



**MİSELYUM İLE GELİŞTİRİLEN BİYOKOMPOZİT MALZEMELERİN
ANALİZİ VE KULLANIM ALANLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

Nuriye Hande KUTBAY

**DOKTORA TEZİ
ENDÜSTRİYEL TASARIM ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

TEMMUZ 2022

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.

Nuriye Hande KUTBAY

25/07/2022

MİSELYUM İLE GELİŞTİRİLEN BİYOKOMPOZİT MALZEMELERİN ANALİZİ VE KULLANIM ALANLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

(Doktora Tezi)

Nuriye Hande KUTBAY

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Temmuz 2022

ÖZET

Fosil bazlı kaynaklara olan bağımlılığın ve doğal kaynak kullanımının azaltılması, yenilenebilir kaynak kullanımına yönelinmesi, atık ve artık malzemelerle ürünlerin tekrar malzeme döngülerine dahil edilmesi, atık oluşumunun azaltılması ve atıkların çevreye zarar vermemesi önem arz etmektedir. Miselyum bazlı biyokompozit malzemeler, yenilenebilir kaynaklardan oluşmakta, üretiminde düşük maliyet ve enerji gerektirmekte ve yaşam sonunda doğaya tekrar karışabilmektedir. Miselyum, kendi doğal gelişimi sırasında enzimleriyle hücre dışı sindirim yaparak ortamdaki besin kaynağı olarak değerlendirdiği organik maddeler arasında doğal bir yapıştırıcı görevi görmektedir. Bu sayede ek bir malzeme ya da süreç gereksinimi olmadan doğal bir büyüme süreci doğrultusunda malzeme oluşumunu sağlamaktadır. Bu çalışma kapsamında buğday samanı ve *Pleurotus ostreatus* kültürü ile miselyum kompozit malzeme üretilmiştir. Aynı hammaddelerin kullanılmasıyla farklı miselyum yoğunluklarına sahip üç farklı grup malzeme geliştirilmiş ve özellikleri incelenmiştir. Geliştirilen malzemelerin tam kuru haldeki yoğunlukları 0,076-0,093 g/cm³ aralığındadır. Malzeme yapısında bulunan miselyum oranı arttıkça malzemenin mekanik özelliklerinin arttığı tespit edilmiştir. En düşük miselyum yoğunluğuna sahip malzeme grubunda basınç dayanımı %69, çekme dayanımı 1,71 N ve eğme dayanımı 0,92 N iken en yüksek miselyum yoğunluğuna sahip grupta bu değerler sırasıyla %83, 4,91 N ve 2,08 N olarak ölçülmüştür. Geliştirilen her bir malzeme grubuna tek alev kaynağı testi uygulanmış ve numunelerin hiçbirinde deney süresi boyunca alev 150 mm eşiğine ulaşmamıştır. Geliştirilen malzemelerin ambalaj, reklamcılık, inşaat gibi farklı sektörlerde özellikle polistiren ve poliüretan köpükler yerine kullanılma potansiyelinin olmasının yanı sıra otomotiv ve havacılık sektörlerinde de değerlendirilebileceği öngörülmektedir.

Bilim Kodu : 80302

Anahtar Kelimeler : Miselyum, tarımsal atık, biyokompozit malzeme

Sayfa Adedi : 201

Danışman : Prof. Dr. H. Güçlü YAVUZCAN

İkinci Danışman : Doç. Dr. Sinan AKTAŞ

ANALYSIS OF BIOCOMPOSITE MATERIALS DEVELOPED WITH MYCELIMUM
AND EVALUATION OF USAGE AREAS

(Ph.D. Thesis)

Nuriye Hande KUTBAY

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

July 2022

ABSTRACT

It is important to reduce the dependency on fossil-based resources and the use of natural resources, to turn to the use of renewable resources, to include waste and residual materials and products in the material cycles, to reduce waste generation and not to harm the environment. Mycelium-based biocomposite materials consist of renewable resources, require low cost and energy in production, and can be reintegrated into nature at the end of life. During its natural development, the mycelium performs extracellular digestion with its enzymes and acts as a natural glue between the organic substances in the environment, which it evaluates as a nutrient source. In this way, it provides material formation in line with a natural growth process without the need for an additional material or process. Within the scope of this study, mycelium composite materials were produced with wheat straw and *Pleurotus ostreatus* culture. Using the same raw materials, three different groups of materials with different mycelium densities were developed and their properties were investigated. The densities of the developed materials in the fully dry state are in the range of 0.076-0.093 g/cm³. It has been determined that the mechanical properties of the material increase as the mycelium content in the material structure increases. While the compressive strength was 69%, the tensile strength was 1.71 N, and the bending strength was 0.92 N in the material group with the lowest mycelium density, these values were measured as 83%, 4.91 N, and 2.08 N, respectively, in the group with the highest mycelium density. A single flame source test was applied to each developed material group and none of the samples reached the 150 mm threshold during the test period. The developed materials have the potential to be used in different sectors such as packaging, advertising and construction especially instead of polystyrene and polyurethane foams, and it is foreseen that these materials will be able to be used in the automotive and aviation sectors.

Science Code : 80302

Key Words : Mycelium, agricultural by-product, biocomposite material

Page Number : 201

Supervisor : Prof. Dr. H. Güçlü YAVUZCAN

Co-Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Sinan AKTAŞ

TEŞEKKÜR

İlk günden beri ilgisini, desteğini, sevgisini ve dostluğunu esirgemeyen, yeri geldiğinde bana yol gösteren yeri geldiğinde ise yol açan, bana inanan ve güvenen sevgili danışmanım Prof. Dr. H. Güçlü YAVUZCAN'a (Gazi Üniversitesi) çalışmalarına ve hayatıma katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Bilgi ve emekleriyle tezime katkı sağlayan ikinci danışmanım Doç. Dr. Sinan AKTAŞ (Selçuk Üniversitesi), Tez İzleme Komitesi üyesi hocalarım Prof. Dr. Aydın ŞIK (Gazi Üniversitesi) ve Doç. Dr. Naz BÖREKÇİ'ye (ODTÜ); Prof. Dr. Gıyasettin KAŞIK'a (Selçuk Üniversitesi), Selçuk Üniversitesi laboratuvarlarında gerçekleştirilen tüm süreçlerde bana eşlik eden ve laboratuvarın farklı bir şehirde olması sebebiyle gidemediğim zamanlarda çalışmalarımın takibini ve fotoğraflamasını yaparak bana sürekli destek veren sevgili Habibe ÜNAL'a; ilk denemelerimde kendi laboratuvarlarında bana yol gösteren Doç. Dr. Müjgan OKUR'a (Gazi Üniversitesi), yalnızca mekanik testler konusunda destek olmayıp aynı zamanda güler yüzleriyle yanımda olan Dr. Öğretim Üyesi Uğur ARABACI (Gazi Üniversitesi) ve Arş. Gör. Uğur ÖZDEMİR'e (Gazi Üniversitesi); Öğr. Gör. Ömer ŞAHİN'e (Gazi Üniversitesi), Volkan TEMEL'e (Gazi Üniversitesi), İsmail ÖZDEMİR'e (Allianz Teknik) ve Demet BAŞ'a (Allianz Teknik) teşekkür ederim.

