonomi hedeflerine uygun ürün, servis veya sistemler geliştirmektedir.

Ürünlerde atıkların geri dönüştürülmesi ile oluşturulmuş ikincil malzemelerin kullanımı bu amaçla sıklıkla kullanılan yöntemlerden biridir. Sürdürülebilirlik ve döngüsel ekonomi hedeflerinde, ürünlerinde malzeme odağında değişimlere giden Adidas firması, sektörde sürdürülebilir malzeme kullanan küresel firmalara örnek verilebilir. Adidas, okyanuslardaki plastik atıkları geri dönüştürerek spor ayakkabılarında malzeme olarak kullanmıştır (Yeşil Odak, 2019). Ayrıca malzemenin sürekli kapalı bir döngüde kaldığı, her parçanın geri dönüştürülerek tekrar yeni spor ayakkabı üretiminde kullanılabileceği yeni bir sistem geliştirmektedir. (Resim 2.2).



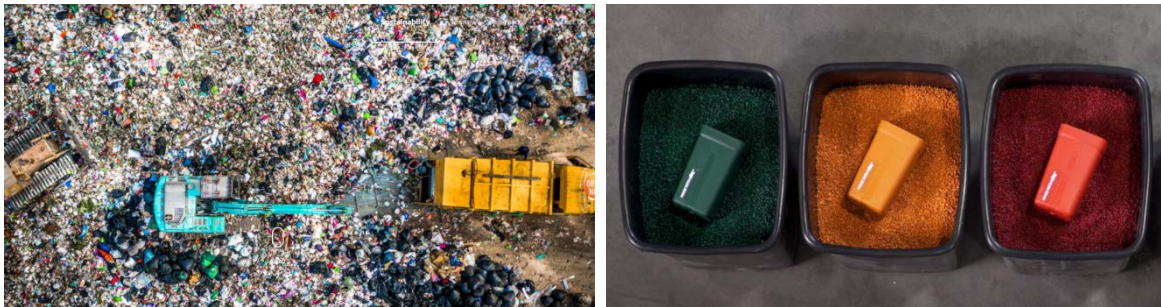
Resim 2.2. Adidas markasının geri dönüştürülebilir malzemeler ile tasarladığı ayakkabılar (Kaynak: <https://www.yesilodak.com/bu-spor-ayakkabilar-geri-donusturulmus-plastikten-uretiliyor>)

Sürdürülebilirlik amacıyla, geri dönüştürülmüş atık malzemeli ürün tasarımları geliştiren bir diğer firma da Vitra'dır. İsviçre merkezli mobilya markası Vitra, evsel plastik ve metal atıklardan geri dönüştürülerek oluşturulmuş plastik malzeme (polipropilen) ile yeniden tasarladığı sandalyeyi (Tip Ton Chair) piyasaya sürmüştür (Resim 2.3). Sandalyenin geri dönüştürülmüş malzeme ile yeniden üretilmesi, firmanın daha sürdürülebilir üretim ve tasarım yöntemleri kullanmayı amaçladığını göstermektedir (Dezeen, 2020). Adidas ve Vitra gibi büyük firmaların, malzeme odağında sürdürülebilir sistemlere geçmek için yaptığı tasarımlar, diğer firmalar için de iyi bir örnek oluşturmaktadır. Dünya çapında diğer firmalar da, malzemenin kapalı bir döngüde kaldığı üretim sistemlerine geçiş için çalışmalar yapmaktadırlar.



Resim 2.3. Vitra'nın geri dönüştürülmüş atıklar kullanarak tekrar ürettiği Tip Ton Chair (Kaynak: <https://www.dezeen.com/2020/10/26/tip-ton-re-chair-vitra-barber-osgerby-recycled-plastic-dezeen-showroom/>)

Çöp sahalarındaki gıda, karton/ kağıt atıklar ve farklı plastik atıkları toplayarak yeni bir hammadde hâline dönüştüren UBQ Materials, sürdürülebilirlik ve döngüsel ekonomi anlayışında malzeme inovasyonu odaklı çalışan bir girişimdir (Resim 2.4). Firma, tüm bu farklı atıkları, patentlenmiş bir süreç ile sonsuz yenilenebilir biyo bazlı bir termoplastik malzemeye dönüştürüp, farklı ürün tasarımlarında kullanmaktadır. UBQ™ aynı zamanda en yeşil termoplastik malzeme olma özelliğiyle sertifikalanmıştır. Bu malzeme, 3 boyutlu yazma, plastik enjeksiyon, enjeksiyon kalıplama, sıkıştırma kalıplama gibi yöntemler kullanılarak ürüne dönüştürülebilmektedir (UBQ Materials, 2012).

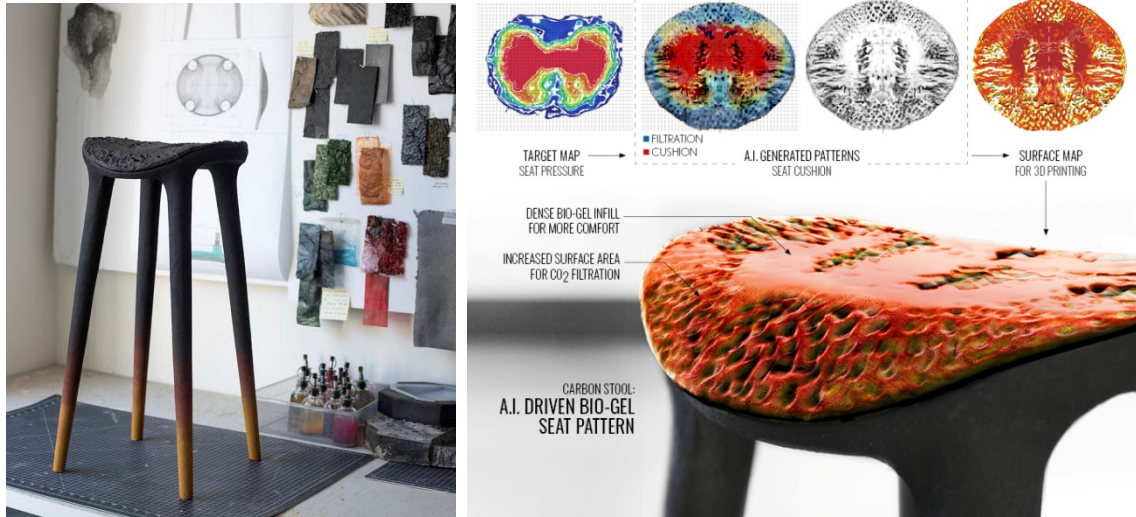


Resim 2.4. UBQ™, çöp sahalarından toplanan atıkların yeni hammaddeye dönüştürülmesi (Kaynak: <https://www.ubqmaterials.com/>)

Ürünlerde geri dönüştürülmüş malzeme kullanımı uzun zamandır tasarımcılar ve firmalar tarafından kullanılan bir sürdürülebilirlik stratejisidir. Son zamanlarda ise gelişen teknolojiler ve üretim yöntemleri ile malzeme odağında farklı yaklaşımlar ortaya çıkmıştır. Gelişen teknolojiler, yeni malzeme tasarımlarına ve malzemelerin manipülasyonlarına olanak tanımaktadır. Bunun sonucunda ürün tasarımında malzeme kavramı günümüzde her zamankinden daha kapsamlı bir hâle gelmiştir. Tasarımcılar ve mühendisler

yazılım/programlama ile hem sürdürülebilirlik hem de işlev ve form açısından daha zengin malzeme kompozisyonları oluşturmaktadırlar (Karana, Nimkulrat, Giaccardi, Niedderer ve Fan, 2019). Tasarımda bu yeni malzeme yönelimleri, Karana ve diğerleri (2019) tarafından “Canlı, Aktif, Uyarlanabilir (*Alive, Active, Adaptive*)” malzemeler başlığı altında değerlendirilmiştir. Yeni malzeme oluşumları ve yeni yaklaşımlar, malzemelerle tasarım yapmak ve yeni malzeme deneyimleri edinmek için fırsat yaratmaktadır. Bu sayede günümüz tasarımcıları, geleneksel tasarım sürecinde olduğu gibi sadece problemlerin formülasyonu ve fikrin ürün konseptine dönüştürülmesi ile kendini kısıtlamamaktadırlar.

Araştırma odaklı bir tasarım atölyesi olan Sutherlin Santo, tasarımda bu yeni malzeme yaklaşımları odağında çalışmalar yapmaktadır. Yapay zekâ ve 3 boyutlu yazıcı (eklemeli üretim) teknolojilerini kullanarak biyo tabanlı malzemeler geliştirip, bu malzemeleri ürün tasarımlarında kullanmaktadırlar (Sutherlin Santo Design, 2020). Tasarım dünyasının prestijli ödülllerinden olan 2020 Lexus Tasarım ödülüne layık görünen tasarımları "Carbon Stool", ürün tasarımında yeni oluşan canlı, aktif ve uyarlanabilir malzeme yönelimlerine iyi bir örnek oluşturmaktadır (Resim 2.5). Bu tabure, yapay zekâ ve eklemeli üretim teknolojileri kullanılarak tasarlanmış özel bir biyo-jel ile üretilmiştir.



Resim 2.5. Sutherlin Santo tarafından özel biyo malzeme ile tasarlanan Carbon Stool
(Kaynak: <https://sutherlinsanto.com/Carbon-Stool>)

Bununla birlikte, bu malzemelerle tasarım yapmak veya malzemeleri tasarım pratiğinde "canlı" kavramı altında değerlendirebilmek karmaşık bir konudur ve malzemelerin tasarımcılar tarafından bire bir deneyimsel olarak etkileşimini gerektirir. Tasarımcıların da

bu yeni canlı, aktif ve uyarlanabilir malzemelerle çalışabilmesi için yeni yöntemler ve tasarım süreçleri geliştirilmesi gerekmektedir. Bu alanda çalışmalar yapan Neri Oxman, "Malzeme Ekolojisi" yöntemini, tasarımlarında ana kavramsal çerçeve olarak benimsemiştir. Malzeme ekolojisi, tasarım nesnesi ile çevresi arasında daha derin bir ilişki kurulması gerektiği ideolojisine dayanır (Oxman, 2010). Bu metodolojiye göre doğanın işleyiş şeklinin, malzeme ve tasarım süreçlerinde taklit edilmesi gerekmektedir.

Bir Araştırma Enstitüsü olan Massachusetts Institute of Technology [MIT] Media Lab'te eğitmen olan Neri Oxman, tasarımlarını doğanın tasarım stratejisinden (malzeme dağılımı yoluyla yapısal heterojenlik) ilham alarak ve bu stratejiyi dijital fabrikasyon teknikleriyle birleştirerek hayata geçirmiştir. Neri Oxman'ın tasarımlarındaki bir diğer belirgin özellik ise, ekibi ile birlikte geliştirdiği doğal veya biyo tabanlı malzemelerdir (MIT Media Lab, 2018). Malzeme sadece ürün tasarımı sürecinde kullanılan bir araç olarak değil, tasarım nesnesinin biçimlenmesinde temel etken olarak kullanılır. Ürünün formunu, işlevini, çevresi ile olan ilişkisini belirleyen malzemedir (Resim 2.6).



Resim 2.6. Neri Oxman ve MIT Media Lab ekibi tarafından tasarlanan pavilyon ve malzeme (Kaynak: <https://www.media.mit.edu/projects/aguahoja/overview/>)

Günümüzde tasarımcıların, ürünlerinde teknolojik veya farklı kişisel yöntemlerle geliştirdikleri malzemeleri kullanması ön plana çıkmaktadır. Ürün ve malzeme tasarımında bu yönelim literatürde kendin-yap malzemeler (*DIY- do it yourself materials*) ismiyle yer edinmiştir. Bu malzemeler herhangi bir kısıt olmaksızın, tasarımcının kendi deneyimleyerek geliştirdiği yeni malzemelerdir ve bilimsel olarak geliştirilen diğer malzemelere bir alternatif oluşturmaktadırlar (Ayala-Garcia ve Rognoli, 2019). Kendin yap malzeme metodunda, sürdürülebilir ve döngüsel hedefler doğrultusunda tasarımcılar

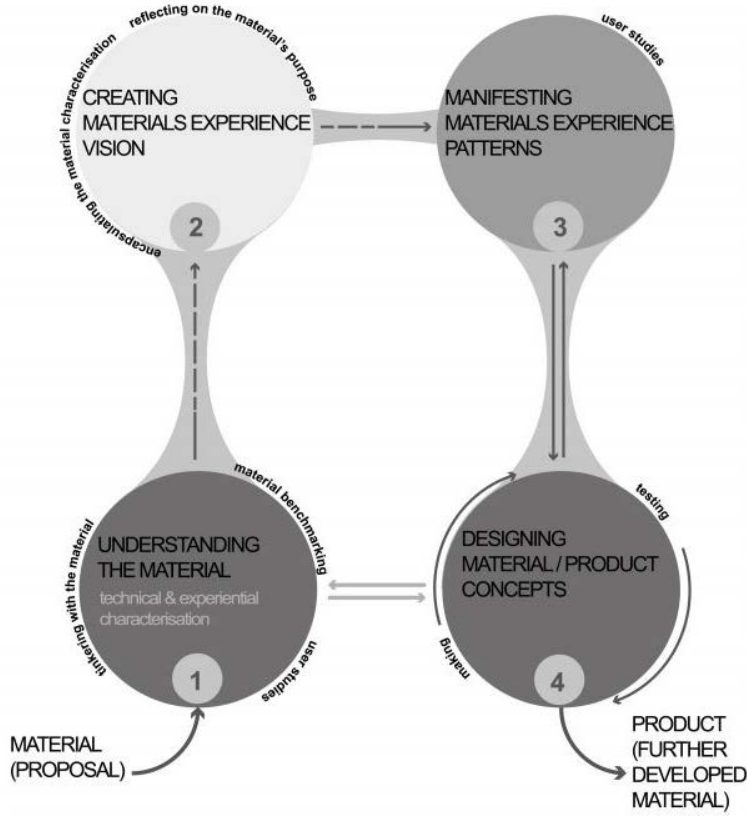
genellikle doğal tabanlı veya atık malzemeler ile yeni kompozitler oluşturup, bu kompozitleri farklı ürün tasarımlarında uygulamaktadırlar (Resim 2.7).



Resim 2.7. ChipsBoard tarafından, gıda artıkları kullanılarak tasarlanmış malzemeler
(Kaynak: <https://www.chipsboard.com/materials>)

Tasarımcıların malzeme tasarım sürecinde aktif rol oynadığı bu yeni yönelimde, kullanılan malzeme türünde herhangi bir kısıt olmaması, çok fazla çeşitlilikte yeni malzeme üretimine olanak sağlamaktadır. Ayala-Garcia, Karana ve Rognoli (2017), kullanılan farklı malzemeleri beş farklı kategoride sınıflandırılmıştır. Genellikle bitki ve mantarların kaynak olarak kullandığı çalışmalar "Kingdom Vegetabile", bakterilerden veya hayvansal malzemelerle yapılan çalışmalar ise "Kingdom Animale", başlığı altında gruplandırılmıştır. Taş, kum, seramik, kil gibi minerallerin kullanıldığı tasarımlara ise "Kingdom Lapideum" başlığı altında yer verilmiştir. "Kingdom Recuperavit" kategorisinde, toplumlar tarafından atık olarak değerlendirilen malzemelerin (plastik, metal, organik veya endüstriyel atıklar) değerlendirilerek farklı bir kaynağa dönüştürüldüğü tasarımlar yer alır. Son olarak "Kingdom Mutantis" kategorisinde, malzemelerin, teknolojik yöntemlerle farklı işlevlerde ve özelliklerde (akıllı, interaktif vb.) malzemelere dönüştürüldüğü tasarımlar yer almaktadır.

Tasarımcıların kendi geliştirdikleri malzemeler ile tasarım yapmaları, geleneksel ürün tasarım sürecine ek olarak yeni tasarım süreçleri ve yöntemleri geliştirilmesini gerektirmektedir. Geliştirilen bu yöntemler, tasarımcıların ürünlerine özgü farklı malzemeler tasarlayıp kullanabilmelerine olanak sağlayacaktır. Böylelikle literatüre yeni malzeme çeşitleri de kazandırılacaktır. Karana, Barati, Rognoli ve van der Laan (2015), malzeme deneyimleri için tasarımı kolaylaştırmak için, malzeme odaklı tasarım kapsamında yeni bir yöntem geliştirmişlerdir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Malzeme Odaklı Tasarım Metodu (Karana, Barati, Rognoli ve van der Laan, 2015)

Bu yöntemde ilk adım malzemenin teknik ve deneyimsel özelliklerini, malzemelerin kıyaslanması, kullanıcı çalışmaları ve malzeme ile bire bir deneyimleyerek tanımlamaktır. Bu adımın sonunda aşağıdaki sorunların cevaplanmasını için çalışmalar yapılır:

- Malzemenin genel teknik özellikleri nelerdir?
- Malzemenin kısıtlılıkları ve olası fırsatları nelerdir?
- Malzemeye en uygun üretim teknikleri nelerdir?
- Malzemenin benzersiz duyuşal nitelikleri nelerdir?
- Malzemenin kullanıcılara göre en çok ve en az hoşnutluk veren duyuşal özellikleri nelerdir?
- Malzeme başka bir malzeme ile teknik ve estetik özellikler açısından benzerlik taşıyor mu?
- İnsanlar malzeme ile nasıl etkileşimde bulunuyorlar?

İkinci adımda ise, malzemenin karakteristik özelliklerini özetleyip amacını yansıtarak, malzeme deneyimi vizyonu oluşturmak yer almaktadır. Malzeme deneyimi vizyonu, malzemenin bir ürüne dönüştürüldüğünde veya çevresindeki diğer ürün ve insanlarla nasıl

etkileşim kurduğunu ve amacını ifade eder. Bu adımın sonunda cevap bulunması gereken bazı sorular şunlardır:

- Son üründe vurgulanması gereken benzersiz teknik/deneyimsel nitelikler nelerdir?
- İnsanlar belirli bir bağlamda malzeme ile nasıl etkileşimde bulunuyorlar?
- Malzemenin yarattığı benzersiz katkı nedir?
- Geniş kapsamda (toplum, gezegen vb.) malzemenin rolü nedir?

Üçüncü adımda, kullanıcı çalışmaları ile malzeme deneyimi modelinin açıkça gösterilmesi yer almaktadır. Bu aşamanın sonunda, tasarımcıdan çalışmanın bulgularını özetlemesi ve malzemelerin/ürünlerin biçimsel özellikleri ile keşfedilen anlamları arasındaki ilişkileri formüle etmesi beklenir. Son olarak dördüncü adımda, malzemenin tasarımının tamamlanarak ürün konseptleri oluşturulması yer alır. Bu adımda, ilk üç aşamada elde edilen tüm veriler doğrultusunda olası ürün kategorileri belirlenir ve prototipler oluşturulur.

Sürdürülebilirlik için geliştirilen malzeme odaklı tasarım süreçlerini, diğer tasarım yöntemi süreçlerinden ayıran özelliği, tasarımcının malzemeye doğrudan müdahale edebilmesidir. Tasarımcı, yalnızca ürün için bir malzeme seçmek yerine, kullanılan malzemeyi tasarlamada, manipüle etmede ve geliştirmede aktif rol oynar (Bak-Andersen, 2018). Bu çalışmalarda genellikle tasarımda malzeme odaklı sürdürülebilirlik yaklaşımları uygulanmaktadır. Sürdürülebilirlik için malzeme odaklı tasarımda, malzeme yaratımı ve manipülasyonu merkezidir. Sürecin bu kısmına farklı alanlardan uzmanlar katkıda bulunsa da, esas olarak tasarımcı tarafından gerçekleştirilir. Bak-Andersen (2018), sürdürülebilirlik için malzeme odaklı tasarımda tasarım sürecini şu şekilde sıralamıştır:

1- Malzeme Araştırması: Malzemenin döngüsel özelliklerinin belirlenmesi ve kontrolü, malzemenin nasıl, nereden ve kim tarafından çıkarıldığı bilgisi / kaynak araştırmaları, malzemenin bileşeninin ve diğer malzemeler ile uyumunun araştırılması, tarihi ve antropolojik araştırmalar, malzemenin maddi ve manevi açıdan değerlendirilerek değerinin belirlenmesi, malzemenin tasarımcı tarafından iyice tanınması için uygulamalı keşif yapılması.

2- Malzemenin Manipülasyonu ve Tasarımı: Birinci adımdan elde edilen bilgiler doğrultusunda malzemenin manipülasyonu ve yeni bir şeye dönüştürülmesi

(sürdürülebilirlik ve döngüsellik göz önünde bulundurularak), üç boyutlu eskizler yapımı, yeni oluşturulan malzemenin zayıf ve güçlü yönlerinin belirlenmesi.

3- Ürün Geliştirme: Ürünün işlevlerine ve bu doğrultuda formuna karar verilmesi, el yapımı ve dijital fabrikasyon prototip denemeleri, yapılan prototipin sunumu.

Malzeme odaklı tasarım için, Karana ve diğerleri (2015) ve Bak-Andersen (2018) tarafından geliştirilen her iki yöntemde de malzeme benzer süreçlerden geçerek tasarım nesnesine dönüştürülmektedir. Her iki yöntem de ilk olarak malzemenin tanınma (fiziksel özellikler ve duyuşsal özellikler) aşamalarını, daha sonra yeni malzeme kompozisyonları oluşturularak tasarımcı tarafından bu yeni oluşturulan malzemelerin bir ürüne dönüştürülmesi aşamalarını içermektedir.

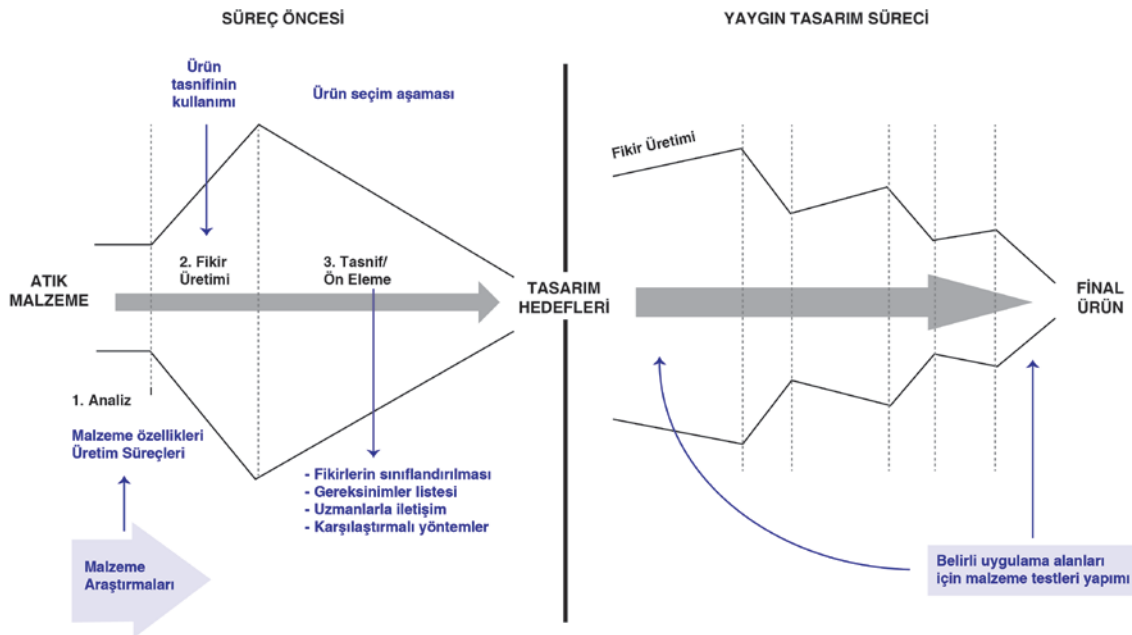
2.3.2. Doğal tabanlı atıkların tasarım ile değerlendirilmesi

Atık, bertaraf edilen, bertaraf edilmesi amaçlanan veya ulusal kanun hükümlerine göre bertaraf edilmesi gereken maddeler veya nesnelerdir (United Nations Environment Programme [UNEP], 1989). Atık kavramı, doğanın işleyişinde olmayan, zamanla insan kaynaklı ortaya çıkmış bir sistem eksikliğidir. Doğanın işleyişini göz önünde bulundurduğumuzda, hiçbir süreç çevreye zarar veren, kalıcı bir atık oluşturmaz; bunun yerine ömrü biten kaynaklar başka kaynaklar için besin oluşturur (Oxman, 2010). İnsanlar tarafından oluşturulan üretim ve tüketim sistemlerindeki bu eksikliği ortadan kaldırmak için geliştirilen stratejilerde (döngüsel ekonomi, sürdürülebilir sistem tasarımları vb.), atık olarak tanımlanan bu çıktıların biyolojik veya teknik döngülerde (Bkz. Şekil 2.3) değerlendirilerek tekrar sisteme kazandırılması hedeflenmektedir.

Tasarım, bir disiplin ve meslek olarak üretim, tüketim ve bertaraf biçimlerinin şekillenmesinde önemli bir role sahiptir. Ürün, servis veya sistem geliştirme süreçlerinde erken alınacak sürdürülebilirlik kararları, çevresel, ekonomik ve toplumsal sonuçlarda doğrudan etkili olacaktır (Kottaridou ve Bofylatos, 2019). Bu amaçla günümüzde birçok tasarımcı, akademisyen ve öğrenci, doğal tabanlı atıkların tasarım ile değerlendirilmesi stratejisine yönelmiştir. Bu yönelimde tasarımcı genellikle doğal tabanlı atıklar (bitkisel veya hayvansal atıklar, gıda atıkları, yerel/bölgesel atıklar vb.) ile yeni kompozitler oluşturarak, ürün tasarımına uygulamasını gerçekleştirir. Böylelikle atık malzemenin döngüde kalması sağlanırken aynı zamandan katma değerli, özgün ve çevreye duyarlı ürün

tasarımları ortaya çıkar.

Doğal tabanlı atıklardan yeni malzeme oluşturulması ve bu malzemelerin ürün tasarımı uygulamaları, tasarım sürecinde geleneksel ürün tasarımı sürecinden farklı yöntemler kullanılmasını gerektirmektedir. Atık malzemeler ile tasarım, ürün tasarımı sürecinden önce malzeme araştırmaları, tasarımı ve uygulamaları süreçlerini gerektirmektedir (Pizarro, 2016). Süreç öncesi olarak adlandırılan bu aşamada, ilk olarak atık malzeme araştırmaları yapılarak, malzemenin özellikleri ve üretim süreçleri analiz edilir. Daha sonra malzeme hakkında edinilen bilgiler doğrultusunda yaratıcı fikir geliştirme / üretme çalışmaları yapılır. Üçüncü aşamada ise üretilen fikirler sınıflandırılır ve tasarımı yapılacak potansiyel ürün kategorisine karar verilir. Bu aşama tamamlandıktan sonra, geleneksel/yaygın ürün tasarımı süreçlerine (fikir üretimi, konsept geliştirme, prototipleme) geçilir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Atıklar ile tasarım süreci diyagramı (Pizarro, 2016)

Kottaridou ve Bofylatos (2019), Ellen MacArthur Vakfı'nın geliştirdiği döngüsel ekonomi sistemleri diyagramı (Bkz. Şekil 2.3) ile Karana ve diğerleri (2015) tarafından geliştirilen malzeme odaklı tasarım metodunu (Bkz. Şekil 2.4) temel alarak, kapsamlı ve detaylı bir atıklardan tasarım metodolojisi geliştirmiştir. Atıklardan tasarım metodolojisi, döngüsel ekonominin prensiplerinden olan, ürünlerin üretim-kullanım-tüketim israfının önlenmesi

ve verimli bir şekilde kullanılması ile malzemenin kapalı bir döngüde kalması ilkelerine dayanmaktadır. Bu metodoloji sırasıyla şu süreçleri izlemektedir:

- 1- Atık Değerlendirmesi: Bu ilk adımda ürünün atık hâline gelmeden önce ve sonraki özellikleri hakkında bilgi toplanır. Geçirdiği veya geçirmesi gereken fiziksel, kimyasal veya biyolojik süreçler ile ilgili veriler araştırılır. Ayrıca malzeme ve ürünün işlevi, faydası, bileşenleri, kalitesi ve ürün yaşam döngüsü değerlendirilir.
- 2- Demontaj: Atık, bileşenlerine ayrılır ve kullanılabilecek parçalar toplanır. Daha sonra toplanan parçalar yeniden kullanıma veya yeni bir hammadde/malzeme hâline getirilir.
- 3- Hammaddenin Sınıflandırılması: Toplanan atıklardan elde edilen hammaddeler, sahip olduğu özelliklerine göre sınıflandırılır.
- 4- Malzeme/Ürün Vizyonu: Tasarımcılar, yeni hammaddeden yararlanabileceklerini düşündükleri farklı yolları deneyimleyerek ve araştırarak keşfederler. Malzemelerin olası üretim ve işleme tekniklerini, araçları, kullanılabilecek teknolojileri ve öngörülen senaryoları tasarlayarak, bir malzeme vizyonu oluştururlar.
- 5- Malzemeyi Anlamak: Bu adım sürecin en önemli basamağıdır. Malzemenin teknik ve deneyimsel özelliklerinin yanında, öznel (malzemenin karakteri, kişiliği, estetiği) ve nesnel özelliklerinin (teknik, mekanik, işlevsel, teknolojik, çevresel etki) de belirlendiği adımdır.
- 6- Malzeme Tasarımı (Kendin-yap tekniği): Tasarımcı, ilk beş adımda edindiği bilgiler doğrultusunda, kendi kişisel denemeleriyle atıklardan yeni olası malzeme örnekleri oluşturur. Bu aşamanın sonunda yeni bir malzeme geliştirerek, malzeme tasarım sürecini bitirmiş olur.
- 7- Malzeme Klasörü / Veri tabanı: Yeni oluşturulan malzemenin kimliği ve özellikleri ile bir malzeme klasörü oluşturulur. Bu klasör, süreç sonunda oluşturulacak, açık bilgiyi ve deneyimselliği motive eden ve herkes tarafından erişilebilecek malzeme veri tabanının bir parçasıdır. Bu oluşumda amaç tasarımcıların, yeni malzeme ve malzeme tasarlama/geliştirme süreçlerini öğrenerek uygulayabilmesini sağlamaktır.
- 8- Ürün Konseptleri: Son adım olan ürün tasarımı sürecinde, oluşturulan yeni malzemenin farklı ürün konseptlerine uygulaması yapılır. Bu aşamada kullanılan ürün tasarımı süreçlerinde (tasarım araştırmaları, beyin fırtınası, fikir eskizleri, konsept eskizleri, prototipleme) önemli olan döngüsel ekonomi ve sürdürülebilirlik hedeflerini göz önünde bulundurmaktır. Ayrıca ortaya çıkacak final üründe malzeme sadece ürün estetiğini değil, aynı zamanda işlevselliği ve üretilebilirliği de belirlediği için, tasarım sürecinin temelini oluşturur.

Atıklardan tasarım yaparken tasarımcılar birçok zorlukla karşılaşır. Bu zorluklar genellikle atık malzeme ve özellikleri hakkındaki yetersiz bilgi ve malzemelerin farklı şartlar altında davranışlarının/tepkilerinin belirsizliğinden kaynaklanır. Bu yüzden malzeme tasarım aşamasındayken atığın özelliklerini iyi anlamak ve deneyimlemek önem taşımaktadır (Kottaridou ve Bofylatos, 2019; Karana ve diğerleri 2015). Tasarımcıların ürünlerinde, atık malzemelere de yer vermesi ve doğal tabanlı atıkların ürünlerde kullanımını teşvik için, tasarımcılar ve akademisyenler tarafından yeni metotlar geliştirilmektedir. Bu alanda yapılan, birçok ulusal ve uluslararası proje bulunmaktadır. İzmir ili merkezli gerçekleştirilen "Pirina: Döngüyü Zeytinden Öğrenmek" projesinde, zeytin ve yan ürünlerinin üretiminden oluşan biyolojik atıklar, farklı malzemelere ve ürünlere dönüştürülmektedir (Resim 2.8). Projenin amacı, döngüsel tasarım metodolojisi ile malzemenin kapalı bir döngüde kalarak korunmasını sağlamak ve sürdürülebilir ürünler tasarlayarak çevreye zararı en aza indirmektir. Aynı zamanda proje, yerel üretim sistemleri ve yerel atık malzeme kullanılarak, yerel tasarımcı ve üreticilerin ortaklığında gerçekleştirilmektedir. Bu özelliğiyle bölgesel ekonomiye de katkıda bulunması amaçlanmaktadır (Project Pomace, 2019).