Her zaman tüm destekleriyle ve sevgileriyle yanımda olan babam Prof. Dr. Cumhuriyet ŞAHİN'e, annem Yrd. Doç. Dr. Nurhayat ŞAHİN'e, kız kardeşlerim M. Ayşe KAYA'ya ve Arş. Gör. G. Zeynep ŞAHİN KUZU'ya, eşim Doç. Dr. Uğurhan KUTBAY'a ve kızım Gökçe KUTBAY'a teşekkürlerimi ve sevgilerimi sunarım.

Bu çalışma, Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FHD-2021-7082 kodu ile desteklenmiştir. Bu çalışmanın deneysel çalışmaları Konya'da ve Ankara'da, test çalışmaları ise Ankara'da ve İstanbul'da gerçekleştirilmiş olup bu süreçlerin çoğu COVID-19 Pandemisi sürecinde yürütülmüştür.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
RESİMLERİN LİSTESİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvii
1. GİRİŞ.....	1
2. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA.....	5
2.1. İlkeler	7
2.1.1. Yenilenebilir kaynaklar	7
2.1.2. Kaynak verimliliği	8
2.1.3. Kaynak azaltma ve doğal kaynak kullanımının en aza indirilmesi.....	9
2.1.4. 6R: Konsepti	9
2.1.5. Atık azaltma	10
2.1.6. Bozunma	11
2.1.7. Eko-verimlilik	12
2.2. Yaklaşımlar	12
2.2.1. Temiz üretim	12
2.2.2. Eko-tasarım ve çevre için tasarım	13
2.2.3. Yaşam döngüsü değerlendirmesi	14
2.2.4. Beşikten beşiğe tasarım.....	15

Sayfa

2.2.5. Atık yönetimi	16
2.2.6. Sıfır Atık	21
2.3. Stratejiler	22
2.3.1. Dairesel ekonomi	22
2.3.2. Endüstriyel ekoloji	30
2.3.3. Biyoekonomi / biyobazlı ekonomi	32
2.3.4. Yeşil büyüme / yeşil ekonomi.....	33
3. MİSELYUM BAZLI MALZEME.....	35
3.1. Miselyum.....	35
3.2. Malzeme Üretiminde Doğal Lif ve Tarımsal Atık Kullanımı.....	38
3.3. Miselyum Bazlı Malzemeler Üzerine Yapılan Çalışmalar	41
3.3.1. Miselyum bazlı malzemelerin üretimi	42
3.3.2. Miselyum bazlı malzemelerin kullanımı ve malzeme özellikleri	45
3.4. Miselyumun Kullanıldığı Tasarım Yaklaşımları ve Mevcut Uygulamalar.....	54
3.4.1. Malzeme tahrikli tasarım -MTT	55
3.4.2. Yetiştirilen tasarım	56
3.4.3. Mevcut tasarım uygulamaları.....	58
4. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ.....	69
4.1. Ön Deneme Süreçleri	69
4.1.1. Miselyum geliştirme ön çalışmaları	69
4.1.2. Malzeme oluşturma ön çalışması	74
4.2. Araştırma Yönteminin Tasarımı	78
4.2.1. Hangi mantar türlerinden miselyum oluşturulacağının belirlenmesi	79
4.2.2. Miselyumun nasıl geliştirileceğinin belirlenmesi	79

	Sayfa
4.2.3. Kullanılacak substratın belirlenmesi	80
4.2.4. Uygulanacak testlerin ve numune özelliklerinin belirlenmesi	81
4.2.5. Üretim sürecinin planlanması	83
4.3. Miselyum Kompozit Üretimi	84
4.3.1. Kültür oluşturma	84
4.3.2. Sardırma	90
4.3.3. Kalıplama	99
4.3.4. Fırınlama	100
4.4. Numunelerin Testler için Hazırlanması	102
5. BULGULAR	105
5.1. Miselyum Kompozit Malzeme Gelişimi	105
5.2. Miselyum Kompozit Malzeme Özellikleri	107
5.2.1. Malzeme yoğunluğu	108
5.2.2. Malzemenin su alma ve kalınlığa şişme değerleri	108
5.2.3. Çekme testleri ve test sonuçları	111
5.2.4. Eğme testleri ve test sonuçları	113
5.2.5. Basma testleri ve test sonuçları	115
5.2.6. Malzemenin makroyapısal değerlendirmesi	117
5.2.7. Tek alev kaynağı testleri ve test sonuçları	122
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	131
6.1. Miselyum Kompozit Malzemenin Mekanik ve Fiziksel Özellikleri	131
6.2. Miselyum Kompozit Malzemelerin Kullanım Alanlarının Değerlendirilmesi ...	133
6.3. Gelecek Araştırmalara Yönelik Öneriler	136
KAYNAKLAR	139

Sayfa

EKLER.....	155
ÖZGEÇMİŞ	201

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. 2012-2020 yılları arası üretilen, piyasaya sürülen ambalaj ve geri kazanılan ambalaj atığı verileri tablosu.....	20
Çizelge 2.2. Doğrusal ve dairesel ekonomilerdeki ürünlerin rolünü belirleyen mekanizmalar	25
Çizelge 2.3. Ürün trendlerinin malzeme döngüsellliği üzerindeki belirleyici etkileri.....	26
Çizelge 5.1. Su alma oranları.....	109
Çizelge 5.2. Suda kalınlığa şişme oranları.....	110
Çizelge 5.3. Çekme testi sonuçları.....	112
Çizelge 5.4. Eğme testi sonuçları.....	114
Çizelge 5.5. Basma testi sonuçları	116
Çizelge 5.6. Miselyum kompozitler ile sentetik köpüklerin ve ahşap ürünlerin özellik kıyaslaması.....	122
Çizelge 5.7. Yangın davranışlarına göre yapı malzemelerinin sınıflandırılması.....	124
Çizelge 5.8. POS1 grubu yanma testi sonuçları.....	128
Çizelge 5.9. POS2 grubu yanma testi sonuçları.....	129
Çizelge 5.10. POS3 grubu yanma testi sonuçları.....	129

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Sürdürülebilirlik terimlerinin sınıflandırılması.....	8
Şekil 2.2. Ürün yaşam dönemi aşamaları ve çevresel etkileri	15
Şekil 2.3. Avrupa ülkelerindeki kentsel atık geri dönüşüm oranları.....	18
Şekil 2.4. Uzun ömürlülük için tasarım	27
Şekil 2.5. Kiralama / hizmet için tasarım.....	28
Şekil 2.6. Üretimde yeniden kullanmak için tasarım	29
Şekil 2.7. Malzeme kurtarımı için tasarım.....	29
Şekil 3.1. Miselyumun şematik gösterimi	35
Şekil 3.2. Miselyum ve tarımsal atıklar ile biyokompozit malzeme üretimi aşamaları..	44
Şekil 3.3. Miselyum bağlamalı biyokompozit sandviç yapı üretimi aşamaları Sandalet tabanı örneği.....	45
Şekil 3.4. Ecovative pilot üretim hattı şeması.....	47
Şekil 3.5. Sandviç yapıli biyokompozitin temsili görüntüsü	51
Şekil 3.6. Malzeme Tahrikli Tasarım Metodu	56
Şekil 3.7. Miselyum ambalaj üretim süreci	64
Şekil 4.1. Uygulanacak testler için gerekli numune şekilleri ve ölçüleri (mm).....	82
Şekil 4.2. Miselyum kompozit malzeme üretim süreci şeması.....	83
Şekil 5.1. Malzeme gelişim süreci	106
Şekil 5.2. Sınıfların yangına katkı düzeyleri ve ısı yalıtım malzemelerinin yangına tepki sınıfları	125

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Kahve telvesi ve çay atığı üzerinde <i>Pleurotus ostreatus</i> miselyumu	37
Resim 3.2. Farklı biyokompozit örnekleri	40
Resim 3.3. Nabasco levha ve yapıya uygulanması	41
Resim 3.4. Miselyum tabakasının kesiti	46
Resim 3.5. Farklı yapıda numunelere uygulanan farklı presleme işlemleri	50
Resim 3.6. Miselyum bazlı kompozit ve saf miselyum malzemesi	51
Resim 3.7. 20 gün süresince selülozla beslenen bir <i>P. ostreatus</i> filminin görüntüsü	54
Resim 3.8. Elma ağacı talaşı ve asma kütüğü talaşı üzerinde <i>P. ostreatus</i> yetiştirilmesiyle oluşturulan numuneler	54
Resim 3.9. Maurizio Montalti'nin mantardan yetiştirilen vazosu, Suzanne Lee'nin bakterik selülozdan yapılan ayakkabısı, Ari Jónsson'ın yosundan yapılan su şişesi	57
Resim 3.10. Sarkıt lambalar	59
Resim 3.11. Masa lambaları	59
Resim 3.12. Sehpalar	60
Resim 3.13. Oturma Birimleri	60
Resim 3.14. İçecek soğutucular	61
Resim 3.15. Saksılar	61
Resim 3.16. Belirli ürünler için özel üretilmiş ambalajlar	63
Resim 3.17. Genel kullanıma yönelik koruyucu ambalaj ürünleri	65
Resim 3.18. Mimari uygulamalar	66
Resim 3.19. Akustik paneller	66
Resim 4.1. Oluklu mukavva üzerinde miselyum oluşturma çalışmaları	70
Resim 4.2. Besi yerinin hazırlanış aşamaları	72

Resim	Sayfa
Resim 4.3. Besi yerinde miselyumun oluşmaya başlaması	74
Resim 4.4. Malzeme üretimi ön deneme süreci fotoğrafları.....	76
Resim 4.5. Malzeme üretimi ön deneme süreci fotoğrafları (devamı)	76
Resim 4.6. Malzeme üretimi ön deneme süreci fotoğrafları (devamı)	76
Resim 4.7. Ön deneme sürecinde geliştirilen ürünün farklı açılardan görünümü	77
Resim 4.8. P. ostreatus birinci ekim birinci gün fotoğrafları.....	86
Resim 4.9. P. ostreatus birinci ekim sekizinci gün fotoğrafları.....	86
Resim 4.10. P. ostreatus üçüncü ekim dördüncü gün fotoğrafları.....	86
Resim 4.11. P. ostreatus üçüncü ekim yeterli gelişimin sağlandığı kültür fotoğrafları..	87
Resim 4.12. L. edodes birinci ekim birinci gün fotoğrafları.....	87
Resim 4.13. L. edodes birinci ekim sekizinci gün fotoğrafları.....	88
Resim 4.14. L. edodes birinci ekim yirmi dördüncü gün ve ikinci ekim sekizinci gün fotoğrafları	88
Resim 4.15. L. edodes birinci ekim elli sekizinci gün ve ikinci ekim kırk ikinci gün fotoğrafları	88
Resim 4.16. L. edodes birinci ekim yetmiş üçüncü gün ve ikinci ekim elli yedinci gün fotoğrafları	89
Resim 4.17. L. edodes birinci ekim sekseninci gün ve ikinci ekim altmış dördüncü gün fotoğrafları	89
Resim 4.18. L. edodes birinci ekim sekseninci gün ve ikinci ekim altmış dördüncü gün fotoğrafları	89
Resim 4.19. Süzölmüş saman ve alçı eklenmiş saman	90
Resim 4.20. Otoklava yerleştirilmeleri ve otoklav sonrası soğumaya alınan samanlar..	91
Resim 4.21. Miselyumun samanın üzerine eklenmesi.....	91
Resim 4.22. Miselyum eklenmiş ve iklimlendirme kabineine alınmış samanlar	92
Resim 4.23. Saman üzerinde Pleurotus ostreatus miselyumunun 9. gün, 28. gün ve 35. gün gelişim fotoğrafları.....	92

Resim	Sayfa
Resim 4.24. Pleurotus ostreatus miselyumunun saman üzerinde gelişiminin 39. günü.	93
Resim 4.25. Lentinula edodes miselyumu eklenmiş ve iklimlendirme kabinine alınmış samanlar	94
Resim 4.26. Meşe talaşının süzülmesi ve kavanozlara saman-talaş karışımının doldurulması	95
Resim 4.27. Saman – talaş karışımı üzerinde L. Edodes miselyumunun gelişiminin farklı günlerdeki fotoğrafları.....	95
Resim 4.28. Numunelerin kalıplara alınması.....	96
Resim 4.29. Kahve üzerinde Pleurotus ostreatus miselyumu gelişimi ve küf oluşumu .	97
Resim 4.30. Çay üzerinde üzerinde Pleurotus ostreatus miselyumunun farklı günlerdeki gelişim miktarı	98
Resim 4.31. Kalıplardaki küflenmiş çay-miselyum numuneleri	98
Resim 4.32. Miselyum-saman karışımlarının kalıplara alınması.....	99
Resim 4.33. Kalıplara alınmış miselyum-saman karışımı ve iklimlendirme kabinine yerleştirilmiş kalıplar	99
Resim 4.34. Kalıp içerisinde 7. gün ve 11. gün gelişim fotoğrafları	100
Resim 4.35. Kalıp içerisinde yeterli gelişimin sağlandığını 32. gün fotoğrafları	100
Resim 4.36. Kurutma fırınına alınan POS1 numuneleri	101
Resim 4.37. Kurutma fırınına alınan POS2 numuneleri	101
Resim 4.38. Kurutma fırınına alınan POS3 numuneleri	101
Resim 4.39. Plaka halinde malzemeler	102
Resim 4.40. POS1 grubu test numuneleri	103
Resim 4.41. POS2 grubu test numuneleri	103
Resim 4.42. POS3 grubu test numuneleri	103
Resim 5.1. Çekme testi numuneleri	111
Resim 5.2. Çekme testi fotoğrafları	111
Resim 5.3. Eğme testi numuneleri	113

Resim	Sayfa
Resim 5.4. Eğme testi fotoğrafları	113
Resim 5.5. Basma testi numuneleri.....	115
Resim 5.6. Basma testi fotoğrafları.....	115
Resim 5.7. POS1 grubu makroyapı görüntüleri.....	117
Resim 5.8. POS2 grubu makroyapı görüntüleri.....	118
Resim 5.9. POS3 grubu makroyapı görüntüleri.....	119
Resim 5.10. Yanma testi numuneleri.....	126
Resim 5.11. Yanma testi numune hazırlık aşamaları.....	127
Resim 5.12. Yanma testi fotoğrafları.....	127