Resim 2.8. Pirina Projesi ekibinin zeytin üretimi atıkları ile tasarladığı yeni malzeme ve ürünler (Kaynak: <https://www.instagram.com/projectpomace/>)

Birleşmiş Milletler'in yayınladığı Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (Birleşmiş Milletler, 2015) ve döngüsel ekonomi modelini temel alan bir diğer tasarım firması ise İstanbul ili merkezli Ottan Studio'dur. Ottan Studio da yerel bazlı doğal atıkları toplayarak yeni malzemeler geliştirip, ürün tasarımlarında kullanmaktadır (Resim 2.9). Meyve-sebze kabukları, kullanım tarihi geçmiş tahıllar, dökülen yapraklar, gıda artıkları vb. yeşil atıklar, yerel firmalardan, üreticilerden, belediyelerden ve seralardan toplanarak malzeme odaklı

tasarım ile yeni ürünlerde kullanılmak üzere değerlendirilmektedir (Ottan Studio, 2020). Bölgesel bazlı doğal atıkların değerlendirilerek, katma değerli tasarım ürünlerine dönüştürülmesi ile sürdürülebilir ve döngüsel sistemler oluşturulması amaçlanmaktadır.



Resim 2.9. Ottan Studio tarafından doğal tabanlı atıklar kullanılarak üretilmiş ürünler
(Kaynak: <https://tr.ottanstudio.com/projects>)

Doğal tabanlı atıkların tasarım ile değerlendirildiği bir diğer örnek Meksikalı tasarımcı Fernando Laposse'nin geliştirdiği Totomoxtle malzemesidir. Fernando Laposse bu malzemeyi, Meksika'daki bulunduğu bölgeye özgü mısır kabuğu atıklarını kullanarak geliştirmiştir (Fernando Laposse Design, 2019). Yerel halktan toplanan atıklar, tasarımcının kendi geliştirdiği yöntemlerle yeni bir kaplama malzemesi hâline getirilmiştir (Resim 2.10). Kullanılan doğal atıkların renk ve doku çeşitliliği aynı zamanda bulunduğu bölgenin kültürünü de yansıtmaktadır.



Resim 2.10. Totomoxtle; yerel mısır atıklarından yeni malzeme ve ürün uygulamaları
(Kaynak: <https://www.fernandolaposse.com/projects/totomoxtle/>)

Fernando Laposse'nin gerçekleştirdiği bu projenin temel amacı sadece atıkların değerlendirilmesi değil, Meksika'da geleneksel tarım uygulamalarını yeniden canlandırmak ve tasarım sürecine yerel halkı da dâhil ederek, yoksul çiftçiler için ek gelir sağlamaktır. Üretimde kullanılan farklı zanaatkârlık becerileri de yerel halk tarafından benimsenmiş ve uygulanmaya başlanmıştır. Ürün yapımında el becerisi gerektiren bu yeni malzeme ile tasarım, yerel halkın da öğrenebileceği ve geliştirebileceği yeni bir zanaat dalı hâline gelmiştir. Bu çalışma aynı zamanda tasarım ile toplumları güçlendirme ve malzeme-tasarım-üretim yöntemlerinde yerelliğin önemini gösteren bir projedir.

Doğal malzemeler ile tasarımda sadece bitkisel atıklar değil, doğal taş, kil, seramik gibi malzemelerin üretim fireleri de değerlendirilmek üzere kullanılmaktadır. Mermer çıkarım ve üretim firelerini, tasarım ile değerlendirmek amacıyla İtalyan tasarımcı Francesca Gattello, atık taş tozunu kil ile birleştirerek, kompozit bir malzeme oluşturmuştur (Resim 2.11). Bu malzemeyi İtalya'nın Toskana bölgesindeki yerel bir seramik firması ile hayata geçirmiştir. Gattello, mermer fireleri ve kil ile oluşturduğu bu malzeme ile tencere, kâse, fincan ve vazo gibi farklı ürünler tasarlamıştır (Şimşek, 2020).



Resim: 2.11. Mermer üretim firelerinin kil ile birleştirmesi ile oluşturulmuş ürünler (Şimşek, 2020)

2.3.3. Doğal malzemelerden elde edilen kompozitler için kullanılan üretim teknikleri

Tasarımcılar, doğal tabanlı atıkları / malzemeleri kullanarak yeni malzeme kompozitleri ve ürünler geliştirmektedirler. Bu yeni yaklaşımda, daha önceki bölümlerde de değinildiği gibi, malzeme odaklı tasarım için geliştirilen yöntemler kullanılmaktadır (Karana ve diğerleri, 2015; Bak-Andersen, 2018; Kottaridou ve Bofylatos, 2019). Her ne kadar bu amaçla geliştirilen metotlar olsa da, her tasarımcı kendi kişisel deneyimleri ve kullanılan malzemeye uygun geliştirdiği üretim teknikleri ile malzeme ve ürün tasarımı süreçlerini tamamlamaktadır.

Yeni malzeme geliştirilmesi ile ürün tasarımı sürecinde kullanılan teknikler, seçilen malzeme özelliklerine göre farklılık göstermektedir. Doğal malzeme kompozitleri oluşturmak ve bir tasarım nesnesi üretebilmek için tasarımcılara yol gösterecek bir veri tabanına ihtiyaç bulunmaktadır. Bu doğrultuda ortaya çıkan "Materiom" girişimi, tasarımcılara veya doğal malzemeler/atıklarla tasarım yapmak isteyen herkese, internet aracılığıyla açık kaynaklı veri sunmaktadır. Bu girişimin asıl amacı doğal tabanlı atıkların değerlendirilmesi için malzeme üretim teknikleri (tarifleri), ürün üretim teknikleri, farklı malzemelerin karakteristik özellikleri hakkında açık kaynaklı bir veritabanı oluşturmaktır. Aynı zamanda, yerel ekolojileri ve ekonomileri besleyen yerel biyo malzeme tedarik zincirlerinin gelişimini desteklemek için, şirketler, şehirler ve toplumlar ile birlikte çalışmalar gerçekleştirmektedir (Materiom, 2018). Doğal malzemeler ile tasarım yapmak isteyen tasarımcılar, Materiom aracılığıyla, üretim teknikleri ve malzeme özellikleri hakkında bilgi edinebilirler. Aynı amaçla oluşturulan bir diğer açık kaynaklı veri tabanı olan "Material District", mimari yapılar, iç tasarım ve ürün tasarımında kullanılan yeni malzemeler (doğal tabanlı malzemeler, atık kompozitleri, biyomalzemeler, akıllı malzemeler vb.) ve içerikleri hakkında bilgi sağlamaktadır. (Material District, 2020). Malzeme üretim teknikleri hakkında açık bilgi kaynağı sunan bir diğer platform ise "Open Materials" isimli projedir. Bu proje, kendin yap üretim teknikleri ve malzemelerin araştırılması ve deneyimlenmesi amacıyla, Catarina Moto tarafından geliştirilen ve uygulanan bir araştırma projesidir (Open Materials, 2009).

Doğal malzemeler ile tasarımda ilk adım, üretime ve ürün tasarımına uygun malzemenin oluşturulması sürecidir (Kottaridou ve Bofylatos, 2019; Pizarro, 2016). Bu süreçte

genellikle doğal tabanlı malzeme veya atık bir veya birden fazla bağlayıcı ile birleştirilerek, yeni kompozit oluşturulur. Bağlayıcı seçimi yapılırken, malzemenin doğal/sürdürülebilir özelliklerini kaybetmemesi amacıyla genellikle doğal tabanlı bağlayıcılar seçilir. Sıklıkla kullanılan doğal tabanlı bağlayıcılar: çam reçinesi ve balmumu gibi doğal yapıştırıcılar; karbonhidrat temelli nişasta ve un çeşitleri; agar agar, metil selüloz ve aljinat gibi bitkisel özler; ksantan gam, gam arabik ve guar gam gibi gıda bağlayıcılarıdır (Materiom, 2018). Bağlayıcıya ek olarak, oluşturulacak malzemenin ve ürünün istenilen özelliklerine göre, gliserin, jelatin, şeker (Çizelge 2.3) gibi farklı işlevsel malzemeler de kullanılabilir (Faludi, Van Sice, Shi, Bower ve Brooks, 2018).

Çizelge 2.3. Malzeme tarifleri. A1, A2: ahşap meşe talaşı, B1, B2: çam ahşap talaşı, C1, C2: portakal kabuğu, D: nanoselüloz fibriller, E: ceviz kabuğu tozu, F: sıvı sodyum silikat, G: polivinil alkol, H: toz çam reçinesi, I: siyanoakrilat J: beyaz pirinç unu, K: pudra şekeri, L: jelatin, M: buğday dekstrini, N: gliserin (Faludi, Van Sice, Shi, Bower ve Brooks, 2018)

Dolgu Malzemesi	A1	B1	C1	D	E
	A2	B2	C2		
Bağlayıcı	F	G	H	I	
Çok İşlevli	J	K	L	M	N

Malzeme kompozitleri oluşturulurken, toz hâline getirme, ateşte pişirme, ısıtma, soğutma, yoğurma, karıştırma, fırında veya açık havada kurutma gibi temel işlemler uygulanmaktadır (Materiom, 2018). Malzeme oluşturma aşaması bittikten sonra, ürün tasarımı süreçlerinde kullanılacak üretim tekniğine karar verilmektedir (Bkz. Şekil 2.5). Doğal tabanlı malzemelerden elde edilen kompozitler ile yapılan ürünlerin araştırılıp incelenmesi sonucunda, her malzemenin özelliklerine göre uygulanan farklı üretim

teknikleri olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Üretim aşamasında kullanılacak teknik ve teknolojilere, genellikle tasarımcı karar vermektedir. Tasarımcılar arasında yaygın olarak tercih edilen iki farklı üretim tekniği bulunmaktadır: 3 boyutlu yazıcı ile üretim / eklemeli üretim teknikleri ve kalıp ile üretim teknikleri. Bu tekniklerin dışında, geliştirilen malzemeye özgü farklı üretim teknikleri de uygulanabilmektedir.

3 boyutlu yazıcı ile üretim / Eklemeli üretim

Temelde 3 boyutlu yazıcı ile üretim ya da eklemeli üretim, ürünün, bilgisayar tarafından kontrol edilen bir sistemde katman katman yapılanmasıyla üretildiği bir yöntemdir. Farklı teknikler ile çalışan 3 boyutlu yazıcı varyasyonları bulunmaktadır. Bu teknikler, kullanılan malzemenin yapısına göre özelleştirilmiştir. Endüstride kullanılan farklı 3 boyutlu yazma teknikleri şunlardır: Ekstrüzyon (erimiş/dökme malzemenin ekstrüzyonu), doğrudan enerji biriktirme (maddenin yüksek enerji kaynağı ile eritilerek biriktirilmesi), tozun/maddenin katılaşması (partiküllerin füzyonu ya da birleşimi/sinterleme), fotopolimerizasyon (sıvı hâldeki polimerin katılaşması) ve tabaka laminasyonu (tabakaların yapıştırılması) (van Wijk, A. ve van Wijk, I., 2015).

Gelişen eklemeli üretim yöntemleri, daha sürdürülebilir üretim ve tüketim modelleri geliştirilmesini mümkün kılmaktadır. Eklemeli üretim teknolojilerinin, sürdürülebilirlik ile ilişkilendirilmesi, bu yöntemlerin üretim/tüketim sistemlerinin temelindeki dört ana kategori altında incelenmektedir: Ürün ve sürecin yeniden tasarımı, malzeme girdisi işleme, sipariş üzerine parça ve ürün imalatı ve döngünün kapatılması (Ford ve Despeisse, 2016). Ürün ve sürecin yeniden tasarımı ile sağlanan avantajlar; tasarımda özgürlük, biyomimikri konseptlerinin kullanımı, işlevsel gereksinimleri karşılamak için optimize edilmiş geometriler, basitleştirilmiş montaj aşamaları - ürün ve parçalar, maliyet - zaman ve kalite problemlerinin en aza indirgenmesidir. Malzeme işlemede ise; hammadde kaynaklarının verimli kullanımı, yerleştirilmiş malzeme geri dönüşümü, malzeme işleme sürecinde zararlı ve toksik özelliğin azalması gibi faydalar sağlanmaktadır. Eklemeli üretim yöntemlerinin parça ve ürün imalat sürecinde sağladığı avantajlar; azaltılmış enerji tüketimi ve atık üretimi, ürünlerin sipariş üzerine üretimi ile kitlesel özelleştirme ve kişiselleştirmeyi mümkün kılması, müşteri ve üretici arasındaki yakınlık ile üretimde yerelleştirmedir. Aynı zamanda, ürün ve malzemenin verimli kullanılması, yeniden kullanım, geri dönüşüm, ileri dönüşüm veya tekrar üretim gibi yöntemlerin kullanımına

uygunluğu ile de kapalı döngülü sistemlere geçişi mümkün kılar.

Eklemeli üretim yöntemleri ile amaçlanan bu sürdürülebilir sistemlere geçişte karşılaşılan ve aşılması gereken bazı zorluklar da bulunmaktadır. Yeni malzemelerin ve üretim süreçlerinin sertifikalandırılması, malzemelerin yeni imalat tekniklerine optimizasyonu, yerel geri dönüşüm/atık sistemlerinin geliştirilmesi, üretim maliyetlerinin standardizasyonu karşılanan zorluklardan birkaçıdır (Ford ve Despeisse, 2016). Yeni gelişen eklemeli üretim yöntemleri ile ilgili bu kısıtlılıkların giderilmesi için, tasarımcılar, mühendisler ve üreticilere, yeni gelişen eklemeli üretim teknikleri hakkında yeterli bilgi ve eğitim sağlanmalıdır.

Birçok malzeme, 3 boyutlu yazıcılar ile üretim yapılabilecek hâle getirilmektedir (Resim 2.12). Doğal tabanlı malzemeler veya atıklar ile oluşturulan yeni kompozitlerde genellikle ekstrüzyon bazlı yazıcılar kullanılmaktadır. Doğal malzeme kompozitleri, eklemeli üretimin çevresel etkilerinde radikal iyileştirmeler sağlayabilir (Faludi ve diğerleri, 2018). Doğal malzemeler ile geliştirilen kompozitler genellikle, malzeme bileşenlerine göre farklılık gösterebilmekle birlikte, üç boyutlu yazıcı ile tekrar yazılabilme özelliğine sahiptirler. Aynı zamanda, su bazlı macun kıvamına getirilmiş malzemeler, yüksek enerji tüketimine neden olan ısıtma/eritme işlemlerine ve araçlarının kullanımına gereksinim duyulmadan, 3 boyutlu basılabilmektedir. Doğal tabanlı kompozitler, bu özellikleri sayesinde, sıfır-atık üretim ve kapalı döngülü malzeme sistemleri, gibi döngüsel ekonomi stratejilerine uyum sağlamaktadırlar (Sauerwein, Zlopasa, Doubrovski, Bakker ve Balkenende, 2020).



Resim 2.12. Doğal tabanlı malzemeler ile geliştirilmiş kompozitlerin 3 boyutlu yazıcı ile üretim denemeleri; malzemeler sırasıyla: midye kabuğu, yumurta kabuğu, ceviz kabuğu, zeytin atıkları, kakao kabuğu, akçaağaç talaşı, ahşap çam talaşı (Sauerwein, Zlopasa, Doubrovski, Bakker ve Balkenende, 2020).

Kalıp ile üretim

Birçok sektörde farklı kalıp ile üretim teknikleri uygulanmaktadır. Doğal malzemeler ile tasarımda, döküm, ahşap, plastik, alçı ve silikon kalıp gibi çeşitli kalıplama yöntemleri kullanılarak farklı ürünler tasarlanmaktadır. Tasarımcılar, geliştirdikleri malzemeye ve olası tasarım nesnesine uygun kalıplama tekniğini, malzeme ile kendi kişisel deneyimleri doğrultusunda karar verirler. Kullanılan kalıp, özel üretilmiş bir kalıp olabileceği gibi, farklı nesneler (bardak, vazo, kâse vb) de form verme amacıyla kalıp olarak kullanılabilir.

Kalıp ile üretim yöntemi kullanılarak, doğal malzemelerden üretilmiş ürünlere örnek olarak, zeytinyağı endüstrisinin katı atıkları (zeytin çekirdeği) kullanılarak üretilmiş ürünler gösterilebilir (Resim 2.13). İç tasarım endüstrisindeki ahşap (sunta) malzemelere alternatif oluşturmak için geliştirilen bu malzeme aynı zamanda, yerel atıkların kullanımı ile çevresel ve ekonomik faydalar da sağlamaktadır (Farag, Alshebani, Elhrari, Klash, ve Shebani, 2020). Resim 2.14'te de görüldüğü üzere endüstriyel zeytin atıkları ile oluşturulan kompozit malzeme, demir döküm kalıp kullanılarak, ürün imalatı gerçekleştirilmiştir.



Resim 2.13. Zeytin atıkları ile oluşturulan kompozit ve demir kalıp ile üretilen ürünler (Farag, Alshebani, Elhrari, Klash, ve Shebani, 2020)

Nişasta ve yün lifleri ile oluşturulmuş biyo-kompozit malzeme olan NeWool ile tasarımcısı tarafından yapılan ahşap kalıplar kullanılarak, ürün örnekleri oluşturulmuştur (Resim 2.14). Malzeme tasarım süreci, nişasta ve gliserinin farklı miktarlarda karıştırılması ile başlamıştır. Ardından, doğal pigmentler ile yünün pişirilmesiyle bir dizi pigmentasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Yün kuruduktan sonra, tasarımda kullanılacak renk seçimi yapılmış ve üretilen kompozit kesilerek form verilmiştir. Tasarımın ikinci aşamasında

kesilerek düzeltilmiş yün lifleri, nişasta-gliserin ile karıştırılmış, daha sonra ise fırında pişirilmiştir. Sonraki aşamada, başarılı olan malzeme örnekleri kurutularak üretime hazır hâle getirilmiştir. Kendin yap malzemeler kapsamında oluşturulan bu doğal kompozit için, en uygun ürün üretim tekniğine (ahşap kalıp), tasarımcı tarafından deneyimlenerek karar verilmiştir (Rognoli, Ayala-Garcia, ve Parisi 2016).



Resim 2.14. Yün lifleri ve nişasta ile oluşturulan NeWool biyo-kompoziti ve ahşap kalıp kullanılarak şekillendirilmesi (Rognoli, Ayala-Garcia, ve Parisi, 2016)

Eklemeli üretim ve kalıp ile üretim tekniklerinin dışında tasarımcılar, oluşturdukları malzemenin özelliklerine uygun farklı üretim şekilleri de denemektedirler (Ayala-Garcia ve diğerleri, 2017). Çoğu zaman, oluşturulan malzeme ürüne dönüştürülürken, farklı üretim araç ve yöntemlerinin bir arada kullanılması gerekmektedir. Zanaatkârlık ile kişisel ve teknolojik üretim yöntemlerinin birleştirilmesi ile farklı karakteristik özelliklere sahip malzeme ve ürün tasarımları ortaya çıkmaktadır. Bu sayede ürün tasarımı literatürüne, hem yeni doğal tabanlı malzemeler hem de yeni üretim teknikleri kazandırılmaktadır.

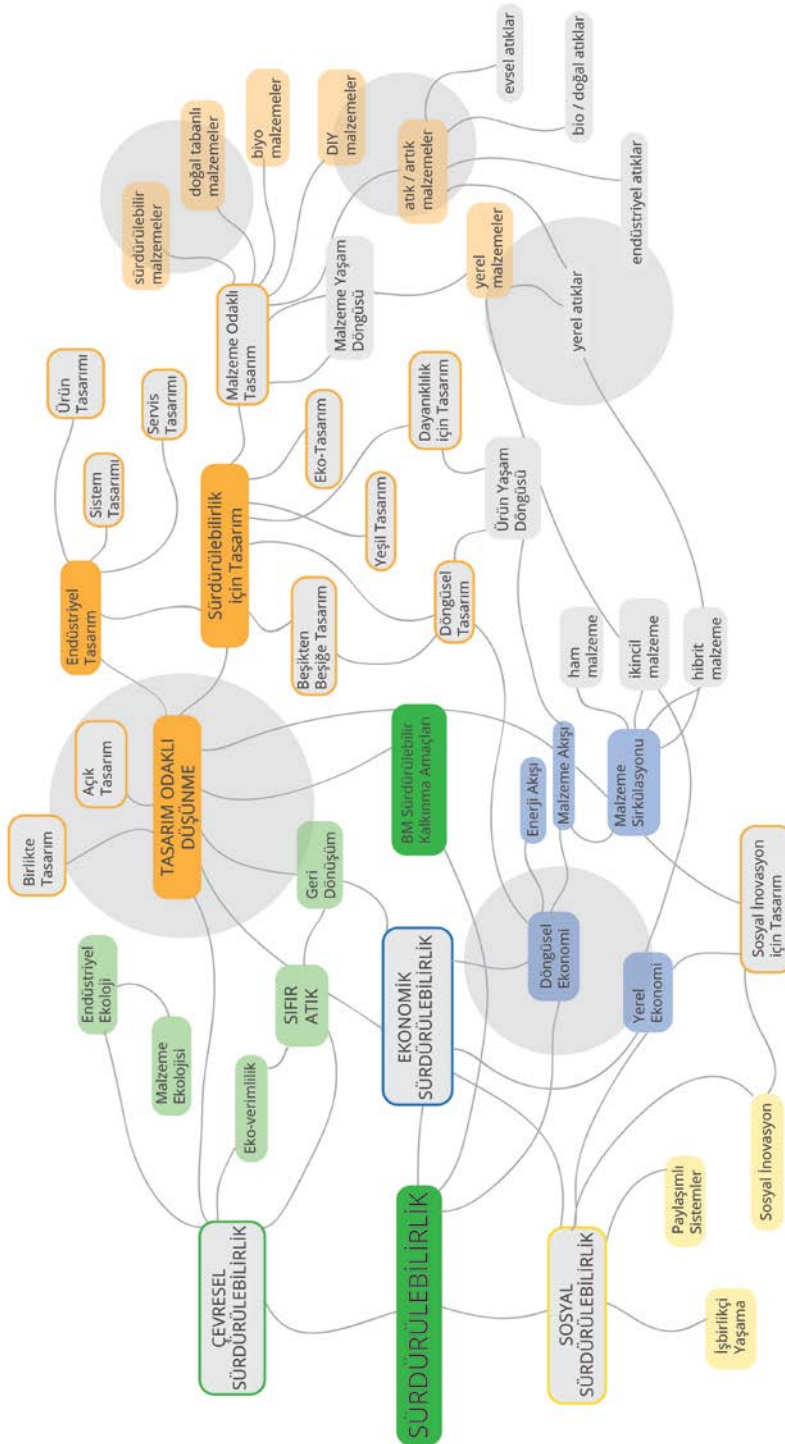
3. DOĞAL VE YEREL BİR KAYNAK: LÜLETAŞI

Sürdürülebilirlik kavramı, iklim değişikliği, doğal kaynakların tahribatı, su kaynaklarının azalması gibi çevresel sorunların yanında, açlık, düşük yaşam kalitesi, yoksulluk gibi toplumsal sorunların da merkezinde bulunan bir çözüm stratejisi hâline gelmiştir. Bu problemlere çözüm önerisi getirmek için, birçok araştırmacı, akademisyen ve bilim insanı belirli yöntemler geliştirmiştir. Bunlardan bazıları, tezin ikinci bölümünde de detaylıca yer verildiği gibi Birleşmiş Milletler tarafından yayınlanan sürdürülebilir kalkınma hedefleri, döngüsel ekonomi ve döngüsel tasarım modeli, üretim ve tasarımda yerelleştirme stratejileridir. Üretim ve ekonomi modellerinde yerel kaynaklara yönelim, yerel malzemelerin kullanımı ve üretimin desteklenmesi, sürdürülebilirlik yöntemlerine konu olan ve uygulanmaya başlanan stratejilerdendir. Sürdürülebilirlik-Tasarım-Malzeme odağında yapılan literatür araştırmaları doğrultusunda, çalışmaya yön vermesi için bir kavramlar ağı haritası oluşturulmuştur (Şekil 3.1). Literatür araştırma bulgularının değerlendirilmesi sonucunda oluşturulan bu harita paralelinde, tez kapsamında yerel ve doğal tabanlı atıkların tasarım ile değerlendirilmesi konusunda çalışılmaya karar verilmiştir.

Ülkemizdeki yerel kaynaklardan biri de Eskişehir ve çevresinde bulunan ve bölge ile özdeşleşmiş lületaş madenidir. Küresel ölçekte, sahip olduğu kalite ile Eskişehir'den ihraç edilen lületaş, "Eskişehir Taşı" ismiyle de bilinmektedir. Lületaş, yapısında magnezyum ve silisyum elementlerini barındıran, "Sepiyolit" grubu bir kil mineralidir. Magnezyumca zengin bir kil minerali olan bu doğal taş lületaş adı verilmesinin sebebi, pipo/lüle yapımındaki yaygınlığından kaynaklanmaktadır (Kazancı ve Gürbüz, 2014). Lületaş yurtdışında, sahip olduğu yapısal özellikleri nedeniyle "Deniz Köpüğü (*Meerschau*m)" ismiyle de tanınmaktadır. (Tunçdilek, 1955). Genellikle kolay işlenebilir yapısı ve hafifliği nedeniyle pipo, sigara ağızlığı gibi tütün ürünlerinin ve kolye, küpe, tespih gibi giyim aksesuarlarının yapımında kullanılmaktadır. Bunun yanında, yapısına göre farklı sektörlerde de kullanılan bir malzemedir.

Eskişehir'de uzun yıllardır gerçekleştirilen lületaş işlemeciği, bölgenin ve halkın kültür ve geleneklerini yansıtan, somut olmayan kültürel miraslarımız arasındadır. Bu zanaat yıllardır usta-çırak ilişkisi ile nesilden nesile aktarılmıştır. Günümüzde ise ürünlerde farklı

malzemeler tercih edilmesi sonucu lületaşının değerinin azalması ve yeni çıraklar yetişmemesi sonucunda yok olma tehlikesi ile karşı karşıya kalmıştır. Yerel halk için hem önemli bir ekonomik kaynak hem de geleneksel ve kültürel bir değer olan lületaşı madeninin ve lületaşı işleme zanaatının gelecek nesillere aktararak sürdürülmesi gerekmektedir.



Şekil 3.1. Araştırmanın konusuna yön veren kavramlar ağı haritası

3.1. Lületaş/Sepiyolit ve Özellikleri

Lületaş, sepiyolit sınıfında yer alan doğal bir kil mineralidir. Sepiyolit minerallerinin, diğer endüstri minerallerine kıyasla, rezervleri daha seyrek bulunmaktadır. Dünya'da, endüstriyel sektörlerde verimli olarak kullanılabilecek sepiyolit kaynakları Türkiye ve İspanya'da bulunmaktadır. Diğer ülkelerdeki oluşumlar ise farklı kristalografik yapıları sebebiyle üretim/kullanım standartlarını karşılayamamakta ve sadece absorbtif amaçlarla kullanılmaktadır. Ülkemizde, Eskişehir ili ve çevresinde bulunan sepiyolit türü olan lületaş, uzun zamana dayanan tarihi ile geleneksel ihraç ürünlerimizden birini oluşturmaktadır (Maden Tetkik ve Arama [MTA] Genel Müdürlüğü, 2021).

Sepiyolit minerali, özgül yüzey alanı ve yüksek absorpsiyon özelliği sayesinde endüstride farklı kullanımlara sahiptir. Atık su arıtma sistemlerinde, taşıyıcı olarak tarım ve böcek ilaçlarında, deterjan ve temizlik malzemelerinde, koku giderici olarak çiftlik ve ahırlarda ve sigara filtrelerinde yardımcı malzeme olarak kullanılmaktadır. Sepiyolit su ve diğer sıvılarla yüksek viskoziteli süspansiyonlar oluşturmaktadır. Oluşturduğu bu süspansiyonlar ile kozmetik, yapıştırıcı ve gübre ürünlerinde kalınlaştırıcı olarak kullanılır. Aynı zamanda kağıt, mukavva, filtre, duvar kağıdı ve kauçuk sanayilerinde dolgu malzemesi olarak, bağlayıcı özelliği nedeniyle eczacılıkta ve tuğla ve seramik ürünlerinde fonksiyonel malzeme olarak kullanımı mevcuttur (MTA, 2021).

Yapısına göre iki farklı lületaş çeşidi vardır (Akıncı, 1967). Bunlardan ilki yumrulu lületaş olarak adlandırılır. Yumrulu lületaş, işlenebilir yapısı ve üretime uygun özellikleri ile ürün yapımında kullanılan lületaşdır. Tabakalı lületaş ise ürün yapımına uygun değildir, genellikle farklı sanayi dallarında hammadde olarak ve farklı malzeme bileşenlerinde fonksiyonel kullanımları bulunmaktadır (Çizelge 3.1). Tabakalı yani sanayi tipi sepiyolit, kaygan görümlü ve ince taneli bir yapıya sahiptir. Genellikle beyaz, krem, gri renklerinde olmakla birlikte, organik madde içeriğine bağlı olarak koyu kahverengi ve siyahımsı renklerde de olabilmektedir. Dünya'da tabakalı (sedimanter) sepiyolit üretiminin büyük çoğunluğu İspanya'da yapılmaktadır; bunların dışında ABD, Çin ve Türkiye'de de rezervleri bulunmaktadır (Sabah ve Çelik, 1999).

Çizelge 3.1. Yumrulu ve tabakalı lületaşı arasındaki farklar (Akıncı, 1967)

	Yumrulu Lületaşı	Tabakalı Lületaşı
İçinde bulunduğu kayaç	Serpantin çakıllı, dolomitik çimentolu konglomera	Marnlı detritik göl kalkerleri
Oluşum şekli	Konkresyoner	Tabakalı
Jeolojik yaşı	Oligosen	Miosen
Kayaç içinde rengi ve şekli	Beyaz, yumrular hâlinde	Kahverengi, tabakalar hâlinde
Kuruduktan sonra rengi	Beyaz	Açık bej
Kuruduktan sonra işlenebilirlik	Islatılınca işlenebiliyor	Islatılınca dağılıyor
Boşluk, kılcal damar, yabancı madde	Nadiren bulunmakta	Sıklıkla bulunmakta
Hacim ağırlığı	0,508 gr/cm ³	0,894 gr/cm ³
Elektron mikrografında boyutu	1,5 - 2 mikron	0,5 - 1 mikron
Liflerin şekli	Hafif silindirik, çubuk şeklinde	Çubuk şeklinde

Birinci tip sepiyolit (yumrulu), Türkiye'de Eskişehir ve çevresinde ve Konya-Yunak yakınlarında bulunmaktadır. Endüstriyel (sınai), tabakalı veya sedimanter sepiyolit olarak adlandırılan ikinci tür ise, Ankara-Polatlı güneyinde, Eskişehir-Sivrihisar ve Mihalıççık taraflarında bulunmaktadır (MTA, 2021). Eskişehir'deki en önemli sepiyolit yatakları, Türkmentokat-Karatepe arasındaki Sarısu bölgesinde bulunmaktadır. Bu bölge, en kaliteli ve ürün yapımı için en uygun yumrulu sepiyolit (lületaşı) rezervlerine sahiptir. Bu bölgeden alınan sepiyolit örneklerinin incelenmesi sonucunda, bileşimlerinin saf veya safa yakın olduğu belirlenmiştir (Işık ve Beyarslan, 2016).

Bir sepiyolit türü olan lületaşı, genellikle beyaz renkte, hafif, kompakt ve gözenekli yapıda bulunan doğal bir malzemedir. Kuru hâldeyken, hafif ve beyaz/kirli beyaz renklerinde, sıkı ve masif yapıdadır. Su ile ıslatıldığında rengi koyulaşarak açık beje dönüşür ve yumuşayarak kolay işlenebilir ve yontulabilir yapıya ulaşır. Kurumaya bırakıldığında tekrar sertleşir ve rijit yapıya ulaşır. Malzeme yapısındaki sepiyolit liflerinin iyi kenetlenmesi sayesinde, suda dağılma ve çözünmeye karşı direnç gösterir. Lületaşının beyaz rengi, bileşiminde yer alan karbonat ile ilişkilidir. Malzemenin hafifliğini ise, sepiyolit ve karbonat bileşen oranlarının yanında, mineralin yapısındaki porozite / gözeneklilik belirler. Ayrıca bileşenlerinin homojen dağılımı sayesinde, kolay işlenebilme/yontulabilme özelliği gösterir ve pürüzsüz düzgün bir yüzey elde edilebilir.

(Yeniyol, 1993).