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler	Açıklamalar
kg	Kilogram
%	Yüzde
µm	Mikrometre
mm	Milimetre
cm	Santimetre
°C	Santigrat derece
pH	Potansiyel hidrojen
min	Dakika
g	Gram
dm³	Desimetreküp
cm³	Santimetreküp
m³	Metreküp
dk	Dakika
N	Newton
MPa	Megapaskal
s	Saniye
 	Paralel
⊥	Dik

Kısaltmalar	Açıklamalar
AB	Avrupa Birliği
BIRD	Board of International Research in Design
C2C	Beşikten Beşiğe
CG	Cam Köpüğü
DfE	Design for Environment

Kısaltmalar**Açıklamalar**

DIN	Alman Standartlar Enstitüsü
ECB	Genleştirilmiş Mantar Levha
EEA	Avrupa Çevre Ajansı
EN	Avrupa Standardı
EPA	Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı
EPB	Genleştirilmiş Perlit
EPS	Ekspande Polistiren Köpük
ISO	Uluslararası Standardizasyon Örgütü
LCA	Life Cycle Assesment
MDF	Medium Density Fiberboard
MEA	Malt Ekstrakt Agar
MTT	Malzeme Tahrikli Tasarım
OSB	Oriented Strand Board
PF	Fenol Köpüğü
PIR	Poliizosüenürat Sert Köpük
PLA	Polilaktik asit
POS	Saman üzerinde <i>Pleurotus ostreatus</i> ile malzeme
PUR	Poliüretan Sert Köpük
TS	Türk Standardı
UNEP	Birleşmiş Milletler Çevre Programı
UV	Ultraviyole
VOC	Uçucu Organik Bileşen
WF	Ahşap Lifli Levha
WW	Ahşap Yünü
XPS	Ekstrüde Polistiren Köpük

1. GİRİŞ

Gelişen teknolojiler hızlı üretime olanak sağlayarak hayatı kolaylaştırırken bu hızlı üretim artan refah seviyesi ve satın alma gücü, katlanan nüfus artışı, değişen hayat tarzları gibi etmenler ile beraber hızlı tüketimin artmasına sebep olmaktadır. Hızlı tüketimin bir sonucu olarak kaynak kullanımında ve atık oluşumunda hızlı bir artış yaşanmakta ve bu durum çevreyi olumsuz yönde etkilemektedir. Ürünün kullanım ömrü dolmadan modanın etkisiyle ya da yenileri ile değiştirme isteğinin yanı sıra, kullanım ömrü az ancak sıklığı çok olan ürünlere kolay erişebilme gibi faktörler de henüz atıl hale gelmeyen ürünlerin atık durumuna geçmesine sebep olarak çevreye verilen zararı artırmaktadır. Bu hızlı atık oluşumunda özellikle ambalajların ve ambalaj malzemelerinin büyük bir payı bulunmaktadır. Yaşadığımız dünyanın tek olması ve sunduğu kaynakların sonsuz olmayışının yanı sıra üretim ve tüketimdeki bu hızlı artışın olumsuz etkilerinin fark edilmesiyle beraber sürdürülebilirlik, yenilenebilirlik, yeşil ve yeşillendirme vb. kavramlar hayatlarımızda büyük bir yer tutmaya başlamıştır. Çevreye verilen zararın telafisi ve azaltılması için yine çevresel çözümler ön planda tutularak ürün, malzeme, süreç, enerji, ekonomi, üretim, teknoloji gibi konular biyolojik, ekolojik gibi sıfatlarla birleştirilerek geliştirilmeye çalışılmaktadır. Bu bağlamda ürünler yaşam döngüsünün her aşamasına önem verilerek geliştirilmeli, hammadde seçimi ve üretim yönteminin yanı sıra geri dönüşüm ve geri kazanım seçenekleri de çevreyi mümkün olan en az seviyede etkileyecek şekilde tasarlanmalıdır. Öte yandan, üründe “sadece doğal/organik” malzeme kullanmak demek, bu ürünün bütüncül bir çevreci yaklaşım içerdiği anlamına gelmemektedir. Bir ürünün çevreci olup olmaması içerdiği doğal hammaddeler sayesinde doğada kendiliğinden ne kadar çözüneceğinin yanı sıra üretimi için ne kadar doğal kaynağı da tükettiğidir. Bu sebeple, doğal kaynaklardan oluşmuş ürünlerden ve üretimlerden gelen atıkları tekrar üretimin bir parçası olarak kullanmak büyük önem taşımaktadır.

Araştırmanın amacı

Bu çalışmanın amacı;

- Atık durumuna gelen ürünlerin kendiliğinden ve doğaya zarar vermeden çözünebilmesini sağlamak amacıyla yenilenebilir kaynakların ve atıklarının kullanımı ile biyokompozit malzemelerin geliştirilmesi

- Geliştirilen malzemelerin özelliklerinin belirlenmesi ve
- Kullanım alanlarının değerlendirilmesidir.

Çalışma kapsamında kullanılan yenilenebilir hammadde kaynakları mantarın toprak altında kalan kısımları olan miselyum ve tarımsal ürün kalıntılarının oluşturduğu atıklardır. Biyokompozit malzeme geliştirme sürecinde tarımsal atıklardan buğday samanı hammadde olarak, *Pleurotus ostreatus* miselyumu ise yapıyı bağlayıcı madde olarak kullanılmıştır.

Araştırmanın Önemi

- Politikalar, firmalar ve kullanıcılar çevreci yaklaşımları ve ürünleri daha çok destekler hale gelmekte ve tercih etmektedir.
- Miselyum kompozit malzemelerin çift yönlü atık avantajın bulunmaktadır.
- Miselyum kompozit malzemelerin özellikleri üzerine yapılan araştırma çıktıları bölgeye göre, kullanılan hammadde türüne göre değişiklik gösterebilmektedir.
- Çalışma konusu yeni ve güncel olması sebebiyle hem sektörel hem akademik bazda artan bir ilgi uyandırmaktadır.
- Yerel sektörde ve literatürde henüz bu konu üzerine yürütülen uygulamalar ve yapılan çalışmalar oldukça azdır. Geliştirilen malzemeler hem yerel literatüre hem de ticarileştirilmesi durumunda ülke ekonomisine katkı sağlayacaktır.

Tezin İç Yapısı

Çalışmanın ikinci bölümünü oluşturulan “Sürdürülebilirlik ve Sürdürülebilir Yakınma” bölümünde, geliştirilen malzemenin sürdürülebilirlik açısından öneminin ve kavramsal çerçevenin anlaşılabilmesi için çalışma kapsamında öncelikle sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınmaya ilişkin kavramlar ilkeler, yaklaşımlar ve stratejiler olmak üzere üç kategori altında özetlenmiştir.

“Miselyum Bazlı Malzeme” başlıklı üçüncü bölümde malzeme üretiminde miselyumun, doğal liflerin ve tarımsal atıkların kullanımına dair genel bilgiler verilmiş ve araştırmanın konusu olan miselyum bazlı malzemeler ile yapılan önceki malzeme araştırmaları, ilişkili tasarım yaklaşımları ve mevcut tasarım uygulamaları anlatılmıştır.