Lületaşı yumuşak bir madendir; madenlerin sertlik sınıflandırılmasında kullanılan Mosh sınıflandırmasında, az sertliğe sahip olarak kabul edilen 2-2,5 derecelerde yer almaktadır. Bu özelliği sayesinde kolaylıkla işlenebilmektedir. (Algan, 2015). Ocaktan ilk çıkarıldığında yumuşak yapıda olan lületaşı, açıkta bırakılırsa sertleşmektedir. Sertleşen lületaşı tekrar su ile ıslatılırsa, suyu absorbe edebilen gözenekli yapısı dolayısıyla tekrar işlenebilir yumuşaklığa ulaşmaktadır. (Bilim, 1999).

Lületaşının en önemli özelliklerinden biri, sahip olduğu gözenekli yapı nedeniyle sigara dumanı, nikotin ve benzerlerini absorbe edebilmesidir. Bu nedenle, lületaşından yapılan tütün ürünleri veya diğer süs eşyaları, ortamdaki bu gibi maddelerin varlığında renk değiştirerek sararmaya ve giderek kahverengine kadar renk değişimine uğramaktadır. Lületaşının bu özelliğini ustalar, ürünleri renklendirme amacıyla kullanmaktadırlar. Gazete, farklı renkli kağıtlar, ebru kağıdı gibi çeşitli desen ve renkte kağıtlar, lületaşına sarılarak yakılmakta ve böylelikle bu renk ve desenler kolaylıkla ürün üzerine geçmektedir (Algan, 2015).

Sepiyolit gözenekli yapısı nedeniyle yüksek oranda su tutma kapasitesine sahiptir. Isıl işlem uygulandığında yapısal ve morfolojik değişimlere uğramaktadır. Genleşme özelliği yoktur, 300 °C' nin üzerinde ısıtıldığında, yapısal değişikliklere uğrar ve absorpsiyon kapasitesi azalır. Genellikle su ve amonyum gibi polar yapıdaki moleküller ile polar olmayan bileşikler ve daha az miktarda metil ve etil alkollerini adsorplayabilme özelliğine sahiptir. Ancak polar yapıda olmayan bileşiklerin adsorpsiyonu, tutulan molekülün boyutuna ve şekline bağlı olup, dış yüzeylerle sınırlıdır. Aynı zamanda jel oluşturma özelliğine sahip bir kil minerali olup, su veya diğer organik çözücüler ile yüksek viskoziteli süspansiyonlar oluşturabilir. Ayrıca yüksek oranda nem ve rutubet emme kapasitesine de sahiptir (Sabah ve Çelik, 1999).

Lületaşı yer yüzeyinden farklı derinliklerde bulunabilmektedir. İşlemecilikte ve ürün yapımında kullanılan yumrulu lületaşı, jeolojik açıdan incelendiğinde, yeraltında üç farklı derinlikte oluşum göstermektedir. Bunlardan ilki, yüzeye en yakın 10-14 metre derinliklerde bulunan kumlu-killi seviyedeki oluşumlardır. İkincisi ise 40-60 metre derinliklerde bulunan killi seviyedeki oluşumlardır. Son olarak 80-130 metre

derinliklerinde bulunan lületaşı ise en yüksek kaliteye sahip olan lületaşı yataklarıdır (Taşlıgil ve Şahin, 2011). Madenden çıkarılan lületaşları, büyüklük, renk, yoğunluk ve kusurları göz önünde bulundurularak sınıflandırılırlar: Sıramalı, Birim birimlik, Pamuklu, Daneli, Orta, Dökme ve Cılız (Bozkurt, 1989).

3.1.1. Eskişehir'de lületaşı işleme zanaatı ve tarihi

Eskişehir, tarih boyunca çeşitli egemenliklere tanıklık etmiş, coğrafi, siyasal ve ekonomik yönden önemli bir konumda bulunmuş bir kenttir. Diğer özelliklerinin yanında, bölgede bulunan maden yatakları ile ticari ve ekonomik açıdan önemli bir potansiyele sahiptir. Bu maden yataklarının başında lületaşı gelmektedir. Dünya'da İspanya, Fransa ve Amerika gibi farklı ülkelerde maden yatakları bulunsun da, Eskişehir ili ve çevresinde çıkarılan lületaşının kalitesi diğerlerine göre çok yüksektir. (Bilim, 1999).

Eskişehir'den çıkarılan lületaşının tarihçesiyle ilgili bilgiler farklılık göstermektedir. Ulaşılan en eski bilgiyi, 1173'te Ali Bin Ebu Bekir El-Herevi, Anadolu seyahatlerini anlattığı eserinde vermiştir. Diğer kaynaklarda ise Eskişehir'de lületaşı çıkarımının, işlenmesinin, eşya yapımının, ihracının ve dolayısıyla bir sanayi kolu olarak ekonomiye katkısının yoğunlukla, 18. ve 19. yüzyıllara denk geldiği bilgisi yer almaktadır. (Bilim, 1999). Özellikle tütün kullanımının yoğunlaştığı 18. yüzyıl ve sonrasında bu sektörün geliştiği bilinmektedir (Tunçdilek, 1955). Bu dönemlerde, Avusturya başta olmak üzere birçok Avrupa ülkesine ve diğer ülkelere ham lületaşı ihraç edilmiştir. İhraç edilen ham taşlar, yurt dışındaki atölyelerde işlenerek mamul hâle getirilmiştir. Lületaşı ürünlerinin 18. yüzyıl ve sonrasında yaygınlaştığına dair bilgiler olsa da Doç. Dr. A. Nejat Bilgen tarafından, Eskişehir Arkeoloji Müzesi başkanlığında yapılan kazı çalışmalarında, lületaşından yapılan bir adet damga mühür bulunmuştur. Bu mühür, yapılan tetkikler sonucunda M.Ö. 18. yüzyıl ortalarına tarihlenmiştir (Algan, 2015). Bu da lületaşının bir üretim malzemesi olarak kullanımının çok eskiye dayandığını göstermektedir.

İlk zamanlarda lületaşını yer altından çıkarmak için ilk olarak bir kişinin sığabileceği büyüklükte kuyular açılır, daha sonra bu kuyular genişletilerek maden çıkarımı yapılır. Su basması veya çökme gibi ani durumlara karşı maden ocaklarına kazılan kuyu, tehlike anında terk edilir ve hemen yakınlarında yenisi kazılır. Bu yüzden ocakların bulunduğu köylerde, ufak tefek açılmış birçok kuyu bulunmaktaydı. Yapılan araştırmalar

göstermektedir ki lületaşı çıkarımında kullanılan bu yöntemler 19. yüzyılın sonuna kadar değişim göstermeden uygulanmaya devam edilmiştir (Tunçdilek, 1955). Günümüzde de benzer şekillerde lületaşı çıkarımı yapılmaya devam edilmektedir (Resim 3.1). Eskişehir ve çevresinde lületaşı, üç ayrı bölgede bulunmaktadır. Birinci bölge Alpu ovasının kuzey tarafında olup, Kızılcaören, Gündüzler, Sepetçi, Margı ve Kemikli' ye kadar uzanmaktadır. İkinci bölge yine Alpu ovasını kapsamakla birlikte, Porsuk nehrinin sağ tarafında bulunan Sarısu ocaklarını kapsamaktadır. Üçüncü bölge ise, Yukarı Porsuk vadisinin batısında bulunan Nemli köyünü çevrelemektedir (Tunçdilek, 1955).



Resim 3.1. Lületaşının ocaktan çıkarımı

(Kaynak: <https://www.ntv.com.tr/galeri/turkiye/eskisehirde-beyaz-altin-luletaasi-bir-cok-ulkeye-ihrac-ediliyor>)

Merkezi Eskişehir'de olan, ilk çıkarıldığı zamanlarda kullanımı ise Avrupa ve Amerika'da iki asır boyunca yaygınlık gösteren lületaşı, 18. yüzyıldan 19. yüzyıl başlarına kadar gerek ticareti gerekse ürünleri ile bölge halkı için yüksek bir gelir kaynağı oluşturmuştur. 19. yüzyıl başlarından itibaren kimi sebepler dolayısıyla ticareti yapılamamış ve kazanç getirememiştir. Sonuç olarak, bu işle uğraşanların sayısında ciddi bir düşüş yaşanmıştır. Bu sebepler:

- Balkan savaşlarının başlaması ile Viyana karayolunun kapanması,
- Birinci Dünya Savaşı'nın başlaması ile diğer ülkelere ihracatın imkânsızlaşması,
- Savaşlar sonucunda Avrupa'da kapanan lületaşı atölyelerinin tekrar açılması için yeterli kaynak bulunmaması,
- 19. yüzyıl itibarıyla lületaşı ihracatının yabancı tüccarların eline geçmesi,
- Lületaşı ticaret merkezinin Eskişehir'den Viyana'ya taşınması,
- Lületaşı ocaklarından belirli ve resmi bir uygulama veya karar bulunmaması,
- Teknik eksiklerin giderilememesi nedeniyle, ocaktan çıkarılan taşların düşük kalitede

olmasıdır. Ayrıca Sanayi Devrimi sonrası geliştirilen plastik ve türevleri ve diğer yeni malzemelerin kullanımının yaygınlaşması da, lületaşının unutulmasına neden olmuştur. (Tunçdilek, 1955).

Lületaşının kalitesini ve fiyatlandırılmasını belirleyecek kesin bir kanun bulunmamaktadır. Bu da bazı tüccar ve satıcıların kaçak yollarla lületaş ürünler üretmesine ve satış yapmasında yol açmaktadır. Her ne kadar lületaş, 1954 yılında maden koruma kanunu kapsamına alınarak, aranması, çıkarılması ve satışı için ruhsat zorunluluğu getirilse de (Tekin, 1972), günümüzde hâlâ kaçak yollarla lületaş çıkarımı, üretimi ve satışı yapılmaktadır. Lületaş sektöründe bulunan bunun gibi bazı sorunlar da bu sektörün değer kaybetmesine ve üretim yoğunluğunda düşüşler yaşanmasına sebep olmuştur. Lületaş sektörünü tekrar canlandırmak ve ticarete uygun hâle getirmek için geliştirilmesi gereken stratejileri Bozkurt (1989) şu şekilde sıralamıştır:

- Ham lületaş üretimini arttırmak,
- Yarı mamul lületaş tasnif ve fiyatlandırılmasının tek bir kurum tarafından belirlenerek uygulanmasını sağlamak,
- Yüksek kalitede lületaş mamul üretiminin arttırılmasını sağlamak,
- Mamul lületaş ürünlerin yurt içi ve yurt dışında satışının arttırılmasını sağlamak gerekmektedir.

Eskişehir'de lületaş sektörünün tarihi incelendiğinde, bu taşın ilk zamanlarda sadece hammadde olarak ihraç edildiği görülmektedir. Bu yüzden lületaş işlemeciliğinin Eskişehir'de geleneksel bir zanaat hâline gelmesi, 1954 yılında maden koruma kanunu kapsamında hammadde olarak ihracının yasaklanmasından (Bozkurt, 1989) sonra gerçekleşmiştir. Bu yıllardan sonra ustalar yurtdışına gönderilerek, bu işi öğrenmeleri ve Eskişehir'e dönüp üretim yapmaları ve çırak yetiştirmeleri sağlanmıştır. Aynı zamanda 1989 yılında Eskişehir'de açılan lületaş okulunda, lületaş ustalarının yetişmesi için eğitim verilmiştir (Dağılgan, 1994).

Günümüzde lületaş işleme zanaatı, diğer zanaat dallarında ve el sanatı ürünlerinde olduğu gibi yok olma tehlikesi ile karşı karşıyadır. Ustalar en büyük problemin yeni çırak yetişmemesi olduğunu ve gençlerin bu işe ilgi duymamasından kaynaklandığını ileri sürmektedir. Ayrıca üretim ve fiyatlandırmada belirli standartların olmayışı da, bu mesleğin sürdürülebilmesini zorlaştırmaktadır. Zanaatkârlıkta kurumsallaşmanın önemi bu

yüzden önem taşımaktadır. Eskişehir'de bu amaçlarla çalışmalar yürüten, Eskişehir Sanat Derneği, Eskişehir Esnaf ve Sanatkarlar Odaları Birliği ve özellikle lületaş zanaatı odaklı çalışan Lületaş El Sanatları Derneği gibi kuruluşlar bulunmaktadır (Elmas ve Akbulut, 2021). Bu kuruluşlar, Eskişehir Belediyesi ve Eskişehir Valiliği ortaklığıyla zaman zaman lületaş zanaatı odaklı, tasarım yarışmaları ve festivaller düzenlemektedir. Lületaş sektörünün tekrar canlanması ve bu zanaatın sürdürülebilmesi için, bu gibi kuruluşlar tarafından yapılan ulusal ve uluslararası projeler önem taşımaktadır.

3.1.2. Lületaşının yerel ekonomiye ve turizme etkisi

Bir bölgenin sahip olduğu yerel ve kültürel değerler, o bölgenin turistik çekiciliğini arttırmakta ve bölgeyi önemli turizm merkezlerine dönüştürerek ekonomik değer yaratmaktadır (Köşker ve Karacaoğlu, 2019). Lületaş da Eskişehir'in kültürel miraslarından biri olup, bulunduğu bölgeye özgü özellikleri ile 1999 yılında coğrafi işaret tescil belgesi almıştır. Bir hammadde olarak lületaş ve bir zanaat dalı olarak lületaş işlemeciliği, bölge için geleneksel ve kültürel bir sembol olmanın yanında yerel halk için çıkarıldığı ilk zamanlardan itibaren önemli bir gelir kaynağı da olmuştur.

Lületaş rezervleri, Eskişehir ve çevresinde farklı bölgelerde bulunmaktadır. Yerel halka iyi bir gelir kaynağı oluşturduğu için lületaş galerileri (ocakları) etrafında köyler kurulmuştur. Pipo yapımına uygunluğuyla tanınan bu doğal taş ile yıllar içinde kolye, küpe, heykelcik, biblo gibi farklı ürünler üretilmiştir. Özellikle yapılan pipo ve nikotin ürünleriyle, Türk tüccarların Avrupa'daki fuarlara katılması, Avrupalıların lületaşını tanımasını ve bu madene ilgisinin artmasını sağlamıştır. Bu durum, Eskişehir lületaş sektörünü doğrudan etkilemiş; sektördeki çalışan sayıları yükselişe geçmiş ve maden ocakları çevresinde daha çok köy ve kasaba kurulmuştur (Bilim, 1999).

Lületaş ihracat potansiyeli ile 18. yüzyılda, bölge halkı için daha iyi bir ekonomik değer hâline gelmiştir. O zamanlarda lületaş işiyle uğraşanlar üçe ayrılmaktaydı; kuyularda çalışan işçiler, taş işleyen lüleci esnafı ve taşın ticaretini yapan tüccarlar. Madenden çıkarılan lületaşları temizlendikten sonra kalitelerine göre sınıflandırılarak sandıklanır, bir kısmı lüleci esnafı tarafından Eskişehir'de işlenip ürüne dönüşürken, büyük bir kısmı ise Avrupa'ya ihraç edilmek üzere İstanbul'a gönderilirdi (Bilim, 1999). İstanbul'a gönderilen lületaş, burada tüccarlar tarafından Belgrad, Budapeşte ve Viyana gibi Avrupa

başkentlerine götürülürdü. Avusturya'nın lületaşından gümrük vergisi almaması nedeniyle 19. yüzyılda Viyana, lületaş işletmeciliğinin ve ticaretinin merkezi hâline gelmiştir. Lületaşının, Avrupa için önemli bir değer hâline gelmesi nedeniyle, o zamanlarda lületaş Türkiye'de genellikle hammadde olarak işlenmekte (mamul üretimi yapılmamakta) ve Avrupa'ya hammadde olarak ihraç edilmekteydi. Lületaşının hammadde olarak ihracı dolayısıyla, sayıları az olan yerli lületaş ustaları, lületaş işletmeciliğinden fazla gelir sağlayamamakta ve bu nedenle sayıları giderek azalmaktaydı. Lületaşından alınan verginin fazla olması ve ürünlerin de çok talep görmemesi bu durumun nedenlerindendi. Bu yüzden o yıllarda lületaş işletmeciliği ve ürün yapımı, Viyana başta olmak üzere Avrupa'nın farklı yerlerinde daha çok gelişmiştir ve bazı kaynaklarda lületaşına "Viyana Taşı" ismiyle yer verilmiştir.

Eskişehir'de lületaş işletmeciliği 1890'lı yıllarda başlamıştır. Bu yıllarda Odunpazarı ve farklı bölgelerde atölyeler açılmış, atölyesi olmayanlar ise evlerinde lületaş işlemişlerdir. Lületaşının bölgede geç işlenmeye başlanması ve mamul hâle getirilmesinde, ham madde olarak satışından elde edilen gelirin yeterli görülmesi ve İslâm'daki suret yasağı da etkili olmuştur. Her ne kadar ürünler yerel bazda üretilmeye başlansa da, Eskişehir'in Osmanlı döneminde lületaşından kazancı çoğunlukla ham hâlde satışı ile elde edilmiştir (Gümüşsoy, 2013). Osmanlı Devleti zamanında, her çeşit ham madenin ihracının yasak olmasına rağmen lületaşının, temel ihtiyaç malzemesi veya savaş endüstrisinde kullanılan bir maden olmaması nedeniyle ihracına izin verilmiştir. İhraç edilecek lületaş, limanlara katır veya deve ile taşınmaktaydı. O dönemlerde, Eskişehir-İznik arasındaki kervan yoluna "lületaş yolu" adının verildiğine dair kaynaklar bulunmaktadır. 1893 yılında tamamlanan demiryolu hattı sayesinde İstanbul'a ulaşım süresi ve masrafı düşmüş, ihracat kolaylaşmıştır.

Lületaş 1954 yılında Maden Kanunu kapsamına alınmış ve 1972 yılında hammadde olarak ihracı yasaklanmıştır. Bu tarihten itibaren geleneksel bir zanaat olarak lületaş işletmeciliği Eskişehir'de daha çok önem kazanmış ve yerli lületaş zanaatkârlarının yetiştirilmesine önem verilmiştir. Bu sebeple, 1960-1980 yılları arasında, Eskişehir lületaş işletmeciliğinin en yoğun ve en çok kazanç getirdiği merkez olmuştur. İşlenecek ham lületaş kaynağına ulaşamayan Viyana'daki birçok atölye kapanmış ve bu zanaat Eskişehir'deki ustaların eline geçmiştir. Bu dönemde birçok, iyi kalitede işleme ve ürün yapan yerli lületaş ustası yetişmiştir. Atölye kültürünün ve el işçiliğinin gelişip artması ile işlenmiş lületaş

ürünlerinin ihraç oranı da artış göstermiştir. Üretilen lületaşı ürünlerinin büyük bir kısmı yurtdışına ihraç edilerek ülke ve bölge ekonomisine katkı sağlamıştır. O yıllarda lületaşı ürünlerinin toplam ihracatının yaklaşık %70-90'ı sırasıyla Amerika, Fransa, Almanya, İngiltere ve İtalya'ya yapılmaktaydı (Timur, 1989). Günümüzde lületaşının hâlen hammadde olarak ihracı yasak olup sadece mamulleri ihraç edilebilmektedir.

19. yüzyılın son çeyreğinde artan lületaşı ihracatı, talepte düşüş, farklı alternatif malzemelerin keşfi, ekonomik ve siyasi sıkıntılar gibi sebepler nedeniyle 20. yüzyıl başlarında düşmeye başlamıştır. Bunda aynı zamanda, verimli şekilde kullanılamayan ocaklar sebebiyle çıkarılan taşın kalitesinde yaşanan düşüş de etkili olmuştur. Tüm bu sebepler, lületaşı gibi hem yerel halk hem de devlet için önemli bir ekonomik kaynağın, değer kaybetmesine neden olmuştur. Lületaşı sektörü ile geçimini sağlayan Eskişehir halkı da bu sebepler nedeniyle ekonomik sıkıntılar yaşamış ve birçoğu işsiz kalmıştır (Gümüşsoy, 2013).

Ocaklardan elektrik, basınçlı hava ve pompa donanımları kullanılarak çıkarılan lületaşları, yüzeyleri temizlenerek Eskişehirli lületaşı ustalarına gönderilmektedir (Türkiye Cumhuriyeti Eskişehir Valiliği İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, 2013). Lületaşı üretim miktarları ile ilgili bilgiler yetersiz olmakla birlikte, özellikle kaçak olarak işletilen ocaklar nedeniyle, resmi kayıtlarda, üretim ve satış oranlarında eksiklikler bulunmaktadır. Dünya'da, Amerika Birleşik Devletleri, Avusturya, Macaristan, Çekya, İspanya, Fransa, Hindistan, İran, Madagaskar, Sırbistan ve Yunanistan'da da lületaşı rezervlerine rastlanmaktadır fakat bu ülkelerdeki lületaşı, yapısal özellikleri nedeniyle ürün yapımı için tercih edilmemektedir. Türkiye'de lületaşı Eskişehir ile özdeşleşmiş olsa dahi, Konya/Yunak, Çanakkale, Bursa ve Kütahya yakınlarında da lületaşı madeni bulunmaktadır fakat Eskişehir'de çıkarılan lületaşı, kalite bakımında daha iyi durumdadır (Algan, 2015). Farklı kaynaklarda da Eskişehir'den çıkarılan lületaşının, yapısal özellikleri ile ürün yapımı için ideal niteliklere sahip olduğu bilgisine ulaşılmaktadır.

Lületaşı mamullerinin, ilk zamanlarda Eskişehir'in Eski Otogar ve Kapalı Çarşı bölgelerinde satışı yapılmaktaydı. Lületaşı atölyeleri ve satış mağazaları günümüzde ise Eskişehir'in tarihi Odunpazarı Evleri bölgesinde bulunmaktadır. Odunpazarı, Eskişehir'in tarihi ve kültürel merkezlerinden biri olduğu için, en çok turist alan bölgesidir. Bu bölgede lületaşı atölyelerinin yanında cam, ahşap atölyeleri ve çok sayıda müze (Balmumu Müzesi,

Odunpazarı Modern Müze vb) ve galeri de bulunmaktadır. Odunpazarı Kurşunlu Külliyesi'nde bulunan Lületaşı Galerisi'nde günümüze kadar yapılmış farklı tasarımlara sahip lületaşı ürün ve sanat eserleri sergilenmektedir (Resim 3.2.). Eskişehir'de sanatsal ve kültürel aktivite mekânlarının tarihi Odunpazarı bölgesinde konumlandırılması, bölgenin bir sanat ve kültür merkezine dönüştürülmesi açısından önem taşımaktadır. Bu aynı zamanda bölgenin daha fazla turist almasını sağladığı için iyi bir turizm stratejisi olarak da değerlendirilmektedir (Elmas ve Akbulut, 2021).



Resim 3.2. Lületaşı Galerisi ve sergilenen eserler

Lületaşının hem yurt içinde hem de yurt dışında tanıtılması ve ticaretinin arttırılması amacıyla bazı etkinlik ve festivaller düzenlenmektedir. Eskişehir Valiliği tarafından düzenlenen Lületaşı (Beyaz Altın) Festivali, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi'nde ve Avusturya'da açılan sergiler, tanıtım amaçlı yapılan birkaç televizyon programı bu etkinliklerden bazılarıdır. (Timur, 1989). 1988 yılı itibariyle lületaşının ulusal ve uluslararası düzeyde tanıtılması amacıyla düzenlenmeye başlanan lületaşı festivalleri, 1991 yılına kadar düzenli olarak sürdürülmüştür. 1991 yılından sonra aksayan bu etkinlikler, günümüzde Odunpazarı Belediyesi tarafından belirli zaman aralıklarında tekrar düzenlenmeye devam edilmektedir.

Lületaşından yapılan ürünlerde en çok ihraç edilen ve talep alan ürün pipo olmakla birlikte, tespih, takı ve diğer aksesuar ürünleri de daha az miktarda da olsa talep edilmektedir.

Üretilen pipoların %70'i Amerika Birleşik Devletleri'ne ihraç edilmektedir. Almanya, Fransa, Avusturya gibi bazı Avrupa ülkeleri ile Çin ve Japonya da bu ürünün zaman zaman ihraç edildiği diğer ülkelerdir (Taşlıgil ve Şahin, 2011). El sanatları, yerel ticaretin canlanmasına, ekonomiye ve yerel kalkınmaya katkı sağlamaktadır. Eskişehir'de üretilen lületaş tarih boyunca Eskişehir'e özgü bir gelenek oluşturmuş, hem yerel hem de ulusal kapsamda iyi bir ekonomik değer kazandırmıştır. Aynı zamanda bir geleneksel sanat ve zanaat dalı olarak, kültürel mirasın önemli bir ögesi hâline gelmiştir (Bilim, 1999).

3.2. Eskişehir Lületaş Zanaatı Alan Araştırması ve Bulgular

Lületaş ve lületaş işleme zanaatı ile ilgili literatürden elde edilen bilgiler doğrultusunda bu doğal taşın Eskişehir için önemli geleneksel ve kültürel bir değer ve aynı zamanda bölge için de önemli bir ekonomik kaynak ve turistik öge olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Günümüzde ise lületaş işleme zanaatı, yeni çırakların yetişmemesi ve bu iş ile uğraşanların sayısının giderek azalması nedeniyle, yok olma tehlikesi ile karşı karşıya kalmıştır.

Lületaş işlemeciliğinin ve ustalarının güncel durumunu öğrenmek, aynı zamanda taş işlemeciliği hakkında detaylı bilgiye ulaşmak için tez kapsamında saha çalışması yapılmıştır. Lületaşın mamule dönüşme sürecinde hangi aşamalardan geçtiği, lületaşından hangi ürünler yapıldığı ve ustaların tasarım kaynakları hakkında bilgi edinmek, yapılan çalışmanın amaçlarını oluşturmaktadır. Ayrıca işlemecilikte kullanılan üretim teknikleri, araç ve gereçler hakkında bilgiye ulaşmak da yürütülen saha çalışmasının amaçlarındandır. Son olarak tezin ana konusunu oluşturan, üretim sırasında oluşan lületaş firelerinin durumu ile ilgili bilgilere ulaşılması hedeflenmiştir. Lületaş gibi kültürel ve ekonomik değer taşıyan doğal bir kaynağın, üretimi sırasında verdiği fireler ve bu firelerin tasarım yöntemleri odağında değerlendirilmesi, tez çalışmasının temel amacını oluşturmaktadır.

Araştırmanın çalışma evrenini Eskişehir'in tarihi Odunpazarı bölgesinde lületaş işlemeciliğiyle uğraşan zanaatkârlar ile bu bölgede üretilen lületaş ürünleri oluşturmaktadır. Araştırma kapsamında bu bölgenin seçilmiş olmasının nedeni, lületaşın Eskişehir'e özgü bir taş olması ve aynı zamanda üretiminin de bu bölgede yapılıyor olmasından kaynaklanmaktadır. Çalışmada bilgilerin toplanmasında niteliksel araştırma

yöntemleri uygulanmıştır. Çalışma gözlem, yarı yapılandırılmış mülakatların gerçekleştirilmesi ve toplanan bilgilerin değerlendirilmesi olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır. İlk olarak atölyelerin ve satış mağazalarının bulunduğu Odunpazarı'nda, lületaşından üretilen ürünler ve lületaşısı işleme aşamaları gözlemlenip fotoğraflanarak belgelenmiştir. Atölye ve satış mağazalarının yanında, önemli lületaşısı ürünlerinin/tasarımlarının sergilendiği Odunpazarı Kurşunlu Külliyesi'nde bulunan Lületaşısı Galerisi de gezilerek, veriler fotoğraflanarak belgelenmiştir.

Atölyeler, satış mağazaları ve Lületaşısı Galerisi'nde yapılan gözlemler sonrasında yarı yapılandırılmış mülakatlar ile örneklem olarak seçilen sekiz lületaşısı ustasından bilgiler toplanmıştır. Mülakat yapılan tüm lületaşısı zanaatkârları, Eskişehir'in tarihi Odunpazarı Bölgesi'nde bulunan atölyelerinde lületaşısı işlemeciliği ve satışı yapmaktadırlar. Örneklemi oluşturan ustalar seçilirken, ustaların farklı mesleki deneyimlere sahip olmaları (yıl bazında) ve farklı yaş aralıklarında bulunmaları göz önünde bulundurulmuştur (Çizelge 3.2). Bu ayrımın amacı lületaşısı ustalarının mesleki yönelim ve yaklaşımlarının, farklı yaş gruplarında ve farklı mesleki deneyimlerde değişiminin de incelenebilmesidir.

Çizelge 3.2. Çalışma kapsamında mülakat yapılan katılımcı profili

Lületaşısı Ustası (LU)	Cinsiyet	Yaş	Mesleki Deneyim	Görüşme Tarihi
LU-1	Kadın	45	20 yıl	09.2019
LU-2	Erkek	55	39 yıl	09.2019
LU-3	Erkek	58	40 yıl	09.2019
LU-4	Erkek	28	10 yıl	09.2019
LU-5	Erkek	44	27 yıl	06.2018
LU-6	Erkek	72	56 yıl	06.2018
LU-7	Erkek	44	26 yıl	06.2018
LU-8	Erkek	68	55 yıl	06.2018

Mülakatlarda kullanılacak soruların içeriğinin, lületaşısı sektörü ile ilgili bilgilerin edinilmesinin yanında soruların, ustaların mesleki yaklaşım ve yönelimlerini de kapsayacak nitelikte olmasına önem verilmiştir. Mülakatlarda kullanılacak sorular, çalışmanın ana konuları odağında kurgulanmıştır. Bu konular; lületaşısı zanaatkârlarının mesleki yönelim ve yaklaşımları, lületaşısından yapılan ürünler ve tasarım kaynakları ve üretimde kullanılan tekniklerdir. Mülakatlara lületaşısı ustalarının demografik ve kişisel bilgilerine ulaşılacak sorular ile başlanmıştır. Daha sonra ustaların bu mesleğe başlama

teşvikleri ve meslekten beklentilerine (maddi ve manevi) yönelik sorulara yer verilmiştir:

- Kaç yaşındasınız ve kaç yıldır lületaş işleciliği ile uğraşıyorsunuz?
- Lületaş işleciliğine nasıl başladınız / nasıl yönlendiniz?
- Taş işleciliğinden elde ettiğiniz kazanç ihtiyaçlarınızı karşılamanız için yeterli oluyor mu? Taş işleciliği dışında farklı bir gelir kaynağınız bulunuyor mu?
- Mesleğinizden memnun musunuz? Lületaş işleciliğinin güncel durumu hakkındaki düşünceleriniz nelerdir?

Lületaş ustalarından edinilen bu bilgilerden sonra, piyasadaki lületaş ürün gamı, ürün tasarımı kaynakları ve kullanılan üretim teknikleri hakkında bilgi edinme amaçlı sorular kurgulanmıştır. Bu konular hakkındaki sorular aynı zamanda, ustaların farklı alanlardaki inovasyonlara yaklaşımlarını ve mesleki yönelimlerini ortaya çıkaracak nitelikte hazırlanmıştır:

- Lületaşından hangi ürünleri yapıyorsunuz ve satış mağazalarınız hangi bölgede bulunmakta?
- İmal ettiğiniz ürünlerin tanıtım ve pazarlamasını nasıl yapıyorsunuz? İnternet üzerinden satış yapıyor musunuz?
- Ürünlerinizdeki tasarım kaynaklarınız nelerdir? Ürünlerinizde farklı ve yeni tasarımlara da yer veriyor musunuz? Lületaş ürün çeşitliliği arttırılabilir mi?
- Yurt içi ve yurt dışında düzenlenen sergi ve festivallere katılıyor musunuz?
- Üretim sırasında hangi teknikleri ve araç gereçleri kullanıyorsunuz? Teknik ve araçlarda inovasyonu nasıl değerlendirirsiniz?
- Üretim sonrası çıkan lületaş firelerini değerlendiriyor musunuz? Fireler için farklı bir kullanım alanı yaratılabilir mi?
- Lületaş ustaları, teknikleri ve tasarımları ile ilgili bir arşiv bulunuyor mu?

Araştırma dâhilinde lületaş ustalarıyla yapılan mülakatlar, 2018 yılının Haziran ayında ve 2019 yılının Eylül ayında olmak üzere iki farklı tarihte gerçekleştirilmiştir. Mülakatlarda veriler ses kaydı ve yapılan röportaj sırasında not alınarak belgelenmiştir. Üretim sürecinde kullanılan teknik, araç ve gereçler de ustalardan edinilen bilgiler doğrultusunda belirlenmiş ve yapılan gözlemler ile fotoğraflanarak belgelenmiştir.