Malzeme geliştirmeye yönelik yapılan ön deneme süreçleri, araştırma yönteminin ve sürecin planlanması, malzeme geliştirme süreci ve aşamaları ile geliştirilen malzemelere uygulanacak mekanik ve fiziksel testler için numune hazırlama süreçleri çalışmanın dördüncü bölümü olan “Araştırma Yöntemi” kısmında anlatılmıştır.

“Bulgular” bölümünde malzeme geliştirme süreci temel olarak anlatılmış, uygulanan mekanik ve fiziksel testlerden malzeme özelliklerine dair elde edilen veriler yapılan diğeri araştırmaların sonuçlarıyla beraber değeriendirilerek verilmiştir.

Son olarak “Sonuç ve öneriler” bölümünde öncelikle geliştirilen malzemenin özellikleri zet olarak derlenerek bu malzemenin potansiyel kullanım alanları değeriendirilmiş ve bu malzeme üzerine ileride yapılabilecek araştırmalara yönelik öneriler verilmiştir.

2. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA

Sanayileşme ile beraber 18. yüzyıldan günümüze kadar olan süreçte gerek ekonomik gerek teknolojik anlamda gerçekleşen gelişmelerle beraber gelişimin sürekliliğini sağlama ve sosyal refahı yükseltme çabasıyla fosil kaynaklar ve doğal kaynaklar, malzemelere ve enerjilere kaynak sağlamak için hiç tükenmeyecekmişcesine dikkatsizce kullanılmıştır. Aşırı kaynak kullanımı ve üretimin hızındaki ve yoğunluğundaki artışın yanı sıra giderek hızlanan nüfus artışı, tüketim hızında ve yoğunluğunda da ciddi artışlara sebep olarak çevresel ve iklimsel sıkıntılara yol açmıştır. 1970lerden itibaren sosyal refahın ve yaşam kalitesinin iyileştirilmesinin yalnızca ekonomik gelişmelere bağlı olmadığını fark edilmesiyle (Bayazıt Hayta, 2009) çevreye ilişkin kaygılar oluşmaya başlamış ve sürdürülebilirlik kavramı tekrar ve daha büyük bir etkiyle ortaya çıkarak güncel ve önemli bir kavram haline gelmiştir.

Uygulama ya da düşünce olarak kökleri her toplumda bulunan sürdürülebilirlik (Spindler, 2013), bir terim olarak ilk kez 1713 yılında Almanya’da sürdürülen verim anlamına gelen “Nachhaltigkeit” kelimesi ile literatüre girmiştir (Ashkin, 2018; Worldenergy, 2014). İngilizcede 1900lerin ikinci yarısında kullanılmaya başlayan (Worldenergy, 2014) ve etimolojik köken olarak Latince “dayanmak, ayakta kalmak” anlamına gelen “Sustinere” kelimesine dayanan sustainability kelimesi (Saraç ve Alptekin, 2017; Yıldırım ve Akkaya, 2020), dilimizde sürdürülebilirlik olarak karşılık bulmuştur. Pek çok farklı tanımı bulunan sürdürülebilirlik, Tasarımda Uluslararası Araştırma Kurulu (BIRD – Board of International Research in Design) tarafından (Erlhoff ve Marshall, 2008: 380) “bir sistemin esnekliğinin, sistemin (ve tüm bileşenlerinin) hasar gördüğünde kendini onarma kapasitesinin bir ölçüsü” şeklinde tanımlanmıştır.

Koukios (2015) sürdürülebilirlik konularını yalınlaştırmak ve bir teknoloji, proje, süreç ya da sistemin sürdürülebilirlik değerlendirmesinde kullanmak için belirlediği 26 kriterden oluşan “Sürdürülebilirliğin Abecesi” (the ABC of Sustainability) adını verdiği bir liste oluşturmuştur:

- A. Fosil bazlı organik endüstriyel hammaddelerin biyobazlı olanlar ile yer değiştirmesi
- B. Hammaddelerden tam yararlanma – sıfır atık hedefi

- C. Malzemelerin geri dönüştürülmesi
- D. Oluşturulan herhangi bir atığın hacminin ve miktarının azaltılması
- E. Uzun ömürlü ürünler yaparak kaynakların tasarrufunun sağlanması
- F. Yenilenebilir enerji kaynakları da dahil olmak üzere yenilenebilir veya geri dönüştürülebilir hammadde kullanımı
- G. Enerjinin mantıklı kullanımı
- H. Enerjinin sistematik tasarrufu
- İ. Düşük enerji tüketim sistemlerinin tasarımı
- J. Diğer kritik kaynaklar gibi su ekonomisinin de üzerinde durulması
- K. Yumuşak üretim/dönüşüm enerji sistemlerinin uygulanması
- L. Tarımsal ve tarım sınai kalıntılardan/atıklardan sistematik faydalanma
- M. Tarımsal/üretken arazilerin organik bağlamda zenginleştirilmesi
- N. Kimyasal gübre ve diğer kimyasal girdilerin tarımda makul kullanımı
- O. Toprak kullanımı: yakıt üretimine karşı gıdanın önceliği
- P. Tarım ve gıda üretiminin enerji ihtiyaçlarının karşılanması önceliği
- Q. Atıklardan optimum faydalanma
- R. Atıkların biyoçözünürlüğünün artırılması
- S. Ekosistem limitlerini karşılamak için faaliyetlerin endüstriyel ölçeğinin azaltılması
- T. Kapalı, dairesel veya bütünleşmiş üretim sistemlerinin tasarımı
- U. Her fırsatta biyolojik bilimlerin ve biyoteknolojinin uygulanması
- V. Üretim faaliyetlerinin mekân planlama kriterleri doğrultusunda yerinden yönetimi
- W. Karar verme ve politika geliştirmede ana paydaşların erken katılımı
- X. Sosyal kabulün güvenceye alınması
- Y. Sağlık ve yaşam kalitesi etkilerinin iyileştirilmesi
- Z. Biyo-yeşillendirme stratejisinin ana unsuru olarak sera gazlarının azaltımı

Çevre, insan hayatının refahı için dört temel işlevi yerine getirmektedir; yaşam kalitesi ve konfor değerlerini sağlama, ekonomik faaliyetler için bir kaynak temeli sunma, artık ve atık akışları için bir havuz olma ve bir yaşam destek sistemi olarak görev görme. İnsanların gerçekleştirdiği ekonomik faaliyetlerin ise çevrenin bu işlevleri üzerinde konfor değerlerini olumsuz etkileme, aşırı kaynak çıkarımına ve dolayısıyla kaynaklarda tükenmeye yol açma, biyolojik sistemlerin özümseme kapasitesinin üzerinde atık akışlarına neden olma ve yaşam destek sistemlerinin onarıcı kapasitesini azaltma gibi olumsuz dış etkileri bulunmaktadır (Andersen, 2007). İnsan hayatının refahı için ekonomik faaliyetlerin devam

ettirilmesi gerekmektedirken aynı faaliyetler zamanla çevre üzerindeki olumsuz etkileri sebebiyle geliştirmeye çalıştığı bu refah seviyesinde de uzun vadede zarara yol açmaktadır. Bu olumsuz etkilerin en aza indirilmesi ve dahası ortadan kaldırılması için, herhangi bir ekonomik faaliyetin henüz gerçekleştirilmeye başlamadan tüm süreçlerinin sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi ve bu faaliyetlerin sürdürülebilir kalkınma kapsamında planlanıp gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından “Gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yetisinden ödün vermeksizin günümüzün ihtiyaçlarını karşılayan gelişme” (World Commission on Environment and Development, 1987) olarak tanımlanan sürdürülebilir kalkınma, çevresel ve doğal süreçlerle uyum içerisinde gerçekleşen bir süreç ya da evrim olarak değerlendirilebilir (Glavič ve Lukman, 2007). Pek çok uygulama için sürdürülebilir malzeme ve üretim süreci oluşturma stratejileri, sürdürülebilir kalkınma için son derece önemlidir (Kannan ve Ronan, 2017).

Sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasına giden yolda faydalanan sürdürülebilirlik odaklı terim ve kavramlar, Glavič ve Lukman’ın (2007) çalışmasından yola çıkılarak bu çalışma kapsamında yeniden ele alınarak sınıflandırılmıştır. Üç ayrı kategoriye ayrılan bu sınıflandırma İlkeler < Yaklaşımlar < Stratejiler olmak üzere artan bir hiyerarşik düzen şeklinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.1). Başka bir ifadeyle, her bir kategori, bir önceki kategorideki kavramlardan bir veya birkaçını doğrudan veya çoğunlukla içermektedir.

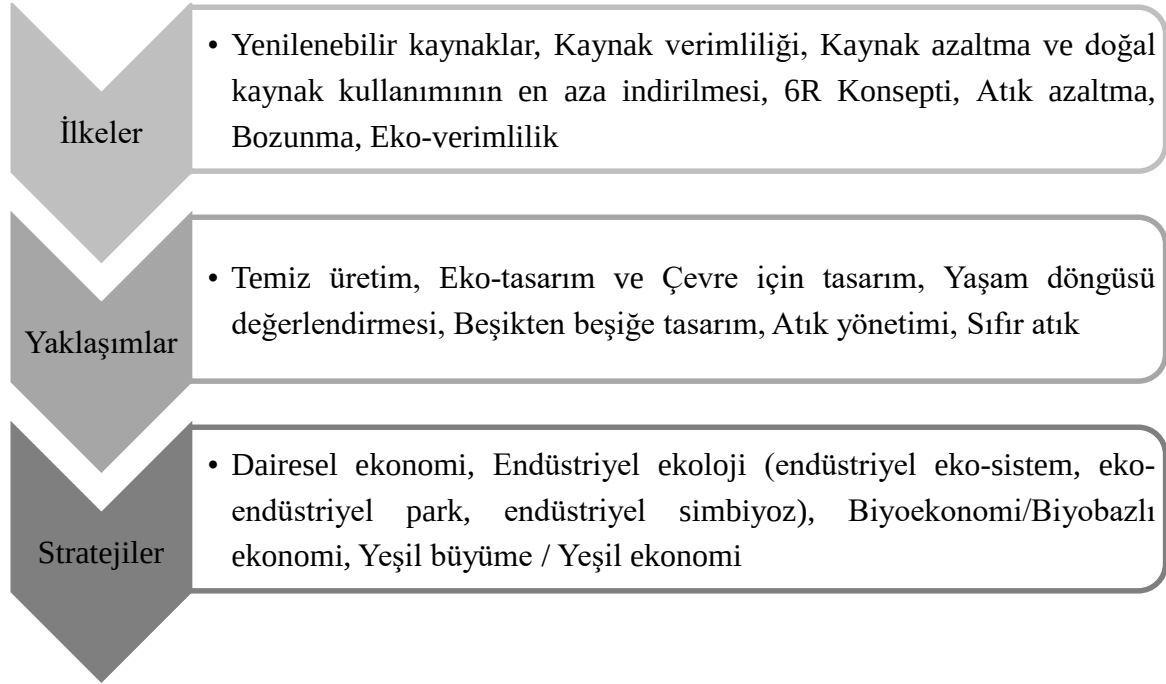
2.1. İlkeler

Bu kısımda açıklanan ilkeler, sürdürülebilirliğin sağlanması açısından tekil olarak yeterli olmayan ancak sürdürülebilirlik yaklaşımlarını ve stratejilerini oluşturan temel prensipler olmaları sebebiyle önem arz etmekte olan kavramlardır.

2.1.1. Yenilenebilir kaynaklar

Yenilenebilir kaynaklar tarım, hayvancılık, ormancılık ve balıkçılık gibi alanlarda gerçekleştirilen organik üretim ve yetiştirme gibi süreçler doğrultusunda sürekli olarak yenilenebilmesi veya değiştirilebilmesi mümkün olan kaynaklardır (European Environment Agency, 2017).

Sınırlı stokları olan fosil yakıtlara dayanmadığı için sürekli biçimde yenilenerek malzeme ve enerji sağlayan bu kaynaklar rüzgâr, orman ürünleri, biyokütle ve hidroelektrik gibi enerji kaynaklarını içerdiği gibi gıda ve yemler de yenilenebilen kaynaklar arasındadır (Glavič ve Lukman, 2007).



Şekil 2.1. Sürdürülebilirlik terimlerinin sınıflandırılması

2.1.2. Kaynak verimliliği

Kaynak verimliliği, Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından “doğal kaynakların sürdürülebilir olarak üretilmesi, işlenmesi ve tüketilmesinin yanı sıra, ürünlerin hem üretim hem de tüketimleri esnasında çevreye karşı olumsuz etkilerinin tüm yaşam döngüleri boyunca azaltılması” olarak tanımlanmıştır. Kavram benzer bir şekilde Avrupa Birliği tarafından ise “sahip olduğumuz toprak, hava, su, biyoçeşitlilik, ekosistemler vd. tüm kaynakların daha verimli kullanılması ya da daha az kaynak ile daha çok iş yapılması ve kaynak kullanımı ile ortaya çıkan olumsuz etkilerin azaltılması” olarak tanımlanmıştır. Dünyanın sunduğu kaynaklardan daha uzun süre faydalanabilmesi için kaynakların daha az tüketilmesini gerektiren kaynak verimliliği, azalan doğal kaynaklara karşın artan hammadde fiyatları da göz önünde bulundurulduğunda yalnızca çevrenin değil, aynı zamanda endüstrilerin ve ekonomilerin sürdürülebilirliği açısından da göz

önünde bulundurulması gereken bir kavramdır (Atak ve Fidan, 2014; Karalar ve Kiracı, 2011).

2.1.3. Kaynak azaltma ve doğal kaynak kullanımının en aza indirilmesi

Kaynak azaltma, ürünleri veya üretim ve tüketim modellerini yeniden tasarlayarak belirli bir kaynaktan elde edilerek atık akışına dahil olan malzemelerin miktarını azaltmaktır (Glavič ve Lukman, 2007). Hem malzemenin hem enerjinin kullanımındaki nicel azaltmayı barındıran bu kavram, bu azaltmanın kullanıcının ihtiyacının karşılanmasında veya sunulan hizmet kalitesinde bir eksilme olmaksızın çevreye katkı sağlamayı öngörür (Wernick, Herman, Govind ve Ausubel, 1996).