3.2.1. Lületaşı ustaları ve mesleki yönelimler

Zanaatkârlık, el işçiliği ve emek gerektiren bir meslektir. Zanaatkârların bu uğraşı meslek olarak edinmeleri ve zanaatkârlığa başlamaları farklı şekillerde gerçekleşmektedir. Yapılan ampirik çalışmalar göstermektedir ki, zanaatkârlığa başlamak altı farklı yolla gerçekleşmektedir (Ranson, 1989):

1. Kişinin zanaatkâr ailesinde doğup, ailesi ve akrabaları tarafından eğitim alarak zanaata başlaması,
2. Kişinin bir zanaatkâr ile evli olup, bu sayede mesleğe teşvik edilmesi,
3. Kişinin kendini keşfederek, özgür iradesiyle bu mesleği seçmesi,
4. Kişinin yaşam tarzını değiştirmek istemesi ve zanaatı bu amaç doğrultusunda kullanması,
5. Kişinin bu işi hobi amaçlı ve yarı zamanlı olarak yaparken, dışarıdan bir destek varlığıyla tam zamanlılığa geçip profesyonel olarak ilerlemesi,
6. Kişinin planlanmamış veya ön görülmedik durumlar vasıtasıyla, yani şans faktörünün etkisiyle zanaatkârlığa başlamasıdır.

Ustalar ile yapılan röportajlardan edinilen bilgiler doğrultusunda günümüzde, lületaşı işleme zanaatını sürdüren ustaların büyük bir çoğunluğunun, ailesinin ya da diğer akrabalarının bu meslekle uğraşması nedeniyle zanaatkârlığa yöneldiği bilgisine ulaşılmıştır. Bunun yanında, bu mesleğe lületaşı okulunda eğitim alarak başlamış ustalar da bulunmaktadır. Eskişehir Valiliği tarafından 1989 yılında açılan lületaşı okulunda, lületaşının oluşumu ve işleme yöntemleri, kullanılan araç, gereç ve malzemeler, desen-tasarım, sanat tarihi, iş idaresi, Türk kültürü, genel ekonomi ve piyasa bilgisi konularını kapsayan müfredat dâhilinde eğitim verilmiştir. 1989'da lületaşı eğitimi ve yerli zanaatkârların yetişmesi amacıyla açılan bu okul, öğretmen sayısındaki yetersizlik, ekonomik ve siyasi sorunlar nedeniyle 1991 yılında kapatılmıştır (Dağılgan, 1994). Günümüzde ise farklı zaman aralıklarında aynı amaçla Eskişehir Halk Eğitim Merkezi'nde, El Sanatları Teknolojisi branşı altında lületaşı işleme kursu verilmektedir.

Lületaşı sektöründe çalışan kadınlar genellikle lületaşı zanaatkârları ile evli olup, eşlerine yardımcı olmak ve aile bütçesine katkı sağlamak amacıyla bu mesleğe başlamışlardır. Kadınlar da lületaşı işlemeciliği yapmakla birlikte (Resim 3.3) çoğunlukla takıların metal işlerini, ahşap pipo ağızlıklarının taşa monte edilmesini veya ürünlerin son rötuş ve

düzeltilmelerini yapmaktadırlar. Kültür ve Turizm Bakanlığı Sanatçısı statüsüne sahip lületaş zanaatkârlarının tümünü erkek ustalar oluştursa dâhi, bu zanaat ile uğraşan kadınların sayısı da oldukça fazladır. Bugün lületaş atölye ve mağazaları gezildiğinde, birçok kadının bu sektörün üretim veya satış departmanında yer aldığı görülebilmektedir. Gelecekte kadın istihdamı amacıyla açılacak bir lületaş işlemeciliği kursu ile bölgede herhangi bir kariyere sahip olamayan veya bu mesleğe yönelmek isteyen kadınların da ustalık belgesi alması sağlanabilir.



Resim 3.3. Takı tasarımı yapan lületaş zanaatkârı

Diğer zanaat dallarında olduğu gibi lületaş zanaatkârları da usta-çırak ilişkisiyle yetiştirilmektedir ve böylelikle somut olmayan kültürel miraslarımızdan biri olan lületaş işlemeciliği nesilden nesile aktarılmaktadır. Lületaş işleme zanaatı günümüzde yeni çırakların yetişmemesi nedeniyle yok olma tehlikesiyle karşı karşıya gelmiştir. Bu zanaatın sürdürülerek gelecek nesillere aktarılması için günümüz üretim ve yaşam şartlarına entegre edilmesi gerekmektedir. Bu konuda lületaş ustalarının teknik, tasarım ve ticari alanlardaki yeniliklere yaklaşımları, kritik noktada yer almaktadır. Bu kapsamda zanaatkârlar arasında üç farklı mesleki yönelimden söz edilebilir (Ranson, 1989): Geleneksel-İşlevsel, Girişimci-Ticari ve Sanatsal-Yaratıcı Yönelim. Geleneksel-İşlevsel yönelime sahip zanaatkârlar, geleneksel malzeme ve üretim tekniklerini kullanmaktadırlar. Genellikle bu alanlardaki inovasyonları uygulamamakta veya genel olarak yeniliğe ihtiyaç duyulmadığını savunmaktadırlar. Girişimci-Ticari yönelimde, üretim süreçlerindeki yenilikler zaman ve para tasarrufu sağlıyorsa kabul görmekte ve uygulanmaktadır. Bu yönelime sahip zanaatkârlar, alım-satım süreçlerinde kâr marjlarına oldukça önem verirler. Yaptıkları

ürünlerin yurt içi ve yurt dışı satış ağlarını iyi tanımlar ve geliştirmeye çalışırlar. Sanatsal-Yaratıcı yönelime sahip zanaatkârlar ise mesleklerini ticari amaçlı bir gelir kaynağından çok yaratıcı bir aktivite olarak değerlendirirler. Ürünlerini, diğer sanat dallarında olduğu gibi, kendi görüşlerini ifade eden/sergileyen bir sanat objesi olarak tanımlarlar.

Eskişehir'de röportaj yapılan lületaş ustalarından edinilen bilgilerin değerlendirilmesi sonucunda, meslekte farklı yönelimlere sahip ustalar olduğu bilgisine ulaşılmıştır. Geleneksel-İşlevsel yönelime sahip lületaş ustaları, ürünlerinde uzun zamandır aynı motifleri kullanan, tasarımlarında belirgin bir değişiklik yapmayan ve geleneksel üretim yöntemlerinin yeterliliğini savunan ustalardır. Lületaş zanaatkârları arasında, satış ağlarını geliştirmiş, günümüz teknolojilerinden özellikle satış ve pazarlama alanlarında faydalanan ustalar, büyük bir çoğunluğu oluşturmakla birlikte Girişimci-Ticari yönelime sahiptirler. Bu ustalar kendi markalarını oluşturarak, internet üzerinden hem yurt içine hem de yurt dışına ürün satışı yapmaktadırlar. Özel sipariş üzerine de üretim yaptıkları için, tasarım ve üretimde yeniliğe açıktırlar ve genellikle bu tür yeniliklere olumlu yaklaşmaktadırlar. Ürünlerinde kendine özgü tasarımları ve motifleri kullanan lületaş ustaları ise Sanatsal-Yaratıcı yönelime sahip özellikler göstermektedirler. Bu ustalar ürettikleri ince işçilikli özgün tasarımları, bir tüketim nesnesinden çok sanatsal bir eser olarak değerlendirmektedirler. Bunun yanında farklı yönelimlere ait özellikleri bir arada gösteren lületaş zanaatkârları da bulunmaktadır.

Lületaş zanaatkârlarının mesleki yönelimleri değerlendirildiğinde, her zanaatkârın farklı yaklaşımları olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu farklılıklarda kişinin genel hayat görüşü, yaşam tarzı, yaşı, sosyal yaşamı, eğitimi gibi değişkenler etkisini göstermektedir. Özellikle daha genç yaşta olan lületaş ustalarının, yenilik ve inovasyonlara daha olumlu yaklaşımda bulundukları görülmektedir. Malzeme, tasarım, üretim, satış ve pazarlama alanlarında mesleki inovasyonlara bakış açısında, lületaş ustalarının bu konular hakkında bilgilendirilmesi de önem taşımaktadır.

3.2.2. Ürünler ve tasarım yaklaşımları

Türkiye'de, Eskişehir ve çevresinde çıkarılan lületaş, genellikle pipo ve sigara ağızlığı gibi tütün ürünlerinin yapımında kullanımı ile tanınan doğal bir taştır. Sahip olduğu gözenekli yapı ve diğer yapısal özellikleri sayesinde, tütün ürünleri için ideal bir malzeme olarak görülmektedir. Bunun yanında, tütün ürünleri kullanmayanlar veya tercih etmeyenler için

de tespih, kolye, yüzük gibi aksesuarlar tasarlanmıştır. Günümüze kadar piyasaya sürülmüş farklı lületaşı ürünleri dört kategoride sınıflandırılabilir (Çizelge 3.3): "Tütün Ürünleri", "Giyim Aksesuarları", "Kırtasiye Ürünleri" ve "Dekoratif Ev Eşyaları" (Elmas ve Akbulut, 2021).

Çizelge 3.3. Lületaşından yapılan ürün çeşitleri (Elmas ve Akbulut, 2021)

TÜTÜN ÜRÜNLERİ	AKSESUAR (GİYİM)	KIRTASIYE ÜRÜNLERİ	DEKORATİF EV EŞYALARI
Pipo	Kolye	Kalem	Magnet
Tamper	Bileklik	Kitap Ayracı	Takı Kutusu
Sigara Ağzılığı	Bilezik	Zarf Açacağı	Pudriyer
Nargile	Küpe	Kalemlik	Resim Çerçevesi
Nargile Ağzılığı	Broş		Paskalya Yumurtası
Tütün Kutusu	Yüzük		Pano
	İşleme Yüzüğü		Şamdan
	Halhal		Tütsülük
	Gözlük İpi		Biblo (Heykel)
	Anahtarlık		Biblo (Büst)
	Tespih		Masa Saati
	Baston		
	Toka		
	Cep Saati		

Bu dört kategoriden en çok talep alan ürünler tütün ürünleri (özellikle pipo ve sigara ağzılığı) olup, lületaşının ilk kullanılmaya başlandığı zamanlar itibariyle değişim göstermemiştir. Yüksek absorpsiyon özelliği sayesinde lületaşı, nikotini yaklaşık %70 oranında absorbe edebilmektedir. Bu yüzden pipo, sigara ağzılığı gibi ürünlerde, sağlık açısından da ilk tercih edilen malzemelerden biri hâline gelmiştir (Taşlıgil ve Şahin, 2011). İkinci sırada en çok tercih edilen ürünler ise genellikle kadın müşteriler tarafından satın alınan kolye, yüzük gibi giyim aksesuarlardır (Resim 3.4). Sıklıkla talep gören ve üretimi gerçekleştirilen diğer ürünler ise heykelcik, magnet gibi dekoratif ev aksesuarlarıdır. Bu ürünler dışında ustalar çok sık olmamakla birlikte, lületaşı kullanarak yapılabilecek farklı ürün çeşitleri de denemişlerdir. Bugün lületaşı satış mağazaları gezildiğinde, lületaşından yapılan cep saati, paskalya yumurtası, resim çerçevesi gibi farklı ürünler de görülebilmektedir.

Ürünlerin tercih edilmesinde etkili olan farklı değişkenler bulunmaktadır. Ürünlerin fiyatı, bireysel gelir düzeyi, kişilerin zevk ve alışkanlıkları, tüketicilerin lületaşı ürünlerini satın alma davranışlarını etkileyen faktörlerdir (Timur, 1989). Lületaşı ürünlerinin tasarımı ve üretimi büyük ölçüde el sanatlarına dayandığı için, yeni ürün ve tasarımların geliştirilmesi

de bu sanat alanındaki ustaların el becerisine bağlıdır. Yeni ürünlerin tasarlanmasında, hem iç hem de dış pazardaki müşteri beklentisi, potansiyel kullanıcının beğenisi, yaşam biçimi, ekonomik geliri, gelenekleri gibi birçok özellik etkilidir. Bu tür bilgilerin toplanıp analiz edilmesi, uygun ürün ve tasarımların geliştirilmesinde önemlidir. (Timur, 1989).

Lületaşı ve lületaşı işleme zanaatı, Eskişehir ile özdeşleşmiş ve bölgenin kültür ve geleneklerini barındıran bir kültürel miras ögesi hâline gelmiştir. Bu sebeple lületaşı mamulleri, Eskişehir'e gelen turistler tarafından genellikle bir anı nesnesi veya hediyelik amacıyla satın alınmaktadır. Bununla birlikte günümüzde lületaşı ürünlerinin sipariş üzerine de üretimi yapılmaktadır. Özel sipariş ile yapılan bu ürünler tamamen müşteri isteği doğrultusunda tasarlanmaktadır. Yurt içi ve yurt dışında en fazla özel sipariş talebi alan ürünler ise pipo ve sigara ağızlığı gibi tütün ürünleridir. İhracatta lületaşı ürünlerin büyük bir bölümü sipariş üzerine üretilmektedir.



Resim 3.4. Lületaşıdan yapılmış takı ve aksesuar örnekleri

Günümüzde satışı yapılan lületaşı ürünler göz önünde bulundurulduğunda, tasarımda iki farklı yönelim olduğu görülmektedir (Elmas ve Akbulut, 2021). İlk yönelimde, Osmanlı Dönemi'nden günümüze kadar gelmiş geleneksel motifler taşa işlenerek ürünler imal edilmektedir. Geleneksel tasarıma sahip bu ürünlerde genellikle insan veya hayvan figürleri, bitkisel veya geometrik bezemeler kullanılmaktadır. Bu ürünlerde motif ve bezemelerin taşa işleme kalitesi ürünün ekonomik değeri için önemli bir etken olup, ustanın el becerisine bağlıdır. İkinci yani modern tasarıma sahip yönelimlerde ise, yalın forma sahip, bezeme ve motiflerden arındırılmış ürünler ön plana çıkmaktadır. Bu ürünler geleneksel tasarımlı ürünlere göre daha az işçilik gerektirdiği için, daha düşük fiyatlarla

satış yapılmaktadır. Geleneksel (Resim 3.5.a) ve modern (Resim 3.5.b) tasarım yaklaşımları, en çok üretilen ürün olan pipolarda açıkça gözlemlenebilmektedir.



(a)

(b)

Resim 3.5. Geleneksel motifler kullanılan pipo tasarımı (a) bezemelerden arındırılmış yalın pipo tasarımı (b)
(Kaynak: <https://www.altinaypipes.com/category/meerschaum-pipes/>)

Ürün ve tasarım çeşitliliği yaratmak, lületaşının tanıtımı ve satış pazarlarının büyümesi için kullanılabilecek bir stratejidir. Alan araştırması dâhilinde yapılan geziler ve lületaş ustaları ile yapılan röportajlardan, Eskişehir Valiliği ve Eskişehir Belediyesi tarafından lületaşının tanınırlığını arttırmak için çeşitli etkinlikler düzenlendiği bilgisine ulaşılmıştır. 2010 yılında ulusal çapta düzenlenen lületaş tasarımı yarışması ile lületaşından yapılabilecek farklı ürün ve tasarım potansiyellerinin ortaya çıkarılması hedeflenmiştir. Yarışma öğrenci ve profesyonel olmak üzere iki ayrı kategoride düzenlenmiş, böylelikle gençlerin de lületaş işleciliğini tanımaları ve bu malzeme ile yeni tasarımlar yapmaları sağlanmıştır. Ayrıca belirli aralıklarla düzenlenen lületaş festivalleri kapsamında, yurt içi ve yurt dışından sanatkar ve heykeltıraşlar getirilmiş ve lületaşından farklı ürünler ve eserler üretmeleri istenmiştir. Lületaşından yapılan bu farklı tasarımlar ve yarışmada dereceye giren ürünler, Eskişehir Odunpazarı Kurşunlu Külliyesi'nde bulunan Lületaş Galerisi'nde görülebilmektedir (Resim 3.6). Yapılan tüm bu etkinliklerin temelinde, lületaşının bilinirliğini arttırarak tekrar hak ettiği değeri görmesini sağlamak ve aynı zamanda lületaş ile yapılabilecek farklı ürün ve tasarımlara yer vermektir.



Resim 3.6. Lületaşı kullanılarak tasarlanmış masa saati, cep saati ve mumluk

Lületaşının farklı sektörlerde kullanımına ustalar genellikle olumlu yaklaşmamaktadır. Lületaşının farklı sektör ürünlerinde kullanımının önündeki en büyük zorluklardan biri kaynak kısıtlılığı ve lületaşının pahalı bir hammadde olmasıdır. Bu yüzden malzemenin yapısına uygun ve en iyi şekilde değerlendirilebilecek ürünler yapılmalıdır. Mülakatlar sırasında edinilen bilgilere göre, ocaktan çıkarılan taşlar belirli büyüklerde olduğu için, taşın dönüşeceği üründe de boyut açısından sınırlama vardır. Ustalar taşın büyüklüğüne göre yapılacak ürüne karar vermekte ve bu sebeple ürün gamında belirli ürünlerin dışına çıkılamamaktadır. Aynı zamanda lületaşının yapısal özelliklerinin (sertlik, doku, yapısal gözeneklilik vb) de dikkate alınarak yeni ürünler geliştirilmesi gerekmektedir. Örneğin lületaşı da diğer kil kayaçlarında olduğu gibi, atmosferik şartlardan etkilenir. Bu sebeple genellikle açık alanlarda kullanılmaz (Kazancı ve Gürbüz, 2014).

3.2.3. Kullanılan üretim teknikleri

Lületaşı, ocaktan çıkarılıp mamul hâle getirilene kadar birçok üretim aşamasından geçmektedir. İlk aşama, taşın ocaktan/kuyudan çıkarılmasıdır. Lületaşı ustaları ile yapılan mülakatlardan edinilen bilgilere göre, günümüzde lületaşı çıkarım teknikleri, taşın çıkarıldığı ilk zamanlardan beri spesifik bir değişme uğramamıştır ve çıkarımda hâlâ ilkel denebilecek yöntemler kullanılmaktadır. Lületaşı, maden ocağından iki farklı yöntem kullanılarak çıkarılmaktadır. Kazıcı, yükleyici ve nakliye makinelerinin kullanıldığı açık ocak işletmesi, yüzeyden 5 metre derine kadar uygulanabilmektedir. Kapalı ocak işletmelerinde ise çıkırık ve skip yöntemleri uygulanmaktadır (Bozkurt, 1989).

Lületaşının iki farklı üretiminden söz edilebilir: Mamul ve yarı mamul üretim. Lületaşı ustalarından edinilen bilgilere göre ocaktan çıkarılan ham lületaşı (Resim 3.7), ürün yapımına uygun hâle gelebilmesi için (yarı mamul) bir takım işlemlerden geçirilmektedir. Çırpma, saykal, kabasını alma, parlatma gibi işlemlerden geçen taş, son olarak büyüklüğüne ve kalitesine göre sınıflandırılarak, mamul üretim aşamasına geçer. Bu işlemleri bazı ustalar kendileri yapmakta, bazılarının ise atölyelerine bu işlemlerden geçip yarı mamul hâle getirilmiş lületaşları hazır olarak gönderilmektedir.



Resim 3.7. Ocaktan yeni çıkarılmış, ham lületaşı örneği

Yarı mamul lületaşının hangi ürüne dönüşeceğine ve tasarımına karar verildikten sonra, taşa belirli üretim teknikleri uygulanarak mamul hâle getirilir. Uygulanan bu teknikler; kaba alımı, yontma, tornadan geçirme, işleme bıçakları veya freze ile işlemedir. Bu işlemlerden geçen taşın üstündeki pürüz ve hataları gidermek için kağıt zımpara kullanılarak düzeltmeler yapılır. Son olarak istenilen kaliteye ulaşan ürüne cilalama işlemi uygulanır. Bu amaçla ustalar balmumu veya daha ekonomik olduğu için parafin kullanmaktadırlar.

Lületaşı ustasından öğrenildiği üzere lületaşından yapılmış bir ürün genellikle sırayla şu aşamalardan geçerek, mamul hâle getirilir:

- 1- İlk olarak ocaktan çıkarılan lületaşı, kaba bıçağı kullanılarak kir ve pürüzleri giderilir.
- 2- Ham lületaşı, yumuşayarak daha kolay işlenebilmesi için suda bekletilir ve sertleşmemesi için nemli bir kumaşa sarılarak muhafaza edilir.
- 3- Taşın boyutuna göre yapılacak ürüne ve tasarıma karar verilir.
- 4- Kaba alımı, yontma veya tornadan geçirme teknikleri ile ürüne genel formu verilir.

- 5- İstenen ürün formuna ulaşan taşa, işleme bıçakları veya freze ile var ise bezemeler işlenir.
- 6- Ürün açık havada veya fırında kurumaya bırakılır.
- 7- Kağıt zımpara ile üründeki hata ve pürüzler giderilir.
- 8- İsteğe göre ürün balmumu veya parafin kullanılarak cilâlanır.

Üretim aşamaları tamamlanan lületaş ürünler, isteğe göre farklı şekillerde renklendirilmektedir. Renk, ürün tasarımında önemli belirleyici özelliklerden biridir. Lületaş, doğal olarak beyaz renge sahip olup, nikotin ve benzeri maddelerin varlığında, zaman içinde sarıdan kahverengine kadar renk değişimine uğrayabilmektedir. Bazı pipo kullanıcıları, lületaşının kullanıldıkça renk değişimine uğramasını, estetik açıdan tatmin edici ve ürünün değerini arttıran bir özellik olarak görmektedirler (Elmas ve Akbulut, 2021). Renklendirme tekniklerinden ilki lületaşının ateşte tutularak yakılmasıdır. Bu teknikle, yakma süresine bağlı olarak açık kahverengi, koyu kahverengi veya siyah renk elde edilebilmektedir. Diğer bir teknik ise işlenmesi bitmiş ürünün ebru kağıdına sarılarak yakılmasıdır; böylelikle kağıdın üstündeki ebru desen ve renklerinin lületaş ürünün üzerine geçmesi sağlanır (Resim 3.8).



Resim 3.8. Lületaşından yapılmış sigara ağızlığının, ebru kağıdına sarılıp yakılarak renklendirilmesi

Ebru sanatı yapılmış kağıdın ürüne sarılarak yakılması dışında işlenmiş lületaş, ebru teknesine (yapım süreci tamamlanmış) daldırılarak renk ve desenlendirme işlemi yapılabilmektedir. (Resim 3.9). Lületaş ürünleri renklendirme amacıyla yağlı boya veya

farklı sentetik boyalar da kullanılmaktadır. Ayrıca boyanın balmumuna eritilerek karıştırılması ve sonra bu karışıma lületaşı ürünün daldırılması ile de farklı renklerde ürünler elde edilmektedir (Özdemir ve Dudaş, 2011). Yapılan araştırmalar ve gözlemler sonucunda, lületaşı ürünleri renklendirme amacıyla kullanılan farklı teknikler olduğu sonucuna ulaşılmıştır.



Resim 3.9. Lületaşından yapılmış aksesuarın ebru teknesine daldırılarak renklendirilmesi (Türkiye Cumhuriyeti Eskişehir Valiliği İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, 2013)

Lületaşının ocaktan çıkarımından, satışa hazır hâle gelen ürüne dönüşmesine kadar geçen tüm bu aşamalarda kullanılan farklı araç, gereç ve malzemeler bulunmaktadır. Taşın madenden çıkarıldıktan sonra temizlenmesinde ve daha sonra ürüne dönüşmesi ve işlenmesi sırasında kullanılan araçlar: tahra, kaba bıçağı, torna, iskarpela, işleme bıçağı, sıyrığı, matkap, freze ve uçları ve kargaburundur (Özdemir ve Dudaş, 2011). Ustalarla yapılan mülakatlardan edinilen bilgilere göre, ürün yapımında kullanılan araç, gereç ve malzemeler yıllar içinde radikal bir değişime uğramamıştır (Resim 3.10). Ayrıca ürünün cilalanması amacıyla yapılan balmumunda bekletme veya parafinleme işlemleri de, yıllardır aynı şekilde uygulanmaya devam edilmektedir. Lületaşı ürünlerinin yan sanayi dallarını oluşturan ahşap ve metal malzemeler ve bu malzemelerin üretim aşamaları da, üretim sürecinde ve tekniklerinde önemli bir role sahiptir. Örneğin pipolarda kullanılan ahşap ağızlıklar, takılarda kullanılan metaller ve farklı ürünlerde kullanılan diğer malzemelerin tasarımı, üretimi ve montajı da üretim kalitesini etkilemektedir. Bu işlemlerin birçoğu lületaşı ustaları tarafından yapılmaktadır.



Resim 3.10. Lületaşı atölyesinde kullanılan torna tezgâhı

Alan çalışması dâhilinde yapılan gözlemlerden edinilen bilgiye göre, lületaşı üretim aşamalarından geçerken, ocaktan çıkarılan taşın büyüklüğüne ve dönüşeceği ürünün tasarımına göre farklı miktarlarda fire vermektedir. Mülakat yapılan lületaşı ustaları üretim sırasında çıkan bu fireleri değerlendirmediklerini ve çöpe attıkları bilgisini vermişlerdir. Bir lületaşı satış mağazasında ise firelerin temizlenerek ayıklanıp küçük gramajlarda satıldığı bilgisine ulaşılmıştır. Satıcı, bu firelerin müşteriler tarafından farklı amaçlarla alındığı (evdeki temiz havayı temizlemesi vb) veya üniversitelere bilimsel çalışmalar için gönderildiklerini söylemiştir. Ayrıca farklı kaynaklarda firelerin alçı tozu ile karıştırılarak, saf lületaşı gibi satışının yapıldığı bilgisine ulaşılmıştır.

4. MALZEME DENEMELERİNDE KULLANILAN YÖNTEM VE BULGULAR

Sürdürülebilirlik üzerine yapılan literatür araştırmalarının sonucunda, özellikle döngüsel ekonomi kavramının hayatımıza girmesi sonrasında, sürdürülebilir malzeme sistemleri üzerine yapılan çalışmaların yoğunlaştığı görülmektedir. Döngüsel ekonomi stratejilerinin, temelde malzeme ve enerjinin kapalı bir döngüde kalması gerekliliğine odaklanması (Bkz. Şekil 2.3), malzeme sistemlerinde değişim ve yenilik gerektirmiştir. Sürdürülebilir malzeme sistemlerine geçiş, ürün tasarım süreçlerinde de etkisini göstermiştir. Bazı firmalar ürünlerinde geri dönüştürülmüş malzemeler kullanarak (Bkz. Resim 2.2 ve Resim 2.3), bazıları ise atık malzemelerden yeni yeşil malzemeler geliştirerek (Bkz. Resim 2.4) bu kapalı malzeme döngülerini kendi üretim sistemlerine dâhil etmişlerdir.

Sürdürülebilir malzeme sistemlerine geçişte, ürün tasarımcıları arasında da farklı yönelimler bulunmaktadır. Bazı tasarımcılar ürünlerinde biyo tabanlı malzemeler kullanmış (Bkz. Resim 2.5 ve Resim 2.6), bazıları ise atıklar (doğal, evsel, yerel, endüstriyel atıklar) ile farklı ürün tasarımları yapmıştır. Her iki yönelimde de ortak nokta, tasarımcıların sürdürülebilirliği amaç edinerek kendi geliştirdikleri yeni kompozit malzemeleri tasarımlarında kullanmalarıdır. Ürün tasarımcıları arasındaki bu yeni malzeme tasarımı denemeleri, atıkların döngüde kalarak birçok farklı malzeme oluşturulmasına olanak tanımıştır. Tezin ikinci kısmında da değinildiği gibi atık malzemelerin tasarımcılar tarafından değerlendirilerek katma değerli bir tasarım nesnesine dönüştürülmesi, bölge ekonomisine katkı sağlayarak özgün tasarımlara sahip ürünler üretilmesini sağlamaktadır.

Sürdürülebilirlik-Tasarım-Malzeme odağında yapılan literatür araştırmaları doğrultusunda, yerel ve doğal tabanlı atıkların tasarım ile değerlendirilmesi konusunda çalışmaya karar verilmiştir (Bkz. Şekil 3.1). Bu kapsamda Eskişehir ili için değerli bir doğal kaynak olan lületaş ve lületaş işleciliği üzerine bir alan araştırması yapılmıştır. Yürütülen alan araştırmasına ve bulgularına tezin üçüncü kısmında detaylıca yer verilmiştir. Bölgede yapılan alan araştırması sonucunda, lületaş üretimi sonucunda taşın yaklaşık %30'unun üretim firesi oluşturduğu (Algan, 2015) ve bu firelerin genellikle değerlendirilmediği sonucuna ulaşılmıştır. Doğal ve yerel bir malzeme olan lületaşının firelerinin üretimde tekrar kullanımını amaçlayan bu çalışmada, firelerin değerlendirilmesi amacıyla farklı

malzeme denemeleri yapılmıştır.

4.1. Metodoloji

Lületaş firelerinin değerlendirilmesi üzerine yapılan çalışmada, malzeme odaklı tasarım süreçlerini de içeren, atık malzemeler ile tasarım yöntemleri temel alınmıştır. Bu yöntemlerin diğer tasarım yöntemlerinden farkı, tasarımcının malzemeye doğrudan müdahale edebilmesidir (Karana ve diğerleri, 2015; Bak-Andersen, 2018). Atık malzemeler ile tasarımda süreç, atıklardan yeni malzeme kompozitleri oluşturulması ile başlamaktadır. Malzemenin tasarımcı tarafından deneyimlenmesi, yeni malzeme kompozitleri / örnekleri oluşturmada önemli adımlardan biridir. Daha sonra oluşan malzemenin özellikleri belirlenerek, üretim yöntemlerine uygunluğu araştırılır. Son olarak oluşan malzemenin potansiyel ürün uygulamaları araştırılır (Pizarro, 2016; Kottaridou ve Bofylatos, 2019). Malzemenin tasarımı dâhil tüm bu süreçler genellikle tasarımcının kendisi tarafından yönetilir.

Lületaş fireleri ile yapılan malzeme denemelerine lületaş ustalarından üretim firelerinin toplanması ile başlanmıştır. İlk olarak malzemenin tanınması amacıyla suya, darbeye, ısıya karşı verdiği tepkiler deneyimlenmiştir. Atık ve doğal malzemelerle tasarım literatürü araştırmaları ve lületaş malzemesi ile ilgili yapılan literatür araştırmalarının sonucunda, yeni malzeme oluşturulmasında kullanılabilecek bağlayıcı malzemelere karar verilmiştir. Seçilen bağlayıcı malzemeler ve lületaş fireleri ile yeni malzeme denemeleri yapılmıştır. Denemeler yapılırken her aşamada, yeni oluşan malzeme özellikleri gözlemlenmiş, bilgiler not alınarak ve fotoğraflanarak kaydedilmiştir. İkinci aşamada oluşan yeni malzemelere bir takım testler uygulanmış, malzemelerin farklı uyaranlara karşı verdiği tepkiler gözlemlenmiştir. Yapılan testlere göre en iyi sonucu veren malzeme örneklerine karar verilmiştir. Daha sonra seçilen bu yeni malzemelerin, ürün tasarımında kullanılabilmesi için uygulanabilecek olası üretim teknikleri denenmiştir. Üretim teknikleri araştırması sonrasında, önemli tasarım parametrelerinden biri olan renk ve doku üzerine çalışmalar yapılmıştır. Son olarak tüm denemelerden elde edilen bilgiler değerlendirilerek, lületaş fireleri ile oluşturulan yeni malzeme örneklerinin, potansiyel ürün uygulama alanları belirlenmiştir.

4.2. Lületaşı Üretim Fireleri

Lületaşı, dünya üzerinde rezervleri kısıtlı olan bir kaynaktır. Özellikle ürün yapımında kullanılabilecek nitelikleri taşıyan yumrulu lületaşı, Türkiye'de Eskişehir ve çevresinden çıkarılmaktadır. Mevcut kaynakların sınırlılığı sebebiyle ocaktan çıkarılan taş, en yüksek verim elde edilecek şekilde kullanılmalıdır. Bu yüzden lületaşı zanaatkârları, ocaktan çıkarılmış ham lületaşlarını, en az fire verecek şekilde mamul hâle getirmeye özen göstermektedirler. Buna rağmen, üretim sürecinin doğal bir sonucu olarak, her ürün için farklı miktarlarda ham lületaşı fire olarak atık hâline gelmektedir.