2.1.4. 6R: Konsepti

Sürdürülebilirliği iyileştirme çabaları çevresel, ekonomik ve toplumsal gibi dahil olan tüm temel seviyelerde fayda sağlamalıdır. Pratik uygulamada, her bir sürdürülebilirlik geliştirme çabası hem kendi durumuna özgü olmalı hem de bütünsel bir sürdürülebilirlik hedefine hizmet etmelidir. Bu nedenle, üretimi daha sürdürülebilir hale getirme çabaları sorunları tek başına değil, ilgili tüm düzeylerde (ürün, süreç ve sistem) dikkate alınmalıdır. Ürün düzeyinde, yeşil teknolojileri hedefleyen geleneksel 3R konseptinden (reduce, reuse, recycle - azaltma, yeniden kullanma, geri dönüştürme) sürdürülebilir üretimin temelini oluşturan 6R konseptine (reduce, reuse, recover, redesign, remanufacture, recycle - azaltma, yeniden kullanma, geri kazanım, yeniden tasarlama, yeniden üretim, geri dönüştürme) geçilmesine ihtiyacı bulunmaktadır. Bu geçiş sayesinde açık bir döngü olan tekil (ürün) yaşam döngüsünden kapalı bir döngü olan çoklu yaşam döngüsüne geçilmesi mümkün olacaktır. Süreç düzeyinde duyulan ihtiyaç, hem enerji ve kaynak tüketimini, zehirli atıkları, mesleki tehlikeleri vb. faktörleri azaltmayı hem de süreçten kaynaklanan sorunları gidererek ürün ömrünü iyileştirmeyi hedefleyen teknolojik düzenlemeler ve süreç planlamalarıdır. Sistem düzeyinde ise, ürünün birden fazla yaşam döngüsü boyunca tüm yaşam döngüsü aşamalarını (üretim öncesi, üretim, kullanım ve kullanım sonrası) hesaba katarak tedarik zincirinin tamamının tüm yönleriyle ele alınmasına ihtiyaç bulunmaktadır (Jayal, Badurdeen, Dillon ve Jawahir, 2010).

6R konseptinde *azaltma* esas olarak ürün yaşam döngüsünün ilk üç aşamasına odaklanmakta olup üretim öncesinde kaynakların kullanımının azaltılması, üretim sırasında enerji ve malzeme kullanımının azaltılması ve kullanım aşamasında atıkların azaltılması anlamına gelmektedir. *Yeniden kullanım*, yaşam döngüsünden sonra bir ürünün veya bileşenlerinin, bu tür ürünleri ve bileşenleri üretmek için gerekecek yeni hammaddelerin kullanımını azaltmak amacıyla yeniden kullanılması anlamına gelmektedir. *Geri dönüşüm*, aksi takdirde atık olarak kabul edilecek malzemelerin yeni malzemelere veya ürünlere dönüştürülmesi sürecini içermektedir (Jayal ve diğerleri, 2010). Kullanım aşamasının sonunda ürünlerin toplanması, ürünün sonraki yaşam döngülerinde kullanılmak üzere sökülmesi, ayrılması ve temizlenmesi işlemine ise geri kazanım denmektedir. Ürünlerin gelecekteki kullanım sonrası süreçlerini basitleştirmek ve ürünü daha sürdürülebilir hale getirmek amacıyla ürünleri yeniden tasarlama eylemine yeniden tasarım; kullanılmış ürünlerin mümkün olduğu kadar çok parçasının işlev kaybı olmadan yeniden kullanılarak orijinal durumuna döndürülmesi veya benzer yeni bir forma dönüştürülmesi amacıyla yeniden işlenmesine ise yeniden üretim denmektedir (Joshi, Venkatachalam ve Jawahir, 2006).

2.1.5. Atık azaltma

Üretimin olumsuz çevresel etkileri söz konusu olduğunda, proaktif politikaların ve önleyici tedbirlerin hem ekonomik hem de ekolojik olarak olay sonrası eylemler ve boru sonu teknolojilerinden çok daha etkin olduğunun fark edilmesiyle atık azaltma kavramı olarak da bilinen kirliliği önleme kavramı giderek daha popüler hale gelmiştir (van Weenen, 1995). Boru Sonu Yaklaşımı veya diğer ifadesiyle Kirlilik Kontrolü Yaklaşımı; kirliliğin ortaya çıkmasından sonra, sebep olan firmaların çeşitli çevre teknolojilerini kullanarak kirliliği bertaraf etmesi olup gerçekleştirilmesi yüksek maliyet gerektirmektedir (Atak ve Fidan, 2014). Kirliliğin önlenmesi “Sağlık ve çevreye yönelik riskleri azaltmak için tehlikeli atık oluşumunu azaltan, önleyen veya ortadan kaldıran tesis içi uygulamalarıdır.” şeklinde tanımlanırken (van Weenen, 1995); atık azaltma, endüstriyel üretim süreçleri sırasında oluşturulan atığın miktarını azaltmaya yönelik önlemler ve yöntemlerdir (Glavič ve Lukman, 2007). Üretim sürecinde veya hammaddelerin kullanımında temel değişikliklere olanak sağlayacak şekilde nihai ürünlerde gerçekleştirilen tasarım, oluşum ve teknik özellik değişiklikleri, doğrudan atık azaltımına katkı sağlayabilmektedir (van Weenen, 1995).

Yeniden kullanım ve geri dönüşüm ilkelerini de bünyesinde barındırabilen atık azaltımı, daha sürdürülebilir ve kaynak tasarrufu sağlayan bir ekonomiye ulaşmada önemli yer tutmaktadır. Atık azaltma ve kaynak tasarrufu stratejileri aşağıdaki faaliyetlere uygulanabilir (Stahel, 1994):

- Üretim (kapalı döngüler aracılığıyla temiz teknolojiler - sıfır atık hedefi, birincil malzemelerin geri dönüşümü).
- Kullanım (uzun ömürlü ürünler, ürün ömrünün uzatılması, ürünlerin ve sistemlerin daha yoğun kullanımı).
- Kullanım sonrası ("temiz" veya ayıklanmış malzemelerin ve yenilenmiş bileşenler ile parçaların ikincil geri dönüşümü).

Birbirinden tamamıyla farklı olan bu üç alanın atık azaltmadaki bir ortak paydası, kapalı döngülerdir. Diğer ortak payda ise atık önlemeyi uygulamaya yönelik yönetsel kararlar alınması ihtiyacıdır (Stahel, 1994).

2.1.6. Bozunma

Bozunma terimi, üretken potansiyelin kaybına neden olan biyolojik, kimyasal veya fiziksel bir süreçtir. Biyolojik bakış açısından bozunma, bitki ve hayvan kalıntılarının biyolojik olarak parçalanması anlamına gelmektedir ve bu bozunma sonrası temel bileşenleri gelecek nesil bitki ve hayvanlar için kullanılabilir hale getirilmektedir (Glavič ve Lukman, 2007). Bir ürünün, nesnenin veya atığın doğada zaman içerisinde yok olması anlamında da kullanılan bu terim için çözünme, ayrışma, biyobozunma gibi farklı terimler de kullanılmaktadır. Bir şeyin doğada bozunması, mantar ve bakteri gibi mikroorganizmalar tarafından mineral ve karbondioksit ayrıştırılması anlamına gelmekte olup aslında her şey doğada bozunmaktadır. Çevresel açıdan düşünüldüğünde burada önemli olan nokta, bir şeyin biyolojik bozunması için ne kadar süre gerektiğidir. Organik olup olmaması, bileşenleri, içerdiği malzemelerin türü, gördüğü işlemler, uygulanan kimyasallar vb. pek çok faktörün etki edebileceği bu süre, iki haftada (muz) gerçekleşebileceği gibi, 2 milyon yıl (strafor) da (General Kinematics, 2014) sürebilmektedir.