1966 yılında yapılan bir çalışmaya göre, lületaşı işlemeciliğinde yıllık yaklaşık 40-50 ton fire (toz, talaş, kırıntı, artık) ortaya çıkmaktadır. Günümüzde ise toplam fire miktarını gösteren bir çalışma bulunmamakta olup, lületaşı işleme sırasında ortaya çıkan fire yaklaşık %30-35 arasındadır (Algan, 2015). Lületaşı firelerinin farklı şekillerde kullanımı uzun yıllardır tartışılan ve üzerine çalışmalar yapılan bir konu olmuştur. Lületaşı ile ilgili yapılan alan çalışmasının sonucunda günümüzde, firelerin değerlendirilmeyerek atıldığı bilgisine ulaşılsa da bazı kaynaklarda farklı bilgilere ulaşılmıştır.

Lületaşı atıkları ile yapılan bazı çalışmalarda çıkan atıklar kalite sınıflandırılması yapıldıktan sonra toz hâline getirilmiş, katı ve sıvı bağlayıcılar (CaO, ZnO, Süt, Magnezit, MgO) farklı oranlarda kullanılarak yeni kompozitler oluşturulmuştur. Oluşturulan kompozit malzemelerin farklı basınçlarda sıkıştırılması ile preslenmiş lületaşı malzeme elde edilmiştir. Preslenmiş lületaşı, el ile işlenebilme ve tornada işlenebilme özelliği göstermektedir. Ayrıca uygun kalıplarda preslenerek pipo astarı gibi ürünler de imal edilebilmektedir. Ancak pres lületaşının üretimi sonrasında, doğal lületaşının bir takım fiziksel özelliklerini yitirdiği gözlemlenmiştir (Korkmaz, 1987). Lületaşı astarı olarak adlandırılan bu malzeme, mamul ile yarı mamul arasında bir ürün olarak değerlendirilebilir (Bozkurt, 1989).

Korkmaz (1987), ocaktan çıkarılan ve işlenmeye uygun olmayan taşların toz hâline getirilerek şap ve magnezyum ilavesi ile farklı süs eşyalarının üretiminde kullanıldığına değinmiştir. Lületaşı fire veya atıklarının bir diğer kullanımı ise alçı ile karıştırılarak malzeme oluşturulmasıdır. Ancak bu son iki yöntemde lületaşı doğal özelliklerini kaybetmektedir (Korkmaz, 1987). Son zamanlarda lületaşı işleme firelerinin alçı ile

karıştırılması sonucunda ortaya çıkan ve saf/doğal lületaşı gibi satılan ürünler, lületaşı sektörü için sorun yaratmaktadırlar. Bu ürünlerin daha düşük fiyatlara satılabilmesi, orijinal lületaşı satışlarının azalmasına neden olmaktadır (Taşlıgil ve Şahin, 2011). Bazı firmalar ve bu sektörde bulunan diğer kişiler, üretim firesi olan lületaşı atıklarını öğütüp alçı ile karıştırarak mamul hâle getirmekte ve saf lületaşından oluşmayan bu ürünleri "lületaşı" adı altında satışa sunmaktadır. Bu konuyla ilgili yasal düzenlemeler bulunmamaktadır. Ürünün değer ölçümünün ve fiyatlandırılmasının doğru bir şekilde yapılabilmesi için malzeme içeriğini de kapsayan bir sertifikalandırma gerekmektedir (Algan, 2015).

Yapılan literatür taraması sonucunda, lületaşı atık ve firelerinin yeniden bir ürün üretiminde kullanılması için yapılan çalışmalarda alçı kullanımı ön plana çıkmaktadır. Alçı kullanımına ek olarak, lületaşı fireleri polyester ile karıştırılarak da çalışmalar yapılmıştır. (Akburu, 2019). Lületaşı tozları ile yapılan bir diğer çalışmada ise, kağıt fabrikası arıtma tesislerinden çıkan atık arıtma çamuru, atık lületaşı tozları ve yumurta kabuğu birleştirilerek yeni bir kompozit malzeme oluşturulmuştur. Çalışmanın amacı, farklı sistem atıklarının "sıfır atık" ideolojisi temelinde değerlendirilerek yeni polipropilen esaslı kompozit levha üretiminde kullanılabilecek malzeme oluşturulmasıdır (Akgülbüz ve Uysal, 2019). Karakehya ve Bilgiç (2020) tarafından yapılan çalışmada, lületaşı atıklarından sütunlanmış kil üretimi deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Lületaşı işleme atıklarının farklı sanayilerde kullanımının incelenmesi ile ilgili yapılan çalışmalar da bulunmaktadır. Bunlardan biri lületaşı işleme atıklarının, çevre kirliliği yaratan metallerden biri olan kurşunun gideriminde kullanılmasıdır. Çalışmanın sonunda lületaşı atıklarının, arıtma teknolojilerinde kullanılabilecek önemli bir adsorban madde olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Bektaş ve Öncel, 2004). Lületaşı atıkları ile yapılan başka bir denemede ise, toz ve talaş durumundaki üretim firelerinin, karbon filtreye alternatif pipo filtre malzemesi olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Yapılan deneyler sonucunda lületaşı atıklarının, pipo filtresi yapımında kullanılabilecek bir malzeme olduğu gösterilmiştir (Işık, 1995).

Lületaşı sektöründeki kritik konulardan biri, üreticilerin tamamen doğadan sağlanan malzemeye bağımlı olması sebebiyle yeni ürün geliştirme olanaklarının azalmasıdır. Ocaklardan elde edilen taşlar belirli bir büyüklükte ve kalitededir. Yeni mamul geliştirme,

bu sektörün gelişip büyümesinde ve ihracat başarısında etkili olabilecek önemli bir etkidir. Bu amaçla, lületaşı firelerinden yeni ürünler geliştirme bu konuda bir alternatif oluşturmaktadır (Timur, 1989). Atıkların değerlendirilmesi konusu aynı zamanda, üretim sırasında el işçiliğinin yanı sıra makineleşmenin de payını arttırmıştır (Timur, 1989). Bu da lületaşı ile farklı üretim şekillerinin denenmesine olanak yaratmıştır.

4.3. Bağlayıcı Malzemeler

Doğal tabanlı atıklar ile yapılan ürün tasarımı odaklı malzeme çalışmalarında, genellikle doğal tabanlı bağlayıcılar kullanılmaktadır (Bkz. Çizelge 2.3). Yeni kompozit malzemeler oluşturulurken seçilen bağlayıcı malzemenin, ana malzemenin (doğal tabanlı atığın) doğal yapısını bozmayacak türde olmasına dikkat edilmektedir. Burada temel amaç, malzemenin sürdürülebilir yapıdaki özelliklerinin (doğada çözünebilir, çevreye zararsız, toksik olmayan, doğal) değişimine sebep olmamaktır. Kullanılan bu bağlayıcılara tezin ikinci bölümünde "Doğal Malzemelerden Elde Edilen Kompozitler için Kullanılan Üretim Teknikleri" başlığı altında yer verilmiştir. Bu bağlayıcılar ile tasarımcılar, herhangi bir laboratuvar ortamına gerek duymadan ürün tasarımında kullanılmak üzere yeni kompozit malzemeler geliştirebilmektedirler. Ayrıca malzeme kaynağına kolay ulaşım ve malzemelerin ekonomik olması da bu bağlayıcıların kullanılmasında etkili olan faktörlerdendir.

Lületaşı fireleri ile yapılacak malzeme denemelerinde kullanılmak üzere bağlayıcı seçimi yapılırken, literatürdeki ve konu ile ilgili internet üzerinden sağlanan açık kaynaklı malzeme veri tabanlarındaki (Materiom, Material District, Open Materials) bilgilerden yararlanılmıştır. Doğal tabanlı atıklar ile ilgili yapılan diğer çalışmalarda kullanılan malzemeler araştırıldıktan sonra lületaşının yapısal özellikleri (suya karşı dayanım, suda çözünebilme, farklı malzemeler ile etkileşimi, ısıya dayanımı) detaylıca araştırılmıştır. Araştırma sonucunda elde edilen bilgilere, tezin üçüncü kısmında "Lületaşı/Sepiyolit ve Özellikleri" başlığı altında yer verilmiştir. Aynı zamanda lületaşı fireleri ile farklı alanlarda (güzel sanatlar ve mühendislik) yapılan çalışmalar araştırılmış ve araştırmanın sonuçlarına "Lületaşı Üretim Fireleri" başlığı altında yer verilmiştir.

Lületaşını ve malzeme özelliklerini daha iyi tanımak ve anlayabilmek amacıyla literatürden elde edilen bilgilerden sonra, malzeme ile farklı denemeler yapılmıştır.

Yapılan bu denemeler ile malzeme bire bir deneyimlenerek, farklı uyaranlara karşı verdiği (su, ısı, darbe vb) tepkiler değerlendirilmiştir. Sepiyolit sınıfında doğal bir kil minerali olan lületaşının, sahip olduğu gözenekli yapısı ile suyu yüksek derecede absorbe edebilme özelliği, malzeme oluşturma denemelerinde kullanılacak bağlayıcı seçiminde etkili olmuştur. Ayrıca malzemenin belirleyici özelliklerinden olan doğal beyaz rengini, yeni oluşan malzemelerde de korumasına önem verilmiştir.

Konu ile ilgili yapılan literatür araştırmaları ve malzemenin deneyimlenerek incelenmesi sonunda, araştırma kapsamında kullanılacak en uygun bağlayıcıların suda çözünebilir nitelikte malzemeler olduğuna karar verilmiştir. Kullanılacak bağlayıcı malzemeler ile lületaşının belirleyici özelliklerini kaybetmeden, doğal yapısının korunarak sürdürülebilirliğinin sağlandığı yeni malzemeler oluşturulması amaçlanmıştır. Bağlayıcı malzeme seçiminde belirleyici olan bir diğer etken ise oluşan malzemelerin bir ürüne dönüştürülürken kullanılabilecek üretim tekniklerinin başarılı sonuç vermesi ve farklı üretim tekniklerine de uygulanabilmesidir. Belirlenen bu amaçlar doğrultusunda malzeme denemelerinde doğal tabanlı, suda çözünebilir bağlayıcılar kullanılmasına karar verilmiştir. Denemelerde kullanılmak üzere belirlenen beş farklı bağlayıcı malzeme şunlardır: “Ksantan Gam”, “Sodyum Aljinat”, “Gam Arabik (Arap Zamkı)”, “Karboksimetil Selüloz” ve “Guar Gam”.

4.3.1. Ksantan gam

Ksantan, gıda katkı maddesi başta olmak üzere farklı endüstriyel kullanımlara sahip bir polisakkarittir. Piyasada bulunan diğer mikrobiyal sakızlar (zamklar) arasında önemli bir yer tutar. Düşük konsantrasyonlarda dâhi yüksek viskoziteye sahip olması, çoğu metalik tuzla stabilite ve uyumluluk göstermesi, asidik ve alkali solüsyonlarda çözünebilirliği ve çeşitli pH ve sıcaklık seviyelerine direnci ile farklı alanlarda tercih edilen bir malzeme hâline gelmiştir. Gıda sektörünün dışında petrol, farmasötik, kozmetik, boya, tekstil ve tarım ürünleri sektörlerinde de kullanılmaktadır. Ksantan gam, kıvam arttırıcı, jelleştirici ve dengeleyici özelliklere sahiptir. Düşük konsantrasyonlarda kullanıldığında, ürün stoklarında stabilite, suya karşı dayanım ve estetik görünüm sağlar. Ksantan sentezinde yaygın olarak kullanılan karbonhidratlar; nişasta, hidrolize nişasta, mısır şurubu, hidrolize pirinç, arpa ve mısır unu, şeker kamışıdır. Bunların arasında ürün verimi, tedariki ve üretimi için en uygun olanı glikoz ile oluşturulan ksantan gamdır (Faria ve diğerleri, 2011).

Ksantan gamın bağlayıcı malzeme olarak kullanıldığı denemelerde, 4 gram ksantan tozu, oda sıcaklığında (25°C) 100 mililitre su ile karıştırılmış ve malzeme jel kıvamına getirilmiştir. Oluşan bu bağlayıcı malzeme yarı saydam özellikte olup, renksizdir. Yapılan denemeler sonucunda, karışımdaki ksantan miktarının arttırıldıkça oluşan malzemenin kıvamının yoğunlaştığı bilgisine ulaşılmıştır. Ayrıca malzeme açıkta bekletildikçe de kıvamında yoğunlaşma görülmektedir.

4.3.2. Sodyum aljinat

Kahverengi deniz yosunlarından (taksonomik sınıf: phaeophyceae) elde edilen aljinat, doğal yollarla oluşan bir polisakkarittir. Aljinat suda çözünür bir polimerdir ve bazı iyonların varlığında jel oluşturmaktadır. Aynı zamanda su ile bağlandığında yapışkan özellik göstermektedir. Biyolojik bozunmaya uğrayabilme, toksik özellik göstermeme, biyolojik uyumluluk ve düşük maliyet gibi özelliklere sahiptir. Gıda endüstrisinde kıvam arttırıcı malzeme olarak kullanımının yanında doku mühendisliği, ilaç taşıyıcılığı gibi birçok biyomedikal alanda ve kozmetik sektöründe de kullanılmaktadır. Sodyum aljinat, yüksek iletkenliğe sahiptir ve geniş viskozite aralıklarında solüsyonlar oluşturabilmektedir (Lu, Zhu, Guo, Hu ve Yu, 2006).

Sodyum aljinatın bağlayıcı malzeme olarak kullanıldığı denemelerde, 4 gram aljinat tozu oda sıcaklığında (25°C) 100 mililitre su ile karıştırılmıştır. Malzeme içinde toz parçacıkları kalmayıp ve jel kıvamına gelinceye kadar karıştırılmıştır. Oluşan bağlayıcı malzeme saydam özellikte olup renksizdir. Sodyum aljinat ve su karışımı denemelerinde, kullanılan aljinat miktarının, oluşan bağlayıcı malzeme özelliklerini etkilediği bilgisine ulaşılmıştır. Kullanılan aljinat miktarı arttıkça, kıvamı daha yoğun bir jel elde edilmektedir. Az miktarlarda kullanımında ise daha sıvı özelliğe sahip ve daha az yapışkan karışımlar oluşmaktadır. Oluşan bağlayıcı malzeme, lületaşı tozları ile üç farklı miktarda karıştırılarak, ideal malzeme karışım oranları belirlenmiştir.

4.3.3. Gam arabik

Gam Arabik ya da Arap Zamkı, Acacia Senegal ve Acacia Seyal ağaçlarının bitki öz suyundan elde edilen doğal bir polisakkarittir. Genellikle gıdaların kalitesini arttırmak ve raf ömrünü uzatmak için yaygınlıkla kullanılan gıda hidrokolloididir (gıda gamı). Gam

arabik, yağ-su arayüzleri içeren gıda ve kozmetik ürünlerinde etkili bir emülgatör ve uzun süreli stabilizatör görevi görmektedir (Dror, Cohen ve Yerushalmi-Rozen, 2006). Ana uygulama alanı sakız, pastil ve şeker gibi gıdaların bulunduğu şekerleme endüstrisidir. Ayrıca alkolsüz içeceklerde de emülgatör olarak kullanımı yaygındır. Gıda mikrokapsülleme ve diyet lifi olarak da kullanımları bulunmaktadır. Suda soluk sarıdan, truncu-kavrengine kadar değişen renklerde çözeltiler oluşturmaktadır (Williams ve Phillips, 2009).

Gam arabik ile yapılan malzeme denemelerinde, toz hâlinde bulunan zamk (4 gram) ile oda sıcaklığında (25°C) 100 mililitre su karıştırılarak, çözelti oluşturulmuştur. Oluşan çözeltinin rengi sarıya yakın olmakla birlikte saydam özellik göstermektedir. Ksantan gam ve sodyum aljinat ile oluşturulan çözelti örnekleri ile karşılaştırıldığında, düşük viskoziteye sahip olduğu görülmektedir. Çözeltide kullanılan zamk miktarının artırılması, viskozitede belirgin bir değişime sebep olmamıştır.

4.3.4. Karboksimetil selüloz

Selüloz, birçok kara bitkisinin bileşeni olmakla birlikte doğada yüksek miktarda bulunan organik bir maddedir. Gıda endüstrisinde ve farklı sektörlerde modifikasyonlarıyla çok çeşitli işlevde kullanımlara sahiptir. Karboksimetil selüloz, sodyum karboksimetil selüloz veya selüloz gam (selüloz zamkı) isimleriyle de bilinen, kimyasal işlemlerle selülozdan geliştirilmiş bir maddedir. Hem sıcak hem de soğuk suda çözünbilme özelliği gösterir. Partiküllerin boyutu ve toz yığının yoğunluğu, malzemenin çözünme özelliklerini etkilemektedir. Tanecikli yapıda olan malzeme daha az topaklanma gösterir ancak çözünmesi daha uzun sürmektedir. İnce toz hâlinde ise çok hızlı hidrasyon sağlayabilir fakat kolayca dağılmaz; bu yüzden iyi karıştırma teknikleri gerektirir. Ticari karboksimetil selüloz tipleri tanecik boyutu, viskozite ve diğer özel çözelti özellikleri ile birbirinden farklılaşmaktadır (Murray, 2009).

Lületaşı fireleri için bağlayıcı görevi görecekt karboksimetil selüloz çözeltisi hazırlanırken, 4 gram karboksimetil selüloz tozu ile oda sıcaklığında (25°C) bulunan 100 mililitre su karıştırılmıştır. Oluşan çözelti renksiz olmakla birlikte saydam özellik göstermektedir. Ayrıca çözeltinin viskozite miktarının, diğer malzemelerle oluşturulan (özellikle ksantan gam ve sodyum aljinat çözeltileri) çözeltilere göre düşük seviyede olduğu gözlemlenmiştir.

Oluşan çözelti, lületaşı firelerinden elde edilen tozlarla üç farklı miktarda karıştırılarak, en iyi sonucu veren malzeme karışım oranları belirlenmiştir.

4.3.5. Guar gam

Guar gam (guar gum veya guar zımkı), guar bitkisinin (fasulyesinin) tohumlarından elde edilen işlenmiş bitki özlü bir kimyasaldır. Gıda, ilaç, kağıt, tekstil, petrol ve kozmetik endüstrilerinde, genellikle toz hâlinde katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Guar gamın endüstriyel uygulamaları, su molekülleri ile hidrojen bağı oluşturma özelliği sayesinde mümkündür. Bu özelliği sayesinde farklı sektörlerde genellikle kıvam arttırıcı ve stabilizatör olarak kullanılmaktadır. Guar gamın en önemli özelliği, soğuk su sistemlerinde yüksek viskoziteli solüsyonlar oluşturabilmesidir. Diğer zımkılarda olduğu gibi guar gamın da viskozitesi zamana, sıcaklığa, çözelti konsantrasyonuna, pH'a, iyonik kuvvete ve karıştırma (çalkalama) tekniğine bağlıdır. Genellikle ısıtılarak hazırlanan guar gam çözeltileri, soğuk suyla hazırlanıp hidratlaşmaya bırakılan çözeltilerden daha düşük viskoziteye sahip olmaktadır. 25-40°C arasındaki sıcaklık değerleri, guar gam ile hazırlanan çözeltilerin en iyi sonuç verdiği sıcaklıklardır. Guar gamın ekonomik bir madde olması da birçok farklı sektörde tercih edilmesinin nedenlerindendir (Mudgil, Barak ve Khatkar, 2014).

Araştırma kapsamında guar gam ile oluşturulan bağlayıcı malzeme çözeltilerinde, oda sıcaklığında bulunan (25°C) 100 mililitre suya, toz hâlinde bulunan 4 gram guar gam eklenip karıştırılarak çözelti hazırlanmıştır. Oluşan çözelti yüksek viskoziteye sahip olup, yarı saydam ve renksizdir. Diğer bağlayıcı malzemeler ile yapılan denemelerde olduğu gibi istenilen özellikte çözelti hazırlandıktan sonra, çözelti lületaşı tozları ile karıştırılmış ve yeni malzemeler oluşturulmuştur. Oluşan malzemelerin özellikleri gözlemlenip fotoğraflanarak kayıt altına alınmıştır.

4.4. Lületaşı Fireleri ile Malzeme Örneklerinin Oluşturulması

Lületaşı fireleri ile yapılacak yeni malzeme örneği denemelerinde kullanılacak bağlayıcı malzemeler seçildikten sonra, malzeme oluşturma sürecine başlanmıştır. İlk olarak Odunpazarı'nda atölyeleri bulunan ustalardan, lületaşı üretim fireleri toplanmıştır. Toplanan fireler, içindeki yabancı maddelerden arındırılarak süreç için hazır hâle

getirilmiştir. Daha sonra toplanan fireler toz hâline getirilerek (Resim 4.1), malzeme denemeleri yapılmaya başlanmıştır. Malzeme denemeleri yapılırken kullanılan araç ve gereçler şunlardır:

- Cam su kabı
- Cam ölçü kabı
- Hassas terazi
- Daire plastik kalıplar
- Karıştırma çubuğu
- Plastik süzgeç
- Öğütücü

İlk olarak lületaşı tozları sadece su ile karıştırılarak, oluşan malzemenin özellikleri incelenmiştir. Yapılan bu ilk denemeden sonra, tozları bir arada tutacak bağlayıcı malzeme kullanımının gerekliliği kanaatine varılmıştır. Yapılan literatür araştırmasından sonra seçilen beş farklı doğal bazlı bağlayıcı (ksantan gam, sodyum aljinat, gam arabik, karboksimetil selüloz, guar gam) su ve lületaşı fireleri ile karıştırılarak malzeme örnekleri oluşturulmuştur. Asıl denemelere başlanmadan önce, bağlayıcı malzemeleri ve lületaşı tozları ile oluşturdukları kompozitleri daha iyi tanımak için bir takım denemeler yapılmış ve bu denemelere göre oluşturulacak malzeme örneklerinin karışım oranlarına karar verilmiştir. Seçilen her bir bağlayıcı malzeme 50 gram lületaşı tozu ile üç farklı oranda (25, 35 ve 50 mililitre) karıştırılmıştır. Burada amaç, farklı miktarda bağlayıcı malzeme kullanımının, oluşan yeni malzeme örneklerine etkisini gözlemlemek ve en iyi sonucu veren malzeme karışım oranlarını belirleyebilmektir.



Resim 4.1. Toz hâline getirilmiş lületaşı üretim fireleri

Ksantan gam, sodyum aljinat, gam arabik, karboksimetil selüloz ve guar gamın bağlayıcı olarak kullanıldığı, lületaş firelerinin tekrar kullanımı amacıyla yapılan malzeme örnekleri oluşturma süreci sırasıyla aşağıdaki şekilde gerçekleştirilmiştir:

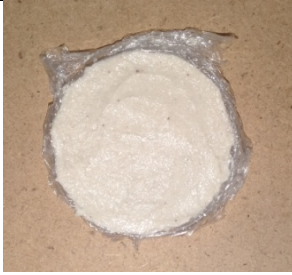
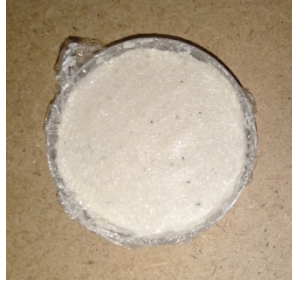
1. Lületaş üretim firelerinin/atıklarının ustalardan toplanması,
2. Toplanan atıkların içindeki yabancı maddelerden arındırılması,
3. Lületaş atıklarının öğütücü ve süzgeç yardımıyla toz hâline getirilmesi,
4. Karışım için önceden belirlenen miktarda suyun (25°C) hazırlanması,
5. Belirlenen miktarlarda bağlayıcı karışımlarının hazırlanması (su+ksantan gam, su+sodyum aljinat, su+gam arabik, su+karboksimetil selüloz, su+guar gam),
6. Toz hâline getirilmiş lületaşların, hazırlanan bağlayıcı malzemelerle önceden belirlenen oranlarda karıştırılması (25, 35 ve 50 mililitre bağlayıcı ve 50 gram lületaş tozu),
7. Lületaş tozu ve bağlayıcı karışımlarının plastik kalıplara alınması,
8. Plastik kaplardaki karışımların oda sıcaklığında (25°C) bekletilerek kurumaya bırakılması,
9. Yeni oluşan malzemelerin kuruma sürelerinin belirlenmesi,
10. Malzeme gözlemlerinin yapılması.

Denemeler sırasında, yeni malzeme oluşturma aşamaları ve oluşan malzemelerde zamana bağlı olarak meydana gelen değişimler, not ile ve fotoğraflanarak kayıt altına alınmıştır (Çizelge 4.1). Malzeme oluşturma denemeleri 2020 yılının Aralık ayında yapılmıştır.

Çizelge 4.1. Lületaş ve doğal tabanlı bağlayıcılar ile yapılan malzeme denemeleri

no	Lületaş Tozu (gr)	Bağlayıcı Malzeme (ml)	Karışım / Kalıplanmış	Karışım / Kuruduktan sonra	Gözlemler
1.	50 gr	Su (25°C, 50 ml)			Kuruma Süresi ≈ 24 saat

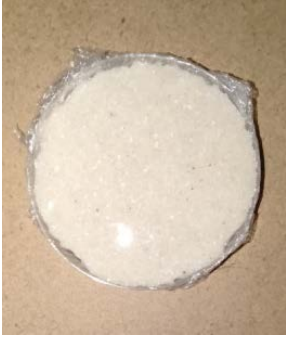
Çizelge 4.1. (devam) Lületaş ve doğal tabanlı bağlayıcılar ile yapılan malzeme denemeleri

2.	50 gr	Ksantan gam (4gr) + su (100ml, 25°C) karışımı (25 ml)			Kuruma Süresi $\cong$ 48 saat
3.	50 gr	Ksantan gam (4gr) + su (100ml, 25°C) karışımı (35 ml)			Kuruma Süresi $\cong$ 56 saat
4.	50 gr	Ksantan gam (4gr) + su (100ml, 25°C) karışımı (50 ml)			Kuruma Süresi $\cong$ 72 saat
5.	50 gr	Sodyum Aljinat (4gr) + su (100ml, 25°C) karışımı (25 ml)			Kuruma Süresi $\cong$ 56 saat
6.	50 gr	Sodyum Aljinat (4gr) + su (100ml, 25°C) karışımı (35 ml)			Kuruma Süresi $\cong$ 72 saat
7.	50 gr	Sodyum Aljinat (4gr) + su (100ml, 25°C) karışımı (50 ml)			Kuruma Süresi $\cong$ 96 saat

Çizelge 4.1. (devam) Lületaş ve doğal tabanlı bağlayıcılar ile yapılan malzeme denemeleri

8.	50 gr	Gam Arabik (4gr) + su (100ml, 25°C) karışımı (25 ml)			Kuruma Süresi $\cong$ 72 saat
9.	50 gr	Gam Arabik (4gr) + su (100ml, 25°C) karışımı (35 ml)			Kuruma Süresi $\cong$ 80 saat
10.	50 gr	Gam Arabik (4gr) + su (100ml, 25°C) karışımı (50 ml)			Kuruma Süresi $\cong$ 96 saat
11.	50 gr	Karboksimet il Selüloz (4gr) + su (100ml, 25°C) karışımı (25 ml)			Kuruma Süresi $\cong$ 96 saat
12.	50 gr	Karboksimet il Selüloz (4gr) + su (100ml, 25°C) karışımı (35 ml)			Kuruma Süresi $\cong$ 96 saat

Çizelge 4.1. (devam) Lületaş ve doğal tabanlı bağlayıcılar ile yapılan malzeme denemeleri

13.	50 gr	Karboksimet il Selüloz (4gr) + su (100ml, 25°C) karışımı (50 ml)			Kuruma Süresi ≈ 110 saat
14.	50 gr	Guar Gam (4gr) + su (100ml, 25°C) karışımı (25 ml)			Kuruma Süresi ≈ 72 saat
15.	50 gr	Guar Gam (4gr) + su (100ml, 25°C) karışımı (35 ml)			Kuruma Süresi ≈ 96 saat
16.	50 gr	Guar Gam (4gr) + su (100ml, 25°C) karışımı (50 ml)			Kuruma Süresi ≈ 96 saat

Çizelge 4.1.'de gösterildiği üzere, yapılan ilk malzeme denemesinde herhangi bir bağlayıcı kullanılmadan, lületaş tozları sadece su ile karıştırılarak, lületaşının suya karşı verdiği tepki test edilmiştir. Bu denemenin sonucunda malzemenin 24 saat içinde kuruduğu ve ufalarak eski hâline geldiği, dağılmadan rijitliğini koruyabilmesi için bir bağlayıcı malzeme gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu doğrultuda, araştırma kapsamında kullanılacak beş farklı bağlayıcı ile malzeme oluşturma denemelerine başlanmıştır.

Bağlayıcı olarak ksantan gamın kullanıldığı denemelerde, su + ksantan gam çözeltisi üç farklı oranda (25, 35 ve 50 mililitre) 50 gram lüle taşı tozu ile karıştırılmış, belirli bir süre sonra malzeme örneklerinin başarılı bir şekilde plastik kalıptan çıkarak rijit bir malzeme oluşturduğu gözlemlenmiştir. Aynı şekilde sırasıyla su + sodyum aljinat, su + gam arabik, su + karboksimetil selüloz ve su + guar gam çözeltileri 50 gram lüle taşı tozu ile üç farklı oranda (25, 35 ve 50 mililitre) karıştırılmıştır. Malzeme karışımları plastik kaplara dökülerek, 25°C oda sıcaklığında kurutmaya bırakılmıştır. Seçilen beş bağlayıcı ile yapılan denemelerin tümünde, farklı nitelikte malzeme örnekleri başarıyla oluşturulmuştur.

Lüle taşı fire tozları ve farklı bağlayıcılar kullanılarak oluşturulan malzeme örneklerinin kuruyarak katı ve sağlam hâle gelme süreleri farklılık göstermektedir. Her malzeme örneğinin kuruma süresinde kullanılan bağlayıcı ve bağlayıcının karışım oranı etkili olmuştur. Kullanılan malzemelerdeki bağlayıcı çözeltilerinin malzeme karışımındaki oranı arttıkça, yeni oluşan malzemenin kuruma süresinin de arttığı gözlemlenmiştir. Malzemelerin kuruma sürelerinin 1-5 gün arasında değiştiği gözlemlenmiştir (Çizelge 4.1). Ayrıca malzeme örneklerinin boyut ve hacminde, kuruduktan sonra küçülme meydana gelmiştir. Küçülme oranı, kullanılan bağlayıcı türüne ve malzeme karışım oranlarına göre değişim göstermektedir.

4.5. Malzeme Özelliklerinin ve Üretim Olanaklarının Araştırılması

Tasarımcıların projelerine uygun malzemeyi seçebilmesi için malzemenin, teknik ve duysal özellikleri ile üretim süreç ve işlemleri hakkında bilgi sahibi olmaları gerekmektedir (Parisi, Rognoli ve Sonneveld, 2017). Ürün tasarımcıları arasında gittikçe yaygınlaşan doğal tabanlı atıklar ile tasarım yöneliminde, tasarımcılar tarafından oluşturulan doğal atık kompozitlerinin özelliklerini belirlemek için bazı testler yapılmaktadır. Genellikle tasarımcının kendi imkânları dâhilinde gerçekleştirdiği bu testler, geliştirilen malzemenin uygulama alanlarını belirlemek açısından önem taşımaktadır.

Lüle taşı fireleri ile malzeme örnekleri oluşturulduktan sonra, yeni oluşan malzemenin özelliklerini (malzemenin yapısını, ısı su veya darbe gibi farklı faktörlere karşı verdiği tepkiyi, uygulanabilecek olası üretim tekniği seçeneklerini, renk ve doku uygulamalarını) belirleyebilmek için bir takım denemeler yapılmıştır. İlk olarak yeni oluşan malzemeleri

daha iyi anlamak ve deneyimleyebilmek için uygulamalar yapılmıştır. Malzemenin ısı ve sıcaklığa tepkisini gözlemlemek için yakma testi, dışarıdan bir kuvvete maruz kaldığında yapısında meydana gelen değişimleri belirlemek için dayanım/kırılmalık testi uygulanmıştır. Ayrıca su ile etkileşiminde, yapısında meydana gelen değişimleri gözlemlemek için suda çözünme/ayrışma testi uygulanmıştır. Yapılan bu uygulamalar, malzemenin farklı ürün kategorilerinde olası kullanım alanlarını belirlemek açısından önem taşımaktadır.

Uygulanan testlerin sonucunda, üretim ve kullanım olanakları için en uygun lületaşı + bağlayıcı karışımına karar verilmiştir. Seçilen malzeme örnekleriyle farklı üretim tekniği denemeleri yapılmıştır. Bu üretim teknikleri; kalıp ile şekillendirme (silikon kalıp, alçı kalıp, metal kalıp ve diğer nesneler), 3 boyutlu yazıcı ile üretim (eklemeli üretim sistemleri) ve diğer şekillendirme yöntemleridir (el ile şekillendirme, seramik sucuk tekniği, şırınga-baskı aparatı ile şekillendirme). Üretim tekniği denemelerinin ardından, ürün tasarımında önem taşıyan renklendirme ve doku çalışmaları yapılmıştır.

4.5.1. Malzeme deneyimleri

Malzeme odaklı tasarımda, özellikle tasarımcıların kendi geliştirdikleri malzemeleri (*do-it-yourself materials*) deneyimleyerek, malzemenin fiziksel ve duyuşal özelliklerini anlamak önemli bir süreçtir (Karana ve diğerleri, 2015; Parisi ve diğerleri, 2017). Literatürde, tasarımcının malzeme özelliklerini bire bir deneyimleyerek anladığı bu süreç "*Material Tinkering*" adı altında bilinmektedir. Bu metot ile deneysel öğrenme yoluyla malzemeler hakkında bilgi edinilmektedir.

Bu doğrultuda, lületaşı üretim fireleri ve doğal tabanlı bağlayıcılar kullanılarak oluşturulan malzeme örneklerine (Bkz. Çizelge 4.1), farklı uyaranlara verdiği tepkileri anlamak için bir takım testler uygulanmıştır. Uygulanan bu testlerdeki amaç, yeni malzeme örneklerinin fiziksel özelliklerini bire bir deneyimleyerek anlayabilmektir. Ayrıca farklı bağlayıcılar ile oluşturulan malzeme örneklerinden hangilerinin üretime daha uygun olduğuna, yapılan bu testlerin sonucunda karar verilmiştir. Bu testler aynı zamanda, yeni malzemelerin olası ürün tasarımı uygulamalarını ve ürün gamını belirlemek açısından da önem taşımaktadır. Testlerde kullanılan malzeme örnekleri, test denemelerinden 30 gün önce oluşturulmuş ve maksimum katılığa ulaşmış örneklerdir.

Yakma testi / Isı ve sıcaklığa tepki

Lületaşı fireleri ile oluşturulan malzeme örnekleri, bir maşa yardımı ile ateşe tutularak, bu malzemelerin yanmaya karşı verdiği tepkiler gözlemlenmiştir. Bu test, beş farklı bağlayıcı (ksantan gam, sodyum aljinat, gam arabik, karboksimetil selüloz ve guar gam) ile oluşturulan malzeme örneklerinin her birinden birer tane seçilerek uygulanmıştır. Malzemelerde zamana bağlı oluşan fiziksel değişimler fotoğraflanarak ve deney sırasında alınan notlar ile kayıt altına alınmıştır (Çizelge 4.2). Yapılan denemeler sonucunda, yeni oluşturulan malzemelerin bir ısı kaynağının varlığında, belirli sürelerde renk değişimine neden olduğu bilgisine ulaşılmıştır. Her malzeme örneği, belirli bir süre yakıldıktan sonra geri dönüştürülemeyecek şekilde yanarak külleşme özelliği göstermiştir. Ayrıca, lületaşının belirleyici bir özelliği olan ve lületaşı ürünlerinde renklendirme yöntemi olarak kullanılan ateşte yakarak renklendirme özelliğini, fireler ile oluşturulan yeni malzemelerde de koruduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.2'de gösterildiği üzere, beş farklı malzeme örneği de ısı ile renk değiştirmeye başlamış ve belirli bir sürenin sonunda yanma özelliği göstermiştir. Yakma testi sonucunda, karboksimetil selüloz kullanılan malzeme örneğinin, ısı ve sıcaklığa karşı diğer malzemelere göre daha fazla süre dayanım gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca malzeme örnekleri ısı ile esneme / erime özelliği göstermemiştir.

Çizelge 4.2. Lületaşı fireleri ile oluşturulan malzeme örneklerine uygulanan yakma testi

no	Malzeme	Denemeler	Gözlemler
1.	Lületaşı + Ksantan Gam		Renk değişim süresi $\cong$ 5 sn Yanma süresi $\cong$ 25 sn
2.	Lületaşı + Sodyum Aljinat		Renk değişim süresi $\cong$ 5 sn Yanma süresi $\cong$ 15 sn
3.	Lületaşı + Gam Arabik		Renk değişim süresi $\cong$ 8 sn Yanma süresi $\cong$ 20 sn
4.	Lületaşı + Karboksimetil Selüloz		Renk değişim süresi $\cong$ 10 sn Yanma süresi $\cong$ 50 sn
5.	Lületaşı + Guar Gam		Renk değişim süresi $\cong$ 5 sn Yanma süresi $\cong$ 25 sn

Kırılgenlik ve dayanım

Lületaşı fireleri ile oluşturulan malzeme örneklerine el ile kuvvet uygulanarak, malzemelerin dayanım ve gevreklik / süneklik özellikleri test edilmiştir. Yapılan denemeler sonunda tüm malzemelerin belirli bir kuvvet altında gevrek kırılmaya uğradığı sonucuna ulaşılmıştır. Denemeler sırasında malzemelerde meydana gelen fiziksel değişimler fotoğraflanarak ve alınan notlarla belgelenmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Lületaşı fireleri ile oluşturulan malzeme örneklerine uygulanan kırılgenlik ve dayanım testi

no	Malzeme	Denemeler	Gözlemler
1.	Lületaşı + Ksantan Gam		Malzeme, belirli bir kuvvet altında gevrek özellik göstermekte ve kırılmaktadır.
2.	Lületaşı + Sodyum Aljinat		Malzeme, belirli bir kuvvet altında gevrek özellik göstermekte ve kırılmaktadır.
3.	Lületaşı + Gam Arabik		Malzeme, belirli bir kuvvet altında gevrek özellik göstermekte ve kırılmaktadır.
4.	Lületaşı + Karboksimetil Selüloz		Malzeme, belirli bir kuvvet altında gevrek özellik göstermekte ve kırılmaktadır.
5.	Lületaşı + Guar Gam		Malzeme, belirli bir kuvvet altında gevrek özellik göstermekte ve kırılmaktadır.

Beş farklı malzeme örneğinin her biri, el ile uygulanan kuvvete karşı farklı ölçülerde direnç göstermiştir. Sodyum aljinat ile yapılan lületaş malzeme örneğinin kırılmaya karşı en çok dayanım gösteren malzeme olduğu belirlenmiştir. Malzemelerin uygulanan kuvvete karşı gösterdiği direnç (dayanım), çoktan aza doğru no2> no1> no5> no3> no4 şeklinde sıralanmaktadır. Malzeme örneklerinin kırılmaya karşı gösterdiği dayanımda, malzemenin oluşturulduktan sonra bekletilme / dinlenme süresi de etkili olmaktadır. Bu süre arttıkça malzemelerin sağlamlığı artmakta ve buna paralel olarak dışarıdan uygulanan kuvvete karşı geliştirilen dirençleri yani dayanımları da artmaktadır.

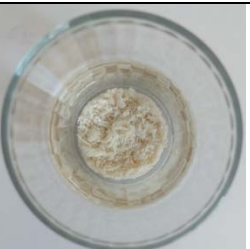
Suda çözünme

Lületaş fire tozları ve doğal tabanlı bağlayıcılar ile oluşturulan malzeme örneklerinin, suya karşı dayanımlarını ve tepkilerini gözlemlemek için suda ayrışma testi yapılmıştır. Beş farklı bağlayıcı ile oluşturulan her örnek, oda sıcaklığında bulunan 150 mililitre suyun içine bırakılmıştır. Malzemelerin yapısında zamanla meydana gelen değişimler, alınan notlarla ve fotoğraflanarak kaydedilmiştir (Çizelge 4.4).

Yeni oluşturulan malzemelerde kullanılan bağlayıcıların su bazlı olması ve aynı zamanda lületaşının suyu absorbe edebilme özelliği sayesinde, her örneğin belirli süreler altında suda ayrıştığı ve fiziksel çözünmeye uğradığı bilgisine ulaşılmıştır. Ayrıca suda fiziksel çözünmeye uğrayan lületaş malzeme örneklerinin, sudan çıkarılıp kurutulmaya bırakıldığında tekrar kullanılabilir hâle geldikleri gözlemlenmiştir. Malzemelerin suda ayrıştıktan sonra tekrar kullanılabilir hâle gelmesi, malzemenin sürdürülebilirliğini ve döngüsellliğini etkileyen bir faktördür. Suda ayrışma ve tekrar kullanılabilme aynı zamanda malzemelere ürün tasarımı sürecinde uygulanabilecek üretim tekniği yöntemlerini ve olası ürün kategorilerini doğrudan etkileyen bir özelliktir.

Suda ayrışma denemeleri yapılan malzeme örnekleri 30 gün önce oluşturulmuş örneklerdir. Malzemenin oluşturulduktan sonra geçen süre, her malzemenin suda çözünme hızını etkilemektedir. Malzemenin bekletilme süresi arttıkça, suda ayrışma hızı düşmekte, süresi ise artmaktadır. Yapılan denemeler ile suda ayrışma süresi yaklaşık 360 dakika ile en yüksek olan malzemelerin, ksantan gam ve guar gam kullanılarak oluşturulmuş malzeme örnekleri olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Suya dayanımı en az olan arabik gam ile yapılan örneğin ise 30 saniye içinde ayrışmaya uğradığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.4. Lületaşı fireleri ile oluşturulan malzeme örneklerine uygulanan suya dayanım testi

no	Malzeme	Denemeler		Gözlemler
1.	Lületaşı + Ksantan Gam			Malzeme belirli bir sürede su içerisinde fiziksel ayrışmaya uğramaktadır. Suda ayrışmaya başlama süresi $\cong$ 180 dk Suda tam ayrışma süresi $\cong$ 360 dk
2.	Lületaşı + Sodyum Aljinat			Malzeme belirli bir sürede su içerisinde fiziksel ayrışmaya uğramaktadır. Suda ayrışmaya başlama süresi $\cong$ 180 dk Suda tam ayrışma süresi $\cong$ 300 dk
3.	Lületaşı + Gam Arabik			Malzeme belirli bir sürede su içerisinde fiziksel ayrışmaya uğramaktadır. Suda ayrışmaya başlama süresi $\cong$ 10 sn Suda tam ayrışma süresi $\cong$ 30 sn
4.	Lületaşı + Karboksimetil Selüloz			Malzeme belirli bir sürede su içerisinde fiziksel ayrışmaya uğramaktadır. Suda ayrışmaya başlama süresi $\cong$ 180 dk Suda tam ayrışma süresi $\cong$ 300 dk
5.	Lületaşı + Guar Gam			Malzeme belirli bir sürede su içerisinde fiziksel ayrışmaya uğramaktadır. Suda ayrışmaya başlama süresi $\cong$ 180 dk Suda tam ayrışma süresi $\cong$ 360 dk

4.5.2. Üretim tekniği denemeleri

Doğal malzemelerden elde edilen kompozitler için kullanılan birçok üretim tekniği bulunmaktadır. Tezin ikinci bölümünde detaylıca değinildiği üzere kalıp ile üretim ve eklemeli üretim yöntemleri, sıklıkla kullanılan üretim tekniklerinden bazılarıdır. Doğal atıklardan tasarım yöneliminde, tasarımcı genellikle oluşturduğu yeni malzeme örneğine en uygun üretim tekniğine karar vermektedir. Her malzeme farklı yapısal özelliklere sahip olduğu için doğru üretim tekniğini bulmak için farklı denemeler yapılmaktadır.

Bu doğrultuda, lületaşı fireleri ile oluşturulan malzemelerin ürün tasarımında kullanılabilmesi için farklı üretim tekniklerine uygunluğu araştırılmıştır. Deneysel öğrenme yoluyla yapılan malzeme testlerinden (yakma testi, kırılgenlik/dayanım testi ve suda ayrışma testi) sonra, üretim için ideal malzeme örneklerine (bağlayıcı seçimine) karar verilmiştir. Ksantan gam ile oluşturulan malzeme örneği, ısıya, darbeye ve suya gibi uyaranlara karşı verdiği tepkiler ile üretim tekniği denemelerinde kullanılacak ilk malzeme olarak seçilmiştir. Ksantan gam ile oluşturulan örneklerin iyi sonuç vermediği denemelerde ise özellikle darbe dayanımı diğer malzemelere göre daha yüksek olan sodyum aljinat ile oluşturulan lületaşı malzeme örnekleri kullanılmıştır.

Kalıp ile üretim

Kalıp ile üretim, birçok sektörde farklı malzemeler kullanılarak uygulanabilen bir üretim tekniğidir. Farklı kalıp çeşitleri bulunmakla birlikte yapılan denemelerde, lületaşı fireleri ile oluşturulan malzemelerin yapısına uygunluğu da göz önünde bulundurularak, silikon kalıp, alçı kalıp ve farklı malzemelerden yapılmış ürünler (plastik, metal, cam, porselen) kalıp olarak şekillendirme amacıyla kullanılmıştır. Farklı kalıplarla denemeler yapılmasında amaç, oluşturulan yeni malzemelerin hangi kalıp ile üretime daha uygun olduğu bilgisine ulaşmaktır. Yapılan denemeler ve malzemelerde zamanla meydana gelen yapısal değişimler fotoğraflanarak belgelenmiş ve not alınarak kaydedilmiştir.

Silikon kalıp ile yapılan denemelerde, hazır bulunan sukulent saksı kalıbı kullanılmıştır (Resim 4.2.a). İlk olarak lületaşı tozu + ksantan gam ve su çözeltisi ile yapılan karışım kalıba dökülmüş ve kurumaya bırakılmıştır. Malzeme yaklaşık dört günün sonunda kurumuş, fakat kalıbın içinde kırılmış ve deforme olarak kalıptan çıkmıştır (Resim 4.2.b).

Ksantan gamın bağlayıcı olarak kullanıldığı malzeme örneğinin başarısız olması sonucunda, sodyum aljinat ile oluşturulan malzeme kullanılmıştır. Yapılan bu ikinci denemede de malzeme yaklaşık beş günün sonunda kuruyup kalıbın içinde kırılmış ve deforme olarak kalıptan çıkmıştır (Resim 4.2.c). Silikon kalıp ile yapılan denemelerin başarısız olmasına, malzemelerin kuruma sürecinde hacim kaybederek kalıpta deformasyona uğraması ve kalıba yapışması neden olmuştur. Ayrıca kullanılan kalıbın boyutlarının küçük olması da, malzemenin başarılı bir şekilde kalıptan çıkamamasında etkili olmuştur.



(a) (b) (c)
Resim 4.2. Denemelerde kullanılan silikon kalıp (a), Lületaş tozu ve ksantan gam çözeltisi ile yapılan deneme (b), Lületaş tozu ve sodyum aljinat çözeltisi ile yapılan deneme (c)

Lületaş fireleriyle oluşturulan malzemelerin, seramik kiline benzer yapısı sebebiyle ikinci olarak alçı kalıp (seramik döküm kalıbı) ile üretim denemeleri yapılmıştır. Bu denemelerde kullanılan malzemeler, su ve bağlayıcı oranları arttırılarak, seramik üretiminde olduğu gibi akışkan hâle getirilmiştir. İlk olarak ksantan gam ile oluşturulan malzeme örneğinin alçı kalıpla üretim denemesi yapılmış ancak başarılı sonuç alınamamıştır. Daha sonra sodyum aljinat ile oluşturulan lületaş malzeme örneği denenmiş ve ürün yaklaşık iki gün sonra başarılı bir şekilde kalıptan çıkmıştır (Resim 4.3).



Resim 4.3. Lületaşı tozu ve sodyum aljinat çözeltisi ile alçı kalıp üretim denemesi

Silikon ve alçı kalıp ile yapılan üretim denemelerinin ardından, malzemeye şekil verme amacıyla farklı malzemelerden imal çeşitli nesneler kalıp olarak kullanılarak denemeler yapılmıştır. Bu denemelerde kullanılan nesnelerin farklı malzemeli olmasına önem verilmiştir. Bu ayrımındaki amaç, oluşturulan yeni lületaşı malzeme örneklerinin, farklı malzemelere verdiği tepkiyi gözlemlemektir. Plastik malzemenin, yeni oluşturulan malzemelerin şekillendirilmesinde uygunluğu, yapılan ilk denemelerde görülebilmektedir (Bkz. Çizelge 4.1). Plastiğe alternatif olarak, metalden, porselenden ve camdan yapılmış nesneler, üretim denemelerinde malzemeyi şekillendirme amacıyla kalıp olarak kullanılmıştır. İki farklı bağlayıcı ile oluşturulan malzemeler için ayrı ayrı denemeler yapılmış ve kullanılan tüm kalıplarda başarılı sonuca ulaşılmıştır (Resim 4.4). Uygulanan tüm kalıp ile üretim denemeleri, her aşama ve malzeme bilgilerinin yer aldığı Çizelge 4.5'te, üretim tekniği denemeleri bölümünün sonunda verilmiştir.



Resim 4.4. Sırasıyla plastik, metal ve porselen nesnelerin şekillendirme amacıyla kullanıldığı kalıp üretimi denemeleri

3 boyutlu yazıcı ile üretim / Eklemeli üretim

Eklemeli üretim yöntemleri, günümüzde farklı sektörlerde kullanımı yaygınlaşmış üretim tekniklerindendir. Eklemeli üretimde yaygın kullanılan malzemeler genellikle plastik ve türevleri olsa dâhi birçok malzeme (metal, cam, seramik vb), 3 boyutlu yazıcılar ile üretimi gerçekleştirilebilecek hâle getirilmiştir. Tezin ikinci kısmında değinildiği üzere eklemeli üretim yöntemleri, doğal atıklar ile oluşturulan kompozitler ile üretimde de tasarımcılar tarafından tercih edilmeye başlanmıştır (Bkz. Resim 2.12).

Sektörde farklı tekniklerle çalışan birçok 3 boyutlu yazıcı bulunmaktadır. Çalışma kapsamında yapılan üretim denemelerinde kullanılacak yazıcıya, lületaşı fireleri ile oluşturulan yeni malzemelerin yapısı göz önünde bulundurularak karar verilmiştir. Lületaşının doğal bir kil minerali olması ve oluşturulan yeni malzemelerin de yapısının seramik kil hamuru ile benzer özellikler göstermesi nedeniyle, üretim denemelerinde genellikle seramik üretimi yapılan yazıcılar tercih edilmiştir. Çalışmada malzemenin özelliklerine uygun olan, ekstrüzyon bazlı çalışan Delta tipi LDM (Liquid Deposition Modeling - Sıvı Püskürtme ile Modelleme) yazıcı kullanılmıştır. Ayrıca, lületaşı fireleri ile oluşturulan malzemelerin su bazlı olmaları sayesinde kolayca temizlenebilir yapıda bulunmaları ve hemen kuruma özelliği göstermedikleri için LDM teknolojisi ile çalışan yazıcıların kullanımı uygun görülmüştür. Yapılan denemeler, Eskişehir'de bulunan Tripedia Tasarım Atölyesi'nde gerçekleştirilmiş ve denemeler sırasında edinilen bilgiler ile üretim aşamaları fotoğraflanarak belgelenmiştir.

İlk olarak ksantan gamin bağlayıcı olarak kullanıldığı malzeme örneklerinin, 3 boyutlu yazıcı ile üretim denemeleri yapılmıştır. Malzemenin homojen yapıda olmaması nedeniyle malzeme, yazıcının uyguladığı basınç ile ayrılmaya uğramıştır. Bu yüzden malzeme ile yapılan 3 boyutlu yazıcı ile üretim denemelerinde, başarılı sonuca ulaşılamamıştır. İkinci malzeme denemesinde, sodyum aljinat ile oluşturulan malzeme örneği kullanılmıştır fakat aynı sebeplerden dolayı başarılı sonuca ulaşılamamıştır (Resim 4.5).



Resim 4.5. Eklemeli üretim denemeleri

Lületaşı fireleri ile oluşturulan yeni malzemelerin kuruma süreleri uzun olduğu için aynı malzeme kullanılarak, birden fazla üretim denemesi yapılabilmektedir. Aynı zamanda kullanılan eklemeli üretim teknolojisinde (LDM), malzemeye herhangi bir ısı işlem uygulanmadığı için yazıcı, malzeme yapısında herhangi bir değişime sebep olmamıştır. Bu özelliği sayesinde yazıcı, lületaşı ile yapılan denemelerde malzeme israfına (üretim firesi) neden olmamıştır. 3 boyutlu yazıcı ile yapılan üretim denemeleri, her aşama ve malzeme bilgilerinin yer aldığı Çizelge 4.5'te, üretim tekniği denemeleri bölümünün sonunda verilmiştir.

Diğer şekillendirme yöntemleri

Kalıp ile üretim ve eklemeli üretim denemelerinin ardından, oluşturulan malzemelere şekil verme amacıyla farklı yöntemler uygulanmıştır. Lületaşı fireleri ile oluşturulan malzemelerin yapısı seramik hamuru ile benzer özellikler taşımaktadır. Bu yüzden çalışmada, genellikle seramik ürünlerine şekil verme amacıyla kullanılan bazı üretim teknikleri (seramik baskı aparatı/el presi ile şekillendirme, el ile şekillendirme, sucuk yöntemi ile şekillendirme) uygulanmıştır. Denemelerde, daha çok yapışkanlık özelliği gösterdiği için sodyum aljinat ile hazırlanan malzeme örnekleri kullanılmıştır. Malzemenin yapışkanlığı, ürünlerin dağılmadan bir arada kalabilmesini sağlamaktadır; bu sebeple şekillendirme çalışmalarında yapışkanlık önem taşımaktadır. Uygulanan üretim

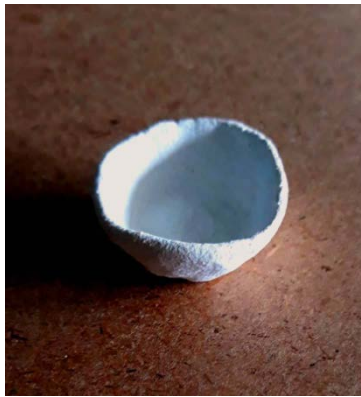
denemelerinde malzemelerde zamanla meydana gelen değişimler fotoğraf ve notlarla kaydedilmiştir.

İlk olarak baskı aparatı (şırınga) kullanılarak malzemeye form verme işlemi yapılmıştır. Bu yöntem ile malzeme başarılı bir şekilde şekillendirilmiş, kurduğunda sağlamlığını yitirmediği ve şekil değişimine uğramadığı gözlemlenmiştir. (Resim 4.6.a). İkinci denemede ise malzemeye el ile şekillendirilerek form verilmiştir. Oluşturulan ürünün kalınlığına göre belirli bir süre sonra formda deformasyonlar meydana geldiği gözlemlenmiştir. Yapılan denemeler ile şekillendirilen ürünün kalınlığının arttırıldıkça, şekilsel deformasyonlarda azalma olduğu sonucuna ulaşılmıştır (4.6.b). Son olarak seramik ürünlerin üretiminde kullanılan sucuk yöntemi ile şekillendirme çalışmaları yapılmıştır. Deneme aşamalarında malzemede kopmalar meydana gelmiş, fakat kullanılan bağlayıcı çözeltisi oranı arttırıldıkça bu kopmalar engellenmiştir (4.6.c).

Yapılan denemeler sonucunda, lületaşı fireleri ve sodyum aljinat + su çözeltisi ile oluşturulan malzemelerin, baskı aparatı ve seramikte sucuk tekniği kullanılarak ve aynı zamanda el ile şekillendirilebilir olduğu bilgisine ulaşılmıştır. Denemelerde kullanılan malzeme içeriği bilgilerine, gözlemler sonucunda elde edilen verilere ve malzemelerde zamanla meydana gelen değişimlere, Çizelge 4.5'te, üretim tekniği denemeleri bölümünün sonunda verilmiştir.



(a)



(b)



(c)

Resim 4.6. Baskı aparatı ile şekillendirme yöntemi (a), El ile şekillendirme yöntemi (b)
Seramik sucuk tekniği ile şekillendirme yöntemi (c)

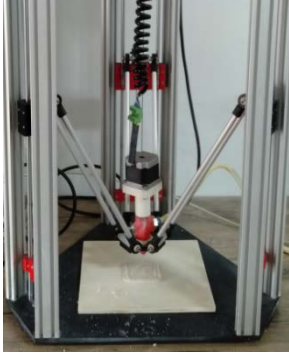
Çizelge 4.5. Lületaşı fireleri ile oluşturulan malzeme örnekleri ile yapılan üretim tekniği denemeleri

no	Kullanılan Malzeme Örneği	Üretim Tekniği Denemeleri (Aşamalar)	Üretimi Tekniği Denemeleri (Sonuç)	Gözlemler
1.	Silikon Kalıp / Lületaşı + Ksantan Gam			Malzeme kalıbın içinde kırılmaya uğramış ve kalıbın tam şeklini alamamıştır. Kalıptan çıkma süresi $\cong$ 4 gün
2.	Silikon Kalıp / Lületaşı + Sodyum Aljinat (sıvı hâlde)			Malzeme kuruyunca boyutunda büyük oranda küçülme olduğu için kalıbın şeklini tam olarak alamamıştır. Kalıptan çıkma süresi $\cong$ 5 gün
3.	Alçı Kalıp (Seramik döküm kalıbı) / Lületaşı + Ksantan Gam (sıvı hâlde)			Malzeme kalıptan çıkamamıştır.
4.	Alçı Kalıp (Seramik döküm kalıbı) / Lületaşı + Sodyum Aljinat (sıvı hâlde)			Malzeme kalıbın şeklini alarak başarılı bir şekilde kalıptan çıkmıştır. Kalıptan çıkma süresi $\cong$ 2 gün

Çizelge 4.5. (devam) Lületaşı fireleri ile oluşturulan malzeme örnekleri ile yapılan üretim tekniği denemeleri

5.	Şekillendirme amacıyla kalıp olarak porselen bir kase kullanıldı / Lületaşı + Ksantan Gam			Malzeme kalıbın şeklini alarak, kalıptan çıkmıştır. Kalıptan çıkma süresi $\cong$ 3 gün
6.	Şekillendirme amacıyla kalıp olarak cam bir kase kullanıldı / Lületaşı + Sodyum Aljinat			Malzeme kalıbın şeklini alarak, kalıptan çıkmıştır. Kalıptan çıkma süresi $\cong$ 3 gün
7.	Şekillendirme amacıyla kalıp olarak metal kap kullanıldı / Lületaşı + Ksantan Gam			Malzeme kalıbın şeklini alarak, kalıptan çıkmıştır. Kalıptan çıkma süresi $\cong$ 3 gün
8.	3 boyutlu yazıcı ile üretim denemesi / Lületaşı + Ksantan Gam			Malzemenin, 3 boyutlu yazıcı ile üretim tekniği denemelerinde, başarılı sonuca ulaşılammıştır.

Çizelge 4.5. (devam) Lületaşı fireleri ile oluşturulan malzeme örnekleri ile yapılan üretim tekniği denemeleri

9.	3 boyutlu yazıcı ile üretim denemesi / Lületaşı + Sodyum Aljinat			Malzemenin, 3 boyutlu yazıcı ile üretim tekniği denemelerinde, başarılı sonuca ulaşılammıştır.
10.	Baskı aparatı (şırınga) ile şekillendirme / Lületaşı + Sodyum Aljinat			Malzeme başarılı bir şekilde şekillendirilmiştir. Kuruma süresi $\cong$ 3 gün
11.	El ile şekillendirme/ Lületaşı + Sodyum Aljinat			Malzeme başarılı bir şekilde şekillendirilmiştir. Kuruma süresi $\cong$ 3 gün
12.	Seramikte sucuk tekniği şekillendirme / Lületaşı + Sodyum Aljinat			Malzeme başarılı bir şekilde şekillendirilmiştir. Kuruma süresi $\cong$ 3 gün

4.5.3. Renk ve doku çalışmaları

Ürün tasarımında renk ve doku, ürün ile kullanıcı arasında kurulan fiziksel ve duyuşsal etkileşimde rol oynayan önemli tasarım parametrelerindendir. Bir üründe kullanılacak malzemenin seçiminde malzemenin yapısal özellikleri ve üretim tekniklerine uygunluğu olduğu kadar, rengi ve dokunsal özellikleri de etkilidir. Renk ve doku, bir üründe öne çıkan estetik özelliklerden olabileceği gibi, işlevsel amaçlara yönelik tasarlanmış özellikler de

olabilmektedir.

Lületaşı, beyaz renge sahip doğal bir kil mineralidir. Su ile etkileştiğinde rengi koyulaşarak sarımsı bej rengine dönüşmekte, kurumaya bırakıldığında tekrar eski beyaz rengini almaktadır. Lületaşından yapılan ürünlerde genellikle doğal beyaz rengi tercih edilmektedir. Bunun yanında ustalar lületaşını renklendirmek için farklı yöntemler kullanmaktadırlar. Kullanılan bu yöntemler tezin üçüncü bölümünde, yapılan alan araştırması bulguları dâhilinde anlatılmıştır. Çalışma dâhilinde lületaşı fireleri ile oluşturulan yeni malzeme örnekleri de ham lületaşı gibi doğal beyaz renktedir. (Bkz. Çizelge 4.1).

Yapılan üretim tekniği denemelerinden sonra, oluşturulan lületaşı örneklerine uygulanabilecek olası renklendirme tekniklerini ve doku çalışmalarını tespit etmek amacıyla denemeler yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalar not ve fotoğraflarla kayıt altına alınmıştır. İlk olarak malzemeye boyama tekniğiyle renklendirme çalışması yapılmıştır. Denemelerde su bazlı boya kullanılmıştır. Lületaşı fireleri ile oluşturulan malzemeler boyama tekniği ile başarılı bir şekilde renklendirilmiş ve boya kuruduktan sonra rengin tonunda veya parlaklığında herhangi bir değişim meydana gelmemiştir (Resim 4.7). Lületaşı ustaları, ürünleri yakma tekniği uygulayarak da renklendirmektedirler. Lületaşı fireleri ile oluşturulan malzemelere yapılan yakma testinin sonuçlarından da görülebileceği üzere (Bkz. Çizelge 4.2), yeni oluşturulan malzemeler de yakma tekniği ile renklendirilebilme özelliği göstermektedirler. Bu denemelerden elde edilen bulgulara, “Malzeme Deneyimleri” başlığı altında yer verilmiştir.



Resim 4.7. Malzeme örneklerinin boya kullanılarak renklendirilmesi

Boyama ve yakma tekniklerinin ardından, malzeme bileşenlerine farklı doğal renklendiriciler eklenerek denemeler yapılmıştır. İlk olarak, malzeme oluşturma aşamasında kullanılan suyun içerisine pancar dilimleri eklenerek, suya doğal rengini vermesi için bekletilmiştir. Denemede pancar sebzesinin tercih edilme sebebi, bu sebzenin kısa sürede suya rengini verebilme özelliğinden kaynaklanmaktadır. Su (100 mililitre) istenen rengi aldıktan sonra içine toz hâlinde bulunan ksantan gam (4 gram) eklenmiş ve bağlayıcı çözeltisi hazırlanmıştır. Hazırlanan bu bağlayıcı ile lületaşı firelerinden elde edilen toz karıştırılmış ve karışım plastik bir kaba alınarak kurumaya bırakılmıştır. Plastik kapta açık havada kurumaya bırakılan malzeme örneği, yaklaşık olarak iki günün sonunda kuruyarak katı hâle gelmiştir. Denemeler sonucunda, malzemenin ilk oluşturulduğundaki hâli ile kuruduktan sonraki hâli arasında renk tonu açısından farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir. Malzeme ilk oluşturulduğunda canlı ve koyu bir renge sahipken (Resim 4.8.a), kuruduktan sonra daha soluk ve açık tonlarda bir renge sahip olmuştur (Resi4.8.b).



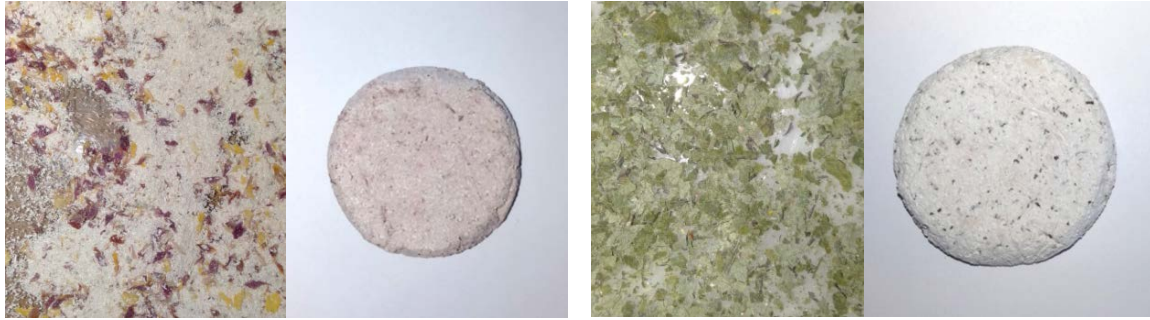
(a)

(b)

Resim 4.8. Malzeme renklendirme aşaması (a), Malzeme kuruduktan sonra (b)

Yeni lületaşı malzeme örneklerini renklendirme amacıyla uygulanan bir diğer yöntem ise üretim fireleri ile farklı doğal atıkların karıştırılmasıyla malzeme örnekleri oluşturulmasıdır. Bu yöntem ile yeni oluşturulan malzemelerde farklı renk ve dokuların elde edilmesi amaçlanmıştır. İki farklı bitkisel atık ile denemeler yapılmıştır: Kalanşo çiçeğinin atıkları (Resim 4.9.a) ve ağaç yaprağı atıkları (Resim 4.9.b). Malzeme örnekleri oluşturulurken ilk olarak, lületaşı üretim firelerinden elde edilen tozlar ile kurumuş bitkisel atıklardan elde edilen parçacıklar karıştırılmıştır. Daha sonra elde edilen bu karışım ksantan gam ile hazırlanmış bağlayıcı çözeltiyle karıştırılmış ve plastik bir kaba alınarak kurumaya bırakılmıştır. Malzeme örnekleri kuruduktan sonra, bitkisel atıkların boyutların yüksek oranda küçülme meydana gelmiştir. Denemeler sonunda bitkisel atıkların, lületaşı

fireleri ile karıştırıldığı örneklere, farklı renk ve dokular kazandırdığı gözlemlenmiştir.



(a)

(b)

Resim 4.9. Kalanşo çiçeğinin atıkları ile oluşturulan malzeme örneği (a), Ağaç yaprağı atıkları ile oluşturulan malzeme örneği (b)

Renklendirme denemelerinden sonra, lületaş fireleri ile oluşturulan yeni malzeme örneklerine doku çalışmaları uygulanmıştır. Doku çalışmalarında, farklı nesneler kullanılarak malzeme yüzeyinde farklı dokular oluşturulmuştur. Denemelerde, yapışkanlığı diğer bağlayıcılara göre daha az olan ksantan gam ile oluşturulmuş malzeme örnekleri kullanılmıştır. Az yapışkanlıkta malzeme örneğinin tercih edilme sebebi, kullanılan baskı nesnesinin, malzemede deformasyona neden olmadan kolayca kaldırılabilmesidir. İlk olarak lületaş tozları ve bağlayıcı çözeltisi ile malzeme karışımları oluşturularak, plastik bir kaba dökülmüştür. Hemen ardından doku amaçlı kullanılan nesneler, malzeme yüzeylerinde desen/doku oluşturacak kadar baskı ile uygulanmış ve sonra yüzeyden kaldırılmıştır. Baskı tekniği ile oluşturulan bu doku ve desenler, malzemeler kuruduktan sonra da belirginliğini kaybetmemiş ve bu teknik başarılı bir sonuç vermiştir (Resim 4.10).



Resim 4.10. Lületaş fireleri ile oluşturulan malzeme örneklerine yapılan doku çalışmaları

Lületaş üretim fireleriyle oluşturulan malzemelere uygulanan renk ve doku çalışmalarıyla, farklı özelliklere sahip (renk ve doku) malzemeler elde edilmiştir. Renklendirme çalışmaları, temelde iki farklı yaklaşım ile gerçekleştirilmiştir. İlk yaklaşımda önceden oluşturulan malzemeler üzerine boyama ve yakma teknikleriyle farklı renkler kazandırılmıştır. İkinci yaklaşımda ise malzeme oluşturma aşamasında (malzeme karışımlarına farklı doğal malzemeler eklenerek) renklendirme teknikleri uygulanmıştır. Her iki teknikte de başarılı sonuçlara ulaşılmıştır. Doku çalışmaları ise, oluşturulan malzemelerin seramik kil hamuruna benzer özellikler taşıması nedeniyle, baskı tekniğiyle yapılmıştır ve denemeler başarılı sonuç vermiştir.

4.6. Potansiyel Ürün Uygulama Alanlarının Belirlenmesi

Atık malzemeler ile tasarımda, kullanılacak atık malzeme özellikleri hakkında bilgi edinilmesi için yapılan araştırmalar, sürecin ilk adımını oluşturur. Yapılan araştırmalar sonrasında, atık malzeme işlevsel bir hâle getirilmek üzere, farklı bağlayıcılar kullanılarak yeni malzeme kompozitlerine dönüştürülür. Oluşan malzemelerin özelliklerinin belirlenmesi için bir takım testler uygulanır ve bu testler doğrultusunda üretimde kullanılabilecek teknikler araştırılır. Son olarak tüm bu aşamalardan elde edilen veriler değerlendirilerek, oluşan malzemenin potansiyel ürün uygulamaları belirlenir (Karana ve diğerleri, 2015; Pizarro, 2016; Bak-Andersen, 2018; Kottaridou ve Bofylatos, 2019). Tezin ikinci bölümünde açıklandığı üzere, ürün tasarımındaki bu yeni malzeme odaklı tasarım yöntemlerinin temelinde, tasarımcının malzemeye doğrudan müdahale edebilmesi ve malzemeyi bire bir deneyimleyerek, malzeme-tasarım-üretim yöntemleri geliştirmesi bulunmaktadır.

Lületaş fireleri değerlendirilmesi üzerine yapılan çalışma da bu aşamalar doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Önceki bölümlerde yer verildiği üzere ilk olarak literatür taramaları ve saha çalışması ile lületaş ve lületaş işlemeciliği hakkında bilgilere ulaşılmıştır. Edinilen bilgiler doğrultusunda lületaş fireleri ile yeni malzeme kompozitleri oluşturulmuştur. Daha sonra yeni oluşan malzemelerin özelliklerinin anlaşılması ve malzemelerin farklı uyaranlara karşı verdiği tepkileri değerlendirmek için malzemeler bir takım testlere tâbi tutulmuştur. Yapılan bu testler sonucunda, üretimde kullanımının uygunluğuna karar verilen malzeme örnekleri ile farklı üretim tekniği uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, ürün tasarımında duyuşal olduğı kadar işlevsellik açısından da önem taşıyan renk

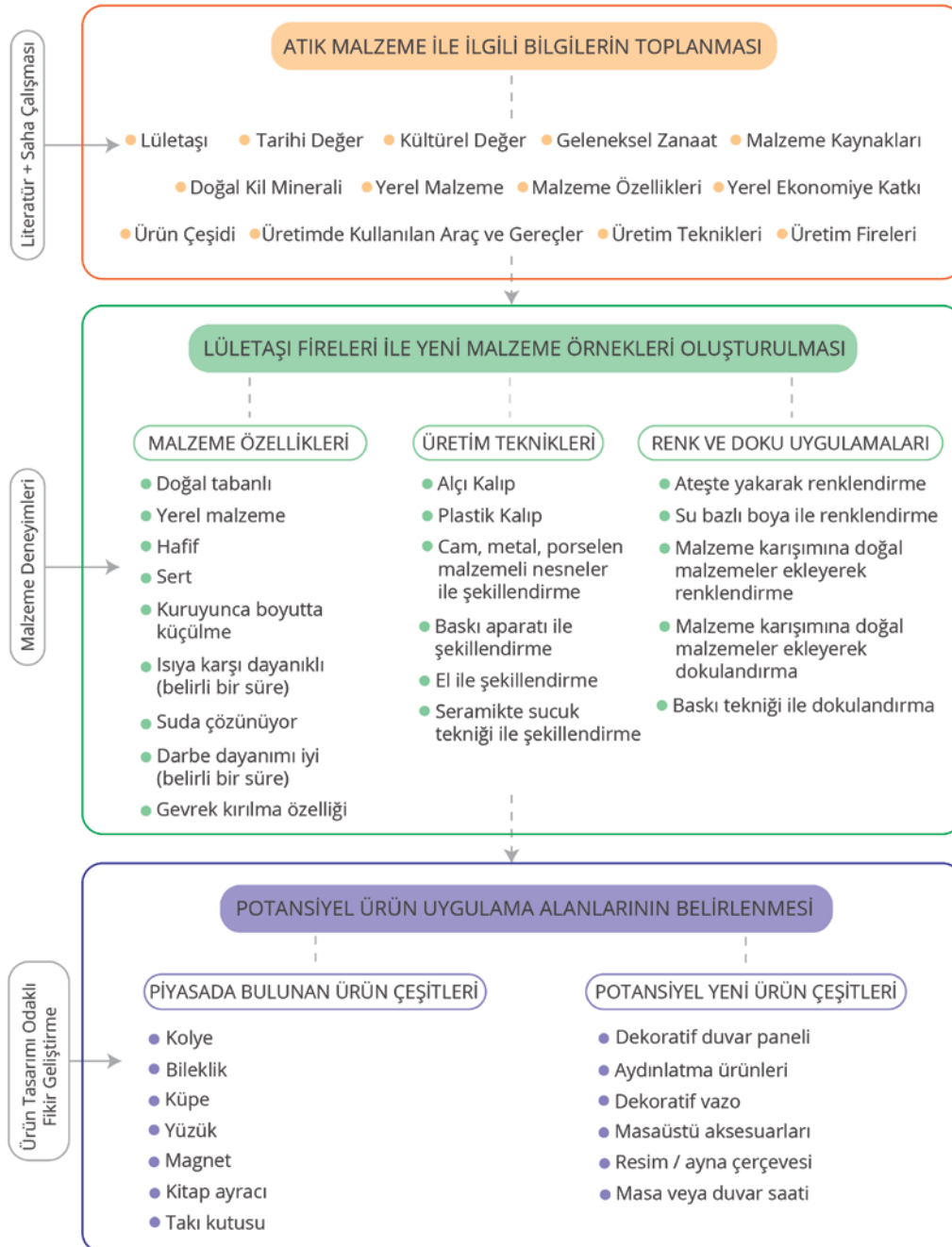
ve doku gibi tasarım elementlerinin, yeni oluşan malzemelere farklı tekniklerle uygulama alanları, yapılan denemeler ile araştırılmıştır. Tüm bu aşamalardan edinilen bilgiler doğrultusunda, lületaşı fireleri ile oluşturulan yeni malzeme örneklerinin olası ürün uygulama alanları belirlenmiştir (Şekil 4.1).

Ürün uygulama alanlarının belirlenmesi, atığın değerlendirilerek katma değerli bir tasarım nesnesine dönüşmesi açısından önem taşımaktadır. Yeni lületaşı malzeme örneklerinin olası ürün uygulama alanları belirlenirken, malzeme deneyimlerinden elde edilen bilgiler değerlendirilmiştir. Malzeme kompozitlerinde kuruduktan sonra zamanla (tam kuruma süresine ulaşmaya kadar) boyutta meydana gelen küçülme oranı, üretim aşamasını etkileyecek önemli faktörlerden biridir. Aynı şekilde, yeni malzemelerin ısı, sıcaklık, su, hava, darbe gibi uyaranlara karşı verdiği tepkiler de hem üretim aşamasını hem de ürün uygulama alanlarını belirlemede önem taşımaktadır.

Malzeme deneyimleri yoluyla yapılan testler sonucunda yeni lületaşı malzeme örneklerinin, ısıya karşı belirli süre dayanım gösterdiği ve ısı ile yapıda herhangi bir esneme oluşmadığına rastlanmıştır. Malzemeler, ısıyla renk değişimine uğramakta, belirli bir süre sonra yanarak külleşme özelliği göstermektedir. Doğal tabanlı bağlayıcılar ile oluşturulan bu malzemeler, su ile etkileştiğinde ise çözünmeye uğramaktadır. Bu özellik, üretim aşamalarında oluşacak bir hata anında, malzemenin su ile hamur kıvamına getirilerek tekrar kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Böylelikle malzeme israfı ve atık oluşumunun önüne geçilmektedir. Malzemelerin dayanıklılık ve kırılma özellikleri de, yapılan testler ile deneyimlenmiş ve yeni lületaşı örneklerinin belirli bir kuvvet altında gevrek kırılmaya uğradığı bilgisine ulaşılmıştır.

Malzeme gözlemleri ve yapılan testler doğrultusunda, üretimde kullanılmak üzere en iyi sonucu veren malzeme örneklerinin ksantan gam ve sodyum alljinat ile oluşturulmuş lületaşı kompozitleri olduğu sonucuna ulaşılmış ve bu malzemeler ile farklı üretim tekniği uygulamaları yapılmıştır. İlk olarak doğal atık tabanlı malzemeler ile tasarımda tercih edilen kalıp ile üretim teknikleri denenmiştir. Plastik ve alçı kalıpla üretim denemelerinde başarılı sonuca ulaşılmıştır. Ayrıca farklı malzemeli ürünler de (cam, metal, porselen) kalıp olarak şekillendirme amacıyla üretimde kullanılabilmektedir. Lületaşı fireleri ile oluşturulan kompozitlerin seramik kiline benzer yapısı nedeniyle, genellikle seramik ürünlerin üretiminde kullanılan teknikler uygulanmıştır. Bu tekniklerden baskı aparatı ile

şekillendirme, el ile şekillendirme ve seramikte sucuk tekniği ile başarılı üretim sonuçlarına ulaşılmıştır. Üretim denemelerinden sonra, renk ve doku çalışmaları yapılmış ve yeni geliştirilen bu malzemeler için farklı renklendirme ve doku oluşturma teknikleri belirlenmiştir. Malzemelerde yakma, boyama ve malzeme karışımlarına doğal bazlı renklendiriciler ekleyerek renklendirme yöntemlerinin kullanılabildiği gözlemlenmiştir. Ayrıca malzemelere, bileşenlere farklı doğal tabanlı malzemeler ekleyerek veya baskı yöntemi ile doku oluşturma çalışmaları yapılabildiği bilgisi edinilmiştir.



Şekil 4.1. Araştırma süreci ve çıktıları

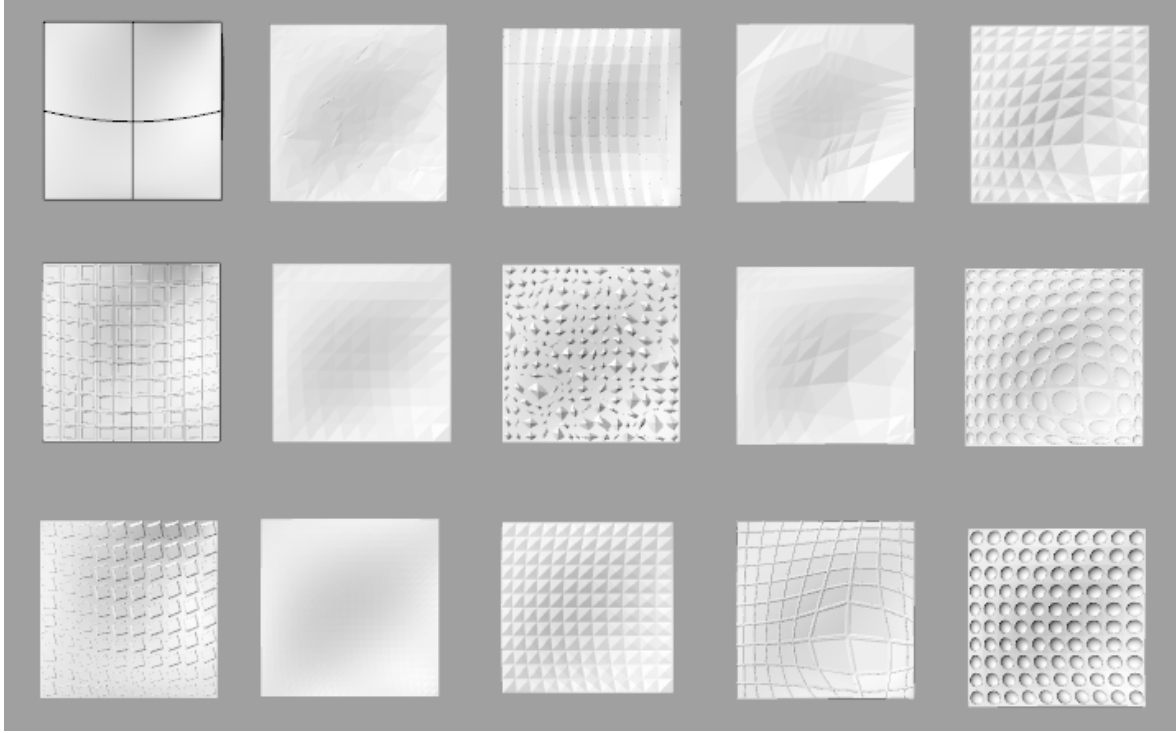
Yapılan tüm bu çalışmalardan edinilen bilgiler değerlendirilerek, lületaşı fireleri ile oluşturulan malzeme örneklerinin potansiyel ürün uygulama alanları belirlenmiştir. Piyasadaki lületaşı ürün çeşitliliğinin sınırlı olmasındaki en büyük etkenlerden biri, ocaktan çıkarılan taşların boyutunun belirli olmasıdır. Fireler ile oluşturulan yeni lületaşı kompozitlerinde, böyle bir sınırlama bulunmadığı için ürün uygulama alanları da genişlemiştir. Oluşturulan malzeme kompozitlerinin potansiyel kullanım alanları iki ayrı kategoride sınıflandırılmıştır (Şekil 4.1). İlk kategori, günümüzde piyasada bulunan lületaşı ürünlerini de kapsayan kolye, bileklik, küpe, yüzük, magnet gibi genellikle küçük boyutlu turistik ürünlerden oluşmaktadır. İkinci kategori ise lületaşı sektörü için yeni potansiyel ürün uygulamalarını içermektedir. Lületaşı fireleri ile oluşturulan yeni malzeme kompozitlerinin üretim uygulamalarında herhangi bir boyut sınırlaması olmaması, büyük boyutlu ürünlerin de yapımına olanak tanımaktadır. Bu kategorideki ürün çeşitlerinin belirlenmesinde, lületaşı ürünlerinin kullanıcı tarafından farklı özellikleri nedeniyle tercih edilme sebepleri temel alınmıştır. Yapılan saha çalışması sonucunda, müşterilerin lületaşını bulunduğu ortamdaki havayı temizleme, zararlı gazları içine çekme özelliği nedeniyle evlerinde bulundurmaya tercih ettiği bilgisine ulaşılmıştır. Bu doğrultuda, iç mekânlarda kullanılabilecek dekoratif duvar paneli, vazo, farklı parçalar içeren masaüstü seti, çerçeve, saat gibi ürünler, potansiyel yeni ürün çeşitleri olarak belirlenmiştir. Lületaşından oluşturulan malzeme örnekleri, farklı atmosferik şartlardan (hava, su, sıcaklık vb) etkilenmektedir; bu yüzden dış mekânda kullanıma uygun değildir.

Ürün tasarımı konseptleri oluşturulması

Lületaşı fireleriyle oluşturulan malzemelerin kullanılabileceği potansiyel ürün uygulama alanları belirlendikten sonra, sektörde kullanılabilecek yeni ürün tasarımı konseptleri geliştirilmiştir. Ürün tasarımı konseptleri geliştirilirken, oluşturulan yeni malzemelerin farklı sektörlerde kullanımına ve farklı üretim tekniklerine entegre edilebilmesine olanak sağlayan ürün kategorilerine odaklanılmıştır.

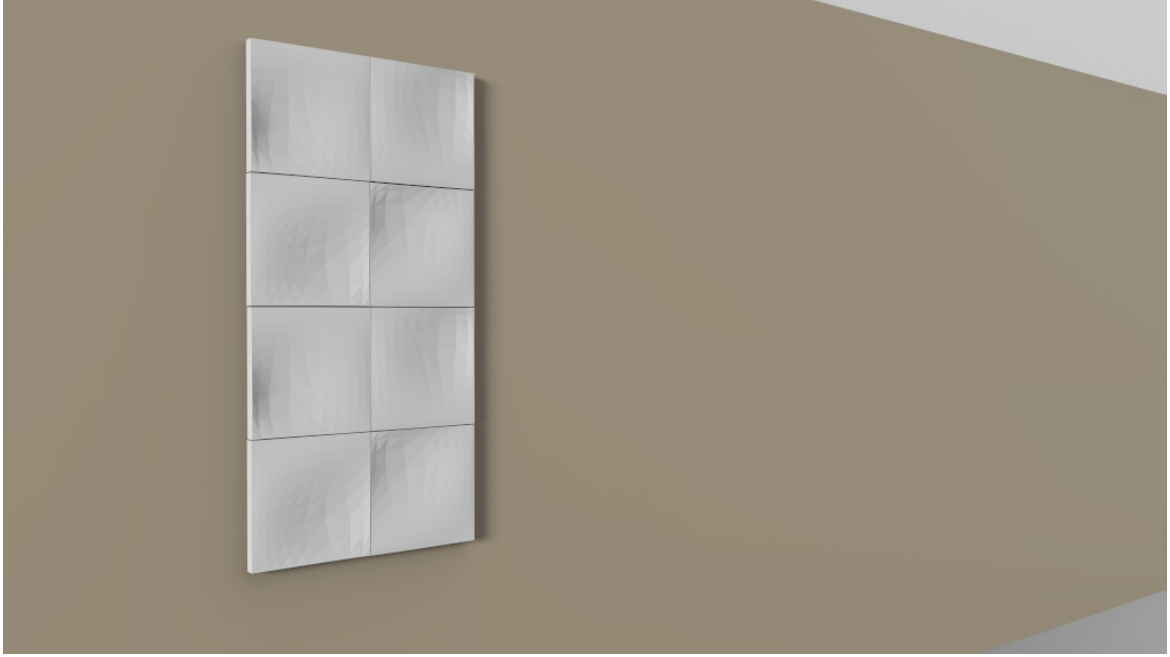
Alan araştırması sonucunda ulaşılan bilgilere göre lületaşı müşteriler tarafından, iç mekânlardaki havayı temizleme ve zehirli gazları içine çekme özelliği nedeniyle de tercih edilmektedir. Bu bilgi doğrultusunda tez çalışması kapsamında, iç mekânlarda kullanılabilecek dekoratif duvar paneli tasarımı konseptleri geliştirilmiştir (Resim 4.11). Fireler ile oluşturulan malzeme kompozitlerinde, ocaktan çıkarılan lületaşlarında olduğu

gibi bir boyut sınırlaması olmaması, büyük boyutlu ürün konseptleri geliştirilmesine olanak tanımıştır.



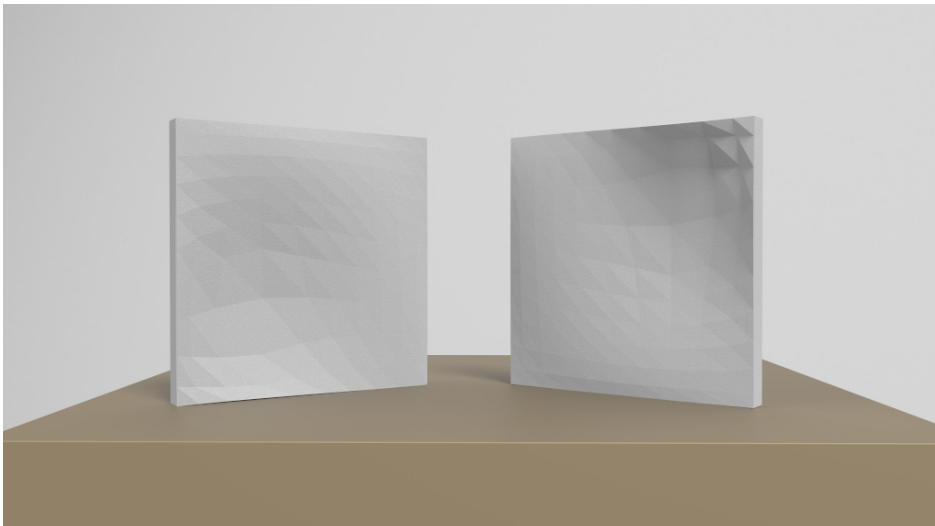
Resim 4.11. Dekoratif duvar paneli tasarımı konseptleri

Duvar paneli tasarımı konseptleri, bilgisayar destekli / parametrik tasarım programı ile modellenmiştir. Her bir modülün boyutu 15x15 cm kalınlığı 1,5 cm olmakla birlikte, modüller 3 boyutlu, farklı geometrik desenli dinamik yüzeylere sahiptir. Bu yüzey ve desenlerin tasarımında, yeni geliştirilen malzemelerin farklı üretim tekniklerine uygunluğu, üretim tekniği denemeleri sonucunda elde edilen yüzey ve doku kalitesi de göz önünde bulundurulmuştur. Aynı zamanda parametrik tasarım yoluyla elde edilen geometrik dokular ile lületaşının el işçiliği üretimine ek olarak, fireler ile geliştirilen malzemelerin yeni tasarım-teknoloji uygulamalarına da entegrasyonunu sağlamak amaçlanmıştır.



Resim 4.12. Panel modüllerinin bir araya getirilmesi ile oluşturulan dekor

Tasarlanan her bir modül, farklı açılarla bir araya getirilerek duvara monte edildiğinde, dinamik bir dekor oluşturmaktadır (Resim 4.12). Lületaşı fireleri ile oluşturulan malzemelerde, kullanılan bağlayıcıların da renksiz ve saydam özellikte olması sayesinde, saf lületaşının doğal beyaz rengi korunmaktadır. Yapılan dekoratif duvar paneli modülünde de bu doğal beyaz renk tercih edilmiş, herhangi bir boya veya renklendirici kullanılmamıştır (Resim 4.13). Geliştirilen duvar paneli tasarımı için plastik kalıp ile üretim tekniği uygun görülmüştür. Kullanılacak plastik kalıp, bilgisayarda modellendikten sonra 3 boyutlu yazıcı ile üretilir.



Resim 4.13. Lületaşı fireleri kullanılarak üretilmiş duvar paneli modülleri

Üretimde, lületaş fîreleri ve ksantan gam ile oluşturulan malzeme kompoziti kullanılması ön görülmektedir. Bunun sebebi, ksantan gam ile oluşturulan malzemelerin, kalıp ile üretimde en iyi sonucu vermesi ve malzemenin kuruma süresinin de diğer karışımlara göre daha kısa olmasıdır. Malzeme deneylerinden elde edilen bilgilere göre, her bir modülün üretilmesi için yaklaşık olarak 500 gram toz hâlinde lületaş fîresi gerekmektedir. Bölgede lületaş fîrelerini toplamak üzere uygulanan herhangi bir sistem olmaması nedeniyle, üretimde kullanılabilecek miktarda lületaş fîresine ulaşılamamış ve bu sebeple tasarım konseptinin üretimi gerçekleştirilememiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tasarım birçok açıdan geleceğin problemlerini öngörme ve bu problemlere yaratıcı düşünme yoluyla çözüm alternatifleri geliştirme işidir. Gelecek için kritik bir noktada bulunan sürdürülebilirlik konusu, tasarım çalışmalarının odağı hâline gelmiş ve bu konuda yapılan çalışmalar giderek artmıştır. Doğal tabanlı atıkların tasarım aracılığıyla değerlendirilmesi de günümüzde tasarımcıların çalışmalar yaptığı ve giderek gelişen bir alandır. Atığın tasarımcı tarafından değerlendirilerek, ürün tasarımlarında kullanılmak üzere, özgün yeni malzeme kompozitlerine dönüştürülmesiyle hem sürdürülebilir malzemeler geliştirilmekte hem de kapalı döngülü üretim sistemleri oluşturulmaktadır.

Bu doğrultuda tez kapsamında, yerel ve doğal bir kil minerali olan lületaş malzemesinin üretim firelerinin değerlendirilmesi konusu üzerine çalışma yapılmıştır.

Araştırmanın ilk aşamasında yapılan saha çalışması ile lületaş malzemesi ve lületaş işlemeciliği ile ilgili bilgiler toplanmıştır. Lületaş atölyelerine, satış mağazalarına ve sergi alanlarına yapılan ziyaretler ve Eskişehir'in Odunpazarı semtinde faaliyetlerine devam eden lületaş ustalarıyla gerçekleştirilen mülakatlar ile tez çalışması için gerekli bilgilere ulaşılmıştır. Edinilen bu bilgiler, malzeme ve üretim aşamalarını anlamak, üretim sırasında kullanılan teknik, araç ve gereçleri öğrenerek, lületaş işleme zanaatının bu alanlardaki güncel durumu hakkında bilgi sahibi olmak açısından önem taşımaktadır. Bu bilgiler, lületaş ustalarının mesleki yönelim ve yaklaşımları kapsamında değerlendirilmiştir. Saha araştırması sonucunda elde edilen bulgular şunlardır:

- Lületaş ustalarının büyük bir çoğunluğu bu işe, ailesinin veya diğer akrabalarının lületaş işlemeciliğiyle uğraşması nedeniyle yönelmiştir. Bunun yanında mesleğe, Eskişehir'de 1989 yılında açılan lületaş okulunda eğitim alarak başlayan ustalar da bulunmaktadır.
- Günümüzde lületaş ustalarının sayısı, yeni çırakların yetişmemesine bağlı olarak giderek azalmakta ve bu zanaat değerini giderek kaybetmektedir. Lületaş sektörünün tekrar eski değerini kazanması için yapılacak çalışmalarda, bugün faaliyetlerine devam eden ustaların mesleki yönelim ve yaklaşımları önem taşımaktadır.
- Mülakat yapılan ustalar arasında, farklı mesleki yönelimler olduğu sonucuna ulaşılmıştır: Geleneksel-İşlevsel, Girişimci-Ticari ve Sanatsal-Yaratıcı yönelim. Bu yönelimlerde, kişinin genel hayat görüşü, yaşam tarzı, mesleki deneyimi, sosyal yaşamı

ve eğitimi etkili olmaktadır.

- Mesleki yönelimler paralelinde, ustaların sahip olduğu farklı mesleki yaklaşımlar değerlendirilmiştir. Ustaların özellikle malzeme-tasarım-üretim kapsamındaki inovasyonlara yaklaşımı, lületaş işleciliğinin geleceği için önem taşımaktadır. Bu doğrultuda geleneksel-işlevsel yönetime sahip ustalar yeniliği reddederek, geleneksel üretim süreçlerinin yeterliliğini savunmaktadırlar. Girişimci-ticari yönetime sahip olanlar ise üretim süreçlerindeki yenilikleri zaman ve para tasarrufu sağlıyorsa kabul edip, uygulamaktadırlar. Sanatsal-yaratıcı yönelimde lületaş ustaları, ürünlerini bir tüketim nesnesinden çok sanatsal bir obje olarak değerlendirmekte ve üretim süreçlerindeki yeniliklere karşı olumsuz bir tutum sergilememektedirler.
- Piyasada sıklıkla üretilen ve satımı yapılan lületaş ürünleri, pipo ve sigara ağızlığı gibi tütün ürünleri ve kolye, küpe, tespih gibi aksesuarlardır. Lületaşından yapılan ürün çeşitlerinin sınırlı olmasının nedeni, lületaşının değerli bir malzeme olması ve kaynaklarının kısıtlı olmasıdır. Aynı zamanda ocaklardan çıkarılan lületaşlarının genellikle küçük boyutlarda bulunması, yapılacak ürün çeşitliliğini sınırlandırmaktadır. Ustalar sahip oldukları ham lületaşının en iyi şekilde değerlendirilmesini göz önünde bulundurarak, tasarlayacakları ürün çeşidine karar vermektedirler.
- Piyasadaki lületaş ürünlerinin incelenmesiyle, ürünlerde iki farklı tasarım yaklaşımı olduğu sonucuna varılmıştır. Bunlardan ilki, bitkisel ve hayvansal motiflerin, insan figürlerinin ve bezemelerin sıklıkla kullanıldığı geleneksel tasarımlardır. Diğerisi ise, bezeme ve motiflerden arındırılmış, zaman zaman geometrik şekillerin de kullanıldığı, yalın forma sahip modern tasarımlardır.
- Üretim sürecinde kullanılan teknikler, yıllar içinde spesifik bir değişime uğramamıştır; bu teknikler el işçiliğine dayanan, kaba alımı, yontma, işleme, tornadan geçirme gibi tekniklerdir. Ürünleri renklendirme amacıyla ustalar tarafından, ebru kağıdına sararak yakma, ateşte yakma, ebru teknesine daldırma gibi farklı teknikler geliştirilmiştir.
- Gezilen lületaş atölyelerinde gözlemlendiği üzere, üretimde kullanılan malzeme, araç ve gereçlerde, ilk zamanlardan bu yana belirgin değişiklikler olmamıştır. İşleme bıçakları, freze ve uçları, torna ve matkap, üretim aşamasında sıklıkla kullanılan araçlardır. Sektörde kullanılan balmumu, parafin gibi yardımcı malzemeler cilalama amacıyla kullanılmaktadır. Ahşap ve metal malzemeler ise genellikle pipo, sigara ağızlığı ve takı ürünlerinde lületaş ile birlikte kullanılmaktadır.
- Saha çalışması dâhilinde yapılan gözlemler ve lületaş ustalarıyla yapılan mülakatlar

lületaşu üretimi sırasında taşın her ürün için değışen oranlarda fire verdiğı ve bu firelerin değerdendirilmeyerek çöpe atıldığı bilgisine ulaşılmıştır.

Alan araştırması sonucunda elde edilen bulgulardan, lületaşu sektörünün günümüzde giderek değeri kaybetmesi ve gençlerin de bu alana ilgi göstermemesi nedeniyle yeni çırakların yetişmediğı bilgisine ulaşılmaktadır. Aynı zamanda ürünlerin yıllardır aynı şekilde üretilmesi, üretimde kullanılan malzeme, araç, gereç ve teknikte bir yenilik olmaması da yeni tasarım ve ürünlerin ortaya çıkmasını engellemektedir. Bu alanda ürün tasarımı odağında yapılacak bir çalışma, sektöre malzeme-tasarım-üretim odağında getirilecek alternatif çözümler için bir strateji oluşturacaktır. Bu doğrultuda alan araştırması bulgularında elde edilen bilgiye göre lületaşu üretim firelerinin değerdendirilmeyerek çöpe atılması, bir problem olarak ele alınmıştır. Lületaşu gibi sınırlı kaynaklara sahip olan değerdli bir malzemenin, firelerinin değerdendirilerek tekrar üretime kazandırılması, sektöre alternatif bir kullanım alanı oluşturarak katkıda bulunacaktır.

Araştırmanın ikinci aşaması, lületaşu firelerinin değerdendirilerek tekrar sektöre kazandırılması amacıyla yapılan malzeme ve üretim tekniğı denemelerini içermektedir.

Denemelerde, malzeme odaklı tasarım süreçlerini de içeren, atık malzemeler ile tasarım yöntemleri temel alınmıştır. İlk olarak lületaşu üretim fireleriyle, farklı bağlayıcı malzemeler seçilerek, yeni malzeme örnekleri oluşturulmuştur. Daha sonra yeni oluşan malzeme özelliklerinin deneyimlenerek kavranması için bir takım testler yapılmıştır. Yapılan testler doğrultusunda, iyi sonuç veren malzeme karışımları ile farklı üretim tekniğı denemeleri uygulanmıştır. Ayrıca, ürün tasarımında önemli parametrelerden olan renk ve doku üzerine çalışmalar yapılmıştır. Son olarak fireler ile oluşturulan yeni malzeme örneklerinin potansiyel ürün uygulama alanları belirlenmiş ve ürün tasarımı konseptleri geliştirilmiştir. Bu aşamalar sonucunda elde edilen bulgular şunlardır:

- Lületaşu fireleri ile doğal tabanlı bağlayıcılar kullanılarak, yeni malzeme örnekleri oluşturulabilmektedir. Tez çalışması kapsamında bağlayıcı olarak kullanılan; ksantan gam, sodyum aljinat, gam arabik, karboksimetil selüloz ve guar gam ile oluşturulan malzeme örneklerinde, başarılı sonuca ulaşılmıştır. Kullanılan bağlayıcı malzemenin oranı ve çeşidi, yeni oluşan malzeme özelliklerini etkilemektedir.
- Malzemenin tasarımcı tarafından deneyimlenerek kavranması, atıklar ile tasarım sürecinde önemli bir aşamadır. Bu amaçla yapılan testler, geliştirilen malzemenin

uygulama alanlarını (ürün çeşidi, üretim tekniği vb) belirlemek açısından gereklidir. Bu doğrultuda lületaşı fireleri ile oluşturulan malzemelere yakma, dayanım ve suda çözünme testleri uygulanmıştır. Yakma testi sonucunda, her malzemenin ilk olarak, uygulanan ısı nedeniyle renk değiştirdiği, belirli bir süre sonra yanarak külleşme özelliği gösterdiği sonucuna varılmıştır. Doğal lületaşının yakılarak renklendirilebilme özelliğine, yeni oluşan malzemelerin de sahip olduğu gözlemlenmiştir. Dayanım/kırılmalık testi sonucunda ise malzemelerin, belirli bir kuvvet altında gevrek kırılmaya uğradığı gözlemlenmiştir. Son olarak su testi ile doğal bazlı bağlayıcıların kullanıldığı malzeme örneklerinin, suda farklı sürelerde çözündüğü, çözündükten sonra kurumaya bırakıldığında tekrar kullanılabilirliği bilgisine ulaşılmıştır. Uygulanan bu testlerde en iyi sonucu veren, farklı üretim teknikleri uygulanabilecek malzeme örnekleri, ksantan gam ve sodyum aljinat ile oluşturulan malzeme örnekleri olarak belirlenmiştir.

- Lületaşı fireleriyle oluşturulan malzemelerle (ksantan gam ve sodyum aljinat kullanılan karışımlar) üretim tekniği denemeleri yapılmıştır. Bu denemeler, yeni oluşturulan malzemelerin işlevselliğini ve farklı üretim sistemlerine entegrasyonunu belirlemek açısından önem taşımaktadır. İlk olarak kalıp ile üretim teknikleri uygulanmıştır. Bu denemelerde silikon, alçı ve plastik kalıp ile metal, cam ve porselenden yapılmış ürünler şekillendirme amacıyla kalıp olarak kullanılmıştır. Silikon kalıp hariç diğer tüm denemelerde, kalıp ile üretim tekniği başarılı sonuç vermiştir. İkinci olarak 3 boyutlu yazıcı ile üretim (eklemeli üretim) tekniği denenmiş, fakat başarılı sonuca ulaşamamıştır. Firelerle oluşturulan malzemelerin yapısının, seramik kiliyle benzer nitelikte hamur kıvamında olması nedeniyle sonraki aşamada, genelde seramik ürünlerin şekillendirilmesinde kullanılan teknikler denenmiştir. Bu teknikler baskı aparatı ile şekillendirme, el ile şekillendirme ve sucuk yöntemi ile şekillendirmedir. Bu şekillendirme yöntemleri ile başarılı sonuca ulaşılmıştır.
- Üretim tekniği denemelerinden sonra malzemeler ile renk ve doku çalışmaları yapılmıştır. Malzemelerin yakılarak renklendirilebilme özelliği bilgisine, önceden yapılan yakma testi sonucunda ulaşılmıştır. İlk olarak su bazlı boya ile renklendirme denemesi yapılmış ve başarılı sonuca ulaşılmıştır. Daha sonra malzeme bileşenlerine doğal tabanlı renklendiriciler (pancar suyu, bitkisel atıklar) eklenerek denemeler yapılmış, farklı renk ve dokulara ulaşılmıştır. Seramik ürünlerinde de kullanılan baskı tekniğiyle yapılan doku çalışmaları da başarılı sonuca ulaşmıştır.
- Alan çalışması ve malzeme - üretim denemelerinden elde edilen bilgiler doğrultusunda

lületaş fireleri ile oluşturulan yeni malzeme örneklerinin potansiyel ürün uygulama alanları belirlenmiştir. Bu alanlardan biri, günümüzde lületaş sektöründe de üretilen ve genellikle turistik ürün niteliği taşıyan kolye, yüzük, küpe, magnet, anahtarlık gibi küçük boyutlu ürünlerden oluşmaktadır. İkinci alan ise lületaş sektörüne kazandırılması hedeflenen, dekoratif duvar paneli, aydınlatma ürünleri, dekoratif vazo gibi yeni potansiyel ürün çeşitlerini içermektedir. Fireler ile oluşturulan malzemeler ile üretimde herhangi bir boyut sınırlandırılması bulunmaması, büyük boyutlu ürünlerin de üretimine olanak sağlamaktadır.

Malzeme ve üretim denemelerinden elde edilen bulgular göstermektedir ki, atıklardan tasarım yöntemi, lületaş firelerinin tekrar sektöre kazandırılmasında kullanılabilecek bir stratejidir. Lületaş fireleri ve doğal bağlayıcılar kullanılarak oluşturulan malzeme örnekleri, malzeme deneyimi testlerinde ve üretim tekniği uygulamaları sonucunda başarılı sonuçlara ulaşmış ve bu yeni malzeme örneklerinin, sektörde tekrar kullanılabilecek yapıda olduğu gözlemlenmiştir.

Firelerle oluşturulan malzemelerin farklı üretim tekniklerine (kalıp ile üretim, eklemeli üretim, ve diğer şekillendirme yöntemleri) uygunluğu, lületaş sektöründe kullanılan geleneksel üretim yöntemlerine alternatif oluşturmaktadır. Farklı üretim tekniği uygulamaları, lületaş sektöründe farklı tasarımların yapılmasına da olanak sağlayacaktır. Bu uygulamalar aynı zamanda, lületaş üretiminin günümüz şartlarına entegrasyonu ve lületaş işleme zanaatının sürdürülebilmesi açısından da önem taşımaktadır. Yapılan üretim tekniği denemeleri sonucunda, lületaş firelerinin değerlendirilmesi amacıyla oluşturulacak yeni sektörde, kalıp ile üretim (plastik, alçı kalıp ve diğerleri) ve el ile şekillendirme yöntemlerinin (seramik sektöründe kullanılan teknikler) üretimde kullanılabilecek yöntemler olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Eklemeli üretim denemelerinde ise başarılı sonuca ulaşamamıştır. Kalıp ile üretim, günümüzde lületaş ürünlerinin tasarım ve üretim aşamalarında kullanılmayan teknolojilerin (bilgisayar destekli tasarım, kalıp tasarımı vb) sektöre kazandırılmasını sağlamıştır. El ile şekillendirme yöntemleri ise lületaş işlemeciliğinde olduğu gibi el işçiliğine / emeğine dayanmakta ve bu yönüyle lületaş sektörüne farklı bir zanaat tekniği kazandırmaktadır.

Fireler ile oluşturulan malzeme örneklerinde dikkat edilen bir diğer özellik ise, lületaşın doğal yapısının olabildiğince korunmasıdır. Bu yüzden bağlayıcı malzeme seçimi

yapılırken bağlayıcının, doğal bazlı, renksiz, lületaşının yapısında mümkün olduğunca az değişim yapacak türde olması göz önünde bulundurulmuştur. Sonuçta seçilen bağlayıcılar ile oluşturulan çözeltilerin su bazlı olması, firelerle oluşturulan yeni malzemelerin, denemelerde tekrar tekrar kullanılabilmesini sağlamıştır. Özellikle üretim aşamasında bir hata oluşması durumunda malzemenin tekrar kullanılabilme özelliği göstermesi, malzeme israfını ve üretim atığı oluşmasını engelleyerek, sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır. Hem lületaşı üretim firelerinin değerlendirilerek sektöre tekrar kazandırılması hem de yeni oluşturulan malzemelerin doğal tabanlı olması, üretim aşamalarında atık oluşumunu minimize etmektedir.

Ocaklardan çıkarılan lületaşı boyutlarının küçük olması, lületaşı ürün çeşitliliğini kısıtlamaktadır. Lületaşı fireleri ile oluşturulan malzemelerde boyut açısından bir kısıt olmaması, büyük boyutlu ve farklı çeşitlilikte ürünlerin üretilmesine ve farklı tasarımların yapılmasına olanak sağlamaktadır. Aynı zamanda, lületaşı firelerinin değerlendirilmesi amacıyla sektöre kazandırılan farklı üretim teknikleri, renklendirme ve doku çalışmaları da ürün çeşitliliğini arttırmakta ve tasarımda farklılık yaratmaktadır. Malzeme ve üretim denemelerinden elde edilen bilgilerin değerlendirilmesi ile iki farklı ürün uygulama alanı önerisi sunulmuştur. İlk alanı, günümüzde lületaşı pazarlarında da bulunan ve özellikle bölgedeki turistler tarafından anı nesnesi olması amacıyla tercih edilen giyim aksesuarları, magnet ve anahtarlık gibi küçük boyutlu ürünler oluşturmaktadır. İkinci alan ise sektöre kazandırılan yeni ürün kategorilerini içeren dekoratif duvar paneli, aydınlatma ürünleri, saat, çerçeve, dekoratif vazo gibi boyut sınırlaması olmayan ürünleri içermektedir. Potansiyel ürün uygulama alanları belirlendikten sonra ürün tasarımı konseptleri oluşturulmuş ve bu konseptlerde, firelerin değerlendirilmesi amacıyla geliştirilen yeni tasarım ve üretim süreçleri kullanılmıştır. Ürün konseptlerinde kullanılan bilgisayar destekli tasarım süreçleri, parametrik tasarım modeli ve kalıp ile üretim tekniği, lületaşı sektörüne kazandırılan yeni tekniklerdir. Bu teknikler kullanılarak tasarlanan ve üretilmesi öngörülen dekoratif duvar panelinin, bölgede lületaşı firelerinin toplandığı bir sistem olmayışı ve bunun sonucunda yeteri kadar fireye ulaşılamaması nedeniyle üretimi gerçekleştirilememiştir.

Lületaşı üretim firelerinin tasarım aracılığıyla değerlendirilerek, malzemenin kapalı bir döngüde kalmasını sağlamak, sıfır atık üretim sistemlerine entegrasyonu sağlayarak, sürdürülebilir üretim hedeflerini yerine getirmektedir. Ayrıca lületaşı gibi yerel ve doğal

bir malzemenin üretim firelerinin değerlendirilerek tekrar üretime kazandırılması, yeni bir sektör geliştirilmesine ve böylelikle yerel ekonomiye katkı sağlayacaktır. Bu özellikler göstermektedir ki bu çalışma, üretim sisteminde iyileştirme ile sürdürülebilirliğin çevresel boyutunu, yeni sektörler ve yeni iş imkânları yaratma ile sürdürülebilirliğin sosyal ve ekonomik boyutlarını etkilemektedir

Öneriler

Lületaş ve lületaş işleme zanaatı odağında, endüstriyel tasarım / ürün tasarımı alanlarında yapılacak çalışmalar, bu sektörde kullanılabilecek farklı üretim tekniklerinin geliştirilmesi, yapılacak ürün tasarımı çalışmalarıyla piyasadaki ürün çeşitliliğinin arttırılması açısından önem taşımaktadır. Bu çalışmalar ile sektörün canlanması ve eski değerine kavuşması sağlanacaktır. Ayrıca Eskişehir için hem ekonomik bir kaynak, hem de geleneksel izleri taşıyan kültürel bir değer olan lületaş ve lületaş işleme zanaatının sürdürülebilmesi için, tasarım odaklı yapılacak çalışmalar önem taşımaktadır.

Eskişehir'de, lületaş üretim firelerinin değerlendirilmesi amacıyla yapılan herhangi proje bulunmamaktadır. İleride geliştirilecek bir sistemle, firelerin ustalardan düzenli olarak toplanması ve farklı yollarla değerlendirilmesi sağlanabilir. Böylelikle, dünyada kısıtlı rezervlere sahip olan lületaş malzemesinin üretim firelerinin de değerlendirilmesi sağlanmış olacak, yeni oluşan sektörlerle yerel halka farklı iş imkânları oluşturulacaktır.

KAYNAKLAR

- Akburu, M. (2019). *Lületaşı ve Yerel Malzemelerle Yontu Sanatı*, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, Erzurum, 47-56.
- Akgürebüz, İ. ve Uysal, Y. (2019). Arıtma Çamuru, Lületaşı (Sepiyolit) ve Yumurta Kabuğu Atıklarının Polimer Kompozit Plaka Üretiminde Değerlendirilmesi. *KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22, 70-77.
- Akıncı, Ö. (1967). Eskişehir 124-C1 paftasının jeolojisi ve tabakalı lületaşı zuhurları. *Bulletin of the Mineral Research Institute of Turkey (MTA)*, 67, 82-97.
- Algan, E. (2015). Eskişehir'de Lületaşı, *Sanat ve Tasarım Dergisi*, 5(8), 1-31.
- Ashby, M. and Johnson, K. (2003). The Art of Materials Selection. *Materials Today* 6(12), 24-35.
- Ashby, M. F. (2016). Materials and Sustainable Development. *Butterworth-Heinemann*, 211-239.
- Ayala-Garcia, C., Karana, E. and Rognoli, V. (2017). *Five Kingdoms of DIY Materials for Design*. International Conference 2017 of the Design Research Society Special Interest Groupon Experiential Knowledge (EKSIG), Rotterdam, Netherlands, 222-234.
- Ayala-Garcia, C. and Rognoli, V. (2019). The Materials Generation. Advancements in Design Research, *Franco Agnelli Design International*, 197-219.
- Bak-Andersen, M. (2018). When Matter Leads to Form: Material Driven Design for Sustainability. *Temes de Disenny*, 34, 12-33.
- Bektaş, N. ve Öncel, S. (2004). Lületaşı İşletme Atıklarının Kurşun Gideriminde Kullanılabilirliğinin İncelenmesi. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 19(1), 1-12.
- Bilim, C. (1999). Deniz Köpüğü, Lületaşı. *Ankara Üniversitesi Osmanlı Tarihi Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi*, 8, 89-130.
- Birleşmiş Milletler. (2015). *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*, Outcome Document for the UN Summit to Adopt the Post-2015 Development Agenda: Draft for Adaption, New York, 25.
- Bozkurt, R. (1989). Lületaşı Sorunları ve Çözüm Önerileri. *Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7(2), 193-204.
- Ceschin, F. (2014). *Sustainable Product-Service Systems Between Strategic Design and Transition Studies*. London: Springer, 56.

- Ceschin, F. and Gaziulusoy, İ. (2016). Evolution of Design for Sustainability: From Product Design to Design for System Innovations and Transitions. *Design Studies*, 47, 118-163.
- Charnley, F., Moreno, M., De Los Rios, C. and Rowe, Z. (2016). A Conceptual Framework for Circular Design. *Sustainability*, 8(9), 1-15.
- Cicconi, P. (2018). Eco-design and Eco-materials: An interactive and collaborative approach. *Sustainable Materials and Technologies*, 23.
- Dağılğan, M.N. (1994). *Lületaş*. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir, 15-26.
- De los Rios, I.C. and Charnley, F.J. (2017). Skills and Capabilities for a Sustainable and Circular Economy: The Changing Role of Design. *Journal of Cleaner Production*, 160, 109-122.
- Dempsey, N., Bramley, G., Power, S. and Brown C. (2011). The Social Dimension of Sustainable Development: Defining Urban Social Sustainability, *Sustainable Development*, 19, 289-300.
- Dror, Y., Cohen, Y. and Yerushalmi-Rozen, R. (2006). Structure of Gum Arabic in Aqueous Solution. *Journal of Polymer Science: Part B: Polymer Physics*, 44, 3265-3271.
- Early, R. (2017). Circular Design Futures. *The Design Journal*, 20(4), 421-434.
- Elmas, Ş.Ş. ve Akbulut, D. (2021). Lületaş İşleme Zanaatının Ustaların Mesleki Yönelim ve Yaklaşımları Bağlamında Güncel Durumunun Belirlenmesi. *Online Journal of Art and Design*, 9(4), 175-193.
- Faludi, J., Van Sice, C. M., Shi, Y., Bower, J. and Brooks, O.M.K. (2018). Novel Materials Can Radically Improve Whole-System Environmental Impacts of Additive Manufacturing. *Journal of Cleaner Production*, 212, 1580-1590.
- Farag, E., Alshebani, M., Elhrari, W., Klash, A. and Shebani, A. (2020). Production of Particleboard Using Olive Stone Waste for Interior Design. *Journal of Building Engineering*, 29.
- Faria, S., de Oliveira Petkowicz, C. L., de Moraes, S. A. L., Terrones, M. G. H., de Resende, M. M., de Franca, F. P., and Cardoso, V. L. (2011). Characterization of xanthan gum produced from sugar cane broth. *Carbohydrate Polymers*, 86, 469-476.
- Fiksel, J. (2006). A Framework for Sustainable Materials Management. *JOM: The Journal of the Minerals, Metals & Materials Society*, 58(8), 15-22.
- Ford, S. and Despeisse, M. (2016). Additive manufacturing and sustainability: an exploratory study of the advantages and challenges. *Journal of Cleaner Production*, 1-15.

- Goodland, R. (1995). The Concept of Environmental Sustainability. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 26, 1-24.
- Gümüşsoy, E. (2013). 1830-1914 Arası Eskişehir Lületaş Madeni ile İlgili Bazı Tespitler. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14, 169-193.
- Heskett, J. (2013). Tasarım. *Dost Yayınları Kültür Kitaplığı*, Ankara, 19.
- Işık, E. C. ve Beyarslan, M. (2016). Türkmentokat-Karatepe (Eskişehir) Bölgesi Yumrulu Sepiyolitlerinin (Lületaş) Mineralojik Özellikleri ve Karakterizasyonu. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 28(2), 73-82.
- Işık, İ. (1995). *Lületaş (Meerschaum) Atıklarının Pipo Filtresi Olarak Kullanılabilirliği ve Aktif Karbon Filtre ile Karşılaştırılması*. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 247-255.
- İnternet: About Open Materials. (2009). *Open Materials*. URL: <http://openmaterials.org/about/> , Son Erişim Tarihi: 21.04.2021.
- İnternet: About UBQ Materials. (2012). *UBQ Materials*. URL: <https://www.ubqmaterials.com/> , Son Erişim Tarihi: 16.04.2021.
- İnternet: ATÖLYE Hakkında (2020) *ATÖLYE*. URL: <https://atolye.io/tr/anasayfa/> , Son Erişim Tarihi: 09.04.2021.
- İnternet: Biz Ottan Studio' yuz. (2020). *Ottan Studio*. URL: <https://tr.ottanstudio.com/> Son Erişim Tarihi: 18.04.2021.
- İnternet: Bu Spor Ayakkabılar Geri Dönüştürülmüş Plastikten Üretiliyor. (2019). *Yeşil Odak*. URL: <https://www.yesilodak.com/bu-spor-ayakkabilar-geri-donusturulmus-plastikten-uretiliyor> Son Erişim Tarihi: 16.04.2021.
- İnternet: Carbon Stool. (2020). *Sutherlin Santo Design*. URL: <https://sutherlinsanto.com/Carbon-Stool> , Son Erişim Tarihi: 17.04.2021.
- İnternet: Circular Economy Indicators: An Approach to Measuring Circularity: Methodology. (2015). *Ellen MacArthur Foundation*. URL: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/insight/Circularity-Indicators_Methodology_May2015.pdf , Son Erişim Tarihi: 07.04.2021.
- İnternet: Materials. (2020). *Material District*. URL: <https://materialdistrict.com/> , Son Erişim Tarihi: 20.04.2021.
- İnternet: Nature's Recipe Book. (2018). *Materiom*. URL: <https://materiom.org/> , Son Erişim Tarihi: 18.04.2021.
- İnternet: Pomace: Learning Circularity from Olive. (2019). *Project Pomace*. URL: <https://pomace.nl/past/> Son Erişim Tarihi: 03.06.2021.

- İnternet: Programmable Water-Based Biocomposites for Digital Design and Fabrication across Scales (2018) *Massachusetts Institute of Technology [MIT] Media Lab*. URL: <https://www.media.mit.edu/projects/aguahoja/overview/> , Son Erişim Tarihi: 17.04.2021.
- İnternet: Sepiyolit. (2016). *Maden Tetkik ve Arama [MTA] Genel Müdürlüğü*. URL: <https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/sepiyolit> Son Erişim Tarihi: 09.04.2021.
- İnternet: TAK Nedir. (2016) *Tasarım Araştırma Katılım [TAK]* (2016). URL: <http://takortak.org/tak-nedir.html> , Son Erişim Tarihi: 09.04.2021.
- İnternet: Totomoxtle. (2019) *Fernando Laposse Design*. URL: <https://www.fernandolaposse.com/projects/totomoxtle/> , Son Erişim Tarihi: 18.04.2021.
- İnternet: Vitra Remakes Barber Osgerby's Tip Ton Chair from Recycled Plastic.(2020). *Dezeen*. URL: <https://www.dezeen.com/2020/10/26/tip-ton-re-chair-vitra-barber-osgerby-recycled-plastic-dezeen-showroom/> , Son Erişim Tarihi: 17.04.2021.
- İnternet: What is a Fablab. (2021) *The Fablab Network*. URL: <https://www.fablabs.io/> Son Erişim Tarihi: 09.04.2021.
- İnternet: What is the Circular Economy. (2017). *Ellen MacArthur Foundation* URL: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/what-is-the-circular-economy> , Son Erişim Tarihi: 07.04.2021.
- James, D. (2017). Empowering Citizens Through Design. *Routledge Handbook of Sustainable Design*, 446-458.
- Karakehya, N. ve Bilgiç, C. (2020). Eskişehir Lületaş Atıklarından Sütunlanmış Kil Üretimi ve Karakterizasyonu. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24(2), 487-493.
- Karana, E., Barati, B., Rognoli, V. and van der Laan, A. Z. (2015). Material Driven Design (MDD): A Method to Design for Material Experiences. *International Journal of Design* 9(2), 35-54.
- Karana, E., Nimkulrat, N., Giaccardi, E., Niedderer, K. and Fan, J.N. (2019). Alive. Active. Adaptive: Experiential Knowledge and Emerging Materials. *International Journal of Design*, 13(2), 1-5.
- Kazancı, N. ve Gürbüz, A. (2014). Jeolojik Miras Nitelikli Türkiye Doğal Taşları. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 57(1), 19-44.
- Korhonen, J., Honkasalo, A. and Seppala, J. (2018). Circular Economy: The Concept and its Limitations. *Ecological Economics*, 143, 37–46.
- Korkmaz, Ş. (1987). *Doğal ve Preslenmiş Lületaşının Bazı Fiziksel Özelliklerinin Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 48.

- Kottaridou, A. and Bofylatos, S. (2019). *Design out Waste Methodology for Circular Economy*. Responsive Cities Disruption through Circular Design Conference, Barcelona, Spain, 226-239.
- Köşker, H. ve Karacaoğlu, S. (2019). Turizm Bağlamında Geleneksel Türk El Sanatı Lületaşlı İşlemeciliğinin Değerlendirilmesi. *Bingöl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9(18), 991-1013.
- Ljungberg, L. Y. (2007). Materials Selection and Design for Development of Sustainable Products. *Materials and Design*, 28, 466-479.
- Lu, J.W., Zhu, Y.L., Guo, Z.X, Hu, P. and Yu, J. (2006). Electrospinning of sodium alginate with poly(ethylene oxide). *Polymer*, 47, 8026-8031.
- Manzini, E. (2010). Small, Local, Open and Connected: Design for Social Innovation and Sustainability. *The Journal of Design Strategies, Change Design*. 4(1), 8-12.
- Marchand, A. and Walker, S. (2007). *Connecting through time: Old objects, new contexts and design-centered research for sustainability*. Industrial Designers Society of America Report.
- Margolin, V. (1998). Design for a Sustainable World. *Design Issues*, 23(3), 4-15.
- McDonough, W. and Braungart. M (2002). *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*. North Point Press, New York, NY, USA, 21.
- Mestre, A. and Cooper, T. (2017). Circular Product Design: A Multiple Loops Life Cycle Design Approach for the Circular Economy. *The Design Journal*, 20(1), 1620-1635.
- Morelli, N. (2012). Design as a Problem and Design as a Solution for Sustainability. *International Journal of Innovation and Sustainable Development*, 6(3), 265-280.
- Mudgil, D., Barak, S. and Khathar, B.S. (2014). Guar Gum: Processing, Properties and Food Applications - A Review. *Journal of Food Science and Technology*, 51(3), 409-418.
- Murray, J. C. F. (2009). *Cellulosics. Handbook of Hydrocolloids*, Second Edition, Woodhead Publishing, Cambridge, United Kingdom. 710-723.
- Norberg-Hodge, H. (2017). Design for Localization. *Routledge Handbook of Sustainable Design*, 125-134.
- Olivetti, E. A. and Cullen, J. M. (2018). Toward A Sustainable Materials System. *Science*, 360(6396), 1396-1398.
- Oxman, N. (2010). *Material-based Design Computation*, Doctoral Dissertation, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, USA, 52.
- Özdemir, M. ve Dudaş, N. (2011). Eskişehir İlinde Lületaşlı İşlemeciliği ve Üretilen Ürünler. *Art-e Sanat Dergisi*, 4(7).

- Papanek, V. (1985). *Design for the Real World: Human Ecology and Social Change*. London: Thames ve Hudson, 43.
- Parisi, S., Rognoli, V. and Sonneveld, M. (2017). Material Tinkering. An Inspirational Approach for Experiential Learning and Envisioning in Product Design Education. *The Design Journal*, 20(1), 1167-1184.
- Pizarro, I.O. (2016). *Designing out Waste: Exploring Barriers for Material Recirculation*. Doctoral Dissertation, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden, 32.
- Ranson, B. (1989). Craftwork, Ideology and the Craft Life Cycle. *Journal of Design Histroy*, 2(2/3), 77-92.
- Rognoli, V., Ayala-Garcia, C. and Parisi, S. (2016). The Material Experiences as DIY-Materials: Self Production of Wool Filled Starch Based Composite (NeWool). *Making Futures Journal*, 4.
- Sabah, E. ve Çelik, M.S. (1999). *Sepiyolit: Özellikleri ve Kullanım Alanları*. 3. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 132-146.
- Sauerwein, M., Zlopasa, J., Doubrovski, Z., Bakker, C. and Balkenende, R. (2020). Reprintable Paste-Based Materials for Additive Manufacturing in a Circular Economy. *Sustainability*, 12(19), 8032.
- Scoones, I. (2007). Sustainability. *Development in Practice*, 17(4-5), 589-596.
- Spangenberg, J. H. (2005). Economic Sustainability of the Economy: Concepts and Indicators, *International Journal of Sustainable Development*, 8, 47-64.
- Stahel, W.R. (2016). Circular Economy. *Nature*, 531.
- Şen, H., Kaya, A. ve Alpaslan, B. (2018). Sürdürülebilirlik Üzerine Tarihsel ve Güncel Bir Perspektif. *Ekonomik Yaklaşım*, 29(107), 1-47.
- Şimşek, M. (2020). Doğal Taş Atıklarıyla Tasarım. *Natura*, 18-23.
- Taşlıgil, N. ve Şahin, G. (2011). Doğal ve Kültürel Özellikleri ile Lületaş. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4(16), 436-452.
- Tekin, C. (1972). Lületaş ve Ekonomik Değeri. *Eskişehir İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi Dergisi*, 8(2), 250-289.
- Timur, N. (1989). Lületaş Mamulleri İhracatının Geliştirilmesinde Pazarlama Karmasının Oluşturulması ve Eskişehir'deki İhracatçı Kuruluşlara İlişkin Araştırma. *Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7(1), 249-271.
- Tunçdilek, N. (1955). Lületaş. *Türk Coğrafya Dergisi*, 12(13/14), 91-106.
- Türkiye Cumhuriyeti Eskişehir Valiliği İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü (2013). *Lületaş*.

- Türkiye Cumhuriyeti Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (2018). *Türkiye Tasarım Stratejisi ve Eylem Planı 2018-2020*.
- United Nations Environment Programme [UNEP]. (1989). *Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes*.
- van Wijk, A. and van Wijk, I. (2015). *3D Printing with Biomaterials: Towards a Sustainable and Circular Economy*. IOS Press, Amsterdam, The Netherlands, 20.
- Walker, S., Doğan, Ç. and Marchand, A. (2009). Research Through Design - The Development of Sustainable Material Cultures. *Design Connexicity, European Academy of Design Conference*, 482-486.
- Williams, P. A. and Phillips, G. O. (2009). *Gum Arabic*. Handbook of Hydrocolloids, Second Edition, Woodhead Publishing, Cambridge, United Kingdom. 252-273.
- World Commission on Environment and Development - WCED. (1987). *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*. Oxford: Oxford University Press, 43.
- Yeni, O. (2014). Sürdürülebilirlik ve Sürdürülebilir Kalkınma: Bir Yazın Taraması. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(3), 181-208.
- Yeniyol, M. (1993). Sivrihisar'da (Eskişehir) Sedimenter-Diyajenetik Oluşumlu Yeni Bir Lületaş Türü. *Maden Tetkik Arama Dergisi*, 115, 81-90.



GAZİ GELECEKTİR..