2.1.7. Eko-verimlilik

Eko-verimlilik, insan ihtiyaçlarını karşılayan ve yaşam kalitesini geliştirirken, aynı zamanda ekolojik etkileri ve kaynak yoğunluğunu dünyanın tahmini taşıma kapasitesiyle uyumlu bir düzeye kademeli olarak düşüren ürün ve hizmetlerin sunulmasıdır. Eko-verimlilik, ekonomi ve çevre arasındaki oranı temsil eden "daha azıyla daha fazlasını yapmak " kavramına dayanmakta olup karlılık sağlamak ve katma değer yaratmak için malzemelerin ve enerjinin daha verimli kullanılması ile ilgilidir. Kavramın yaygın kullanımı, özellikle üretim süreçlerini ve hizmetleri vurgulamaktadır (Glavič ve Lukman, 2007).

2.2. Yaklaşımlar

Bu bölümde yer almakta olan kavramlar, bir veya birkaç ilkenin üzerine kurulan yaklaşımlardır. Çalışmanın kapsamı sebebiyle özellikle tasarımla ilişkili olan yaklaşımlara daha çok yer verilmeye çalışılmıştır.

2.2.1. Temiz üretim

Çevresel değerlerin tahribatının önlenmesine yönelik iki yaklaşım bulunmakta olup bunlardan ilki yukarıda Atık Azaltma bölümünde anlatılan Boru Sonu Yaklaşımı, yani Kirlilik Kontrolü Yaklaşımıdır. Temiz Üretim Yaklaşımı ise çevresel değerlerin tahribinin önlenmesine yönelik ikinci yaklaşımdır. Üretimden kaynaklanan olumsuz çevresel etkileri mümkün olduğunca azaltmayı amaçlayan bu yaklaşım, geleneksel yöntemlerin aksine kirlilik kontrolünün sonradan değil; atık oluşumunun kaynağında önlenmesiyle sağlamayı benimser (Atak ve Fidan, 2014). Temiz üretim, üretimin çevre ve insan için oluşturduğu risklerin azaltıldığı, atıkların oluşum sırasında engellendiği ve havanın, suyun, toprağın kirlenmesinin önlenildiği, verimliliğin artırıldığı işlemlerin ve ürünlerin sürekli olarak ve beraber kullanılmasıdır. Sonradan düzeltme ve temizleme yerine en baştan önleme odaklı kirlilik kontrolü yöntemlerinin kullanılması, mevcut teknolojik süreçlerin doğal kaynaklardan en verimli şekilde faydalanılacak şekilde uyarlanması ve yeni süreçlerin bu doğrultuda geliştirilmesi, daha az enerji kullanılması ve daha az hammadde tüketilmesi ile atık oluşumunun azaltılması ve önlenmesi bu yaklaşımın temel ilkeleridir (Gülenç, 2004).

2.2.2. Eko-tasarım ve çevre için tasarım

Eko-tasarım, tasarım ve çevre konularının birçok yönünü bünyesinde bir araya getiren bir kavram olup temel amacı, bireylerin ihtiyaç ve isteklerini tatmin edebilmek için sürdürülebilir çözümler oluşturmak ve ürünün tasarım yöntemlerinde yapılacak iyileştirmeler sayesinde çevresel yükünü azaltmaktır. Pek çok tanımla bulunsa da, sıklıkla bir ürünün çevresel etkilerinin belirlenmesi ve bunların ürün tasarım sürecinin ilk aşamalarında ürünle birleştirilmesi faaliyeti olarak tanımlanmaktadır. Başka bir ifadeyle eko-tasarım, çevresel konuların ürün ve süreç tasarımı ile sistematik bütünleşmesidir. Eko-tasarım sürecinde fonksiyon, maliyet, kalite, yasalar ve teknik yeterlilik de süreç esnasında dikkate alınmakta olup kavram, ürünün çevresel performansını artırma amacı güden her türlü tasarım faaliyetini kapsamaktadır (Zeren ve Nakıboğlu, 2009).

Çevre için Tasarım (DfE – Design for Environment) ifadesiyle de bilinen Eko-tasarım kavramı, sürdürülebilir kalkınmanın endüstriyel süreçler ve ürün tasarımı bağlamında yorumlanması olarak da tanımlanabilmektedir. Her iki terim de bir ürünün tüm yaşam döngüsünü ve tüm süreçlerindeki çevresel yönlerini hesaba katarak ürünün yaşam döngüsü boyunca mümkün olan en az çevresel etkiye sebep olacak şekilde bir ürünün geliştirilmesi sürecidir. Bu yaklaşımın temel özelliği, ürünlerin çevreye olan etkilerinin tasarım aşamasının başlarında en aza indirilmesini hedeflemek olmakla beraber, ürün tasarımına ve hizmetlere çevresel boyutların dahil edilmesi, ürün yeniliklerine katkıda bulunmaktadır. Tasarım sürecinde işlevsellik, dayanıklılık, maliyet, pazara sunma süresi, estetik, ergonomi ve kalite konularına verilen önem çevresel boyutlara da verilmektedir. Kavram, eko-verimlilik, sağlık ve güvenlik, yeniden üretim, geri dönüşüm, kaynak azaltma, atık azaltımı gibi ilkeleri kapsamakta olup yaşam döngüsü değerlendirmesi ile bağlantılıdır. Sürdürülebilir çözümleri tasarlamak ve geliştirmek için oluşturulmuş stratejik bir tasarım faaliyeti olarak karşılık bulan eko-tasarım, aynı zamanda bir ürünün diğer işlevlerinden ödün vermeksizin yaşam döngüsü boyunca çevresel etkisini en aza indirmeyi amaçlayacak şekilde ürün geliştirme sürecine yön vermesiyle proaktif bir yönetim yaklaşımı olarak da değerlendirilebilmektedir (Cobut, Beauregard ve Blanchet, 2015; Glavič ve Lukman, 2007).

2.2.3. Yaşam döngüsü değerlendirmesi

Yaşam döngüsü terimi, ürünlerin tüm aşamalarının ve yaşam sürelerinin, çevresel etkilerinin yanı sıra hizmetleri, üretim süreçlerini ve karar verme süreçlerini de ele almaktadır ve yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA: Life Cycle Assesment) aracılığıyla eyleme dönüştürülür. Yaşam döngüsü değerlendirmesi, iyileştirilmiş yaşam döngüsü performansı elde etmek için bir esas oluşturmakla beraber sürdürülebilir kalkınmanın ürün tasarımı uygulanmasında temel bir yaklaşımdır. Yaşam döngüsü değerlendirmesinin tanımı EPA (Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı) ve EEA (Avrupa Çevre Ajansı) tarafından, “bir ürünün tüm ömrü boyunca çevre üzerindeki etkilerini değerlendirerek kaynak kullanım verimliliğini arttırmak ve yükümlülükleri azaltmak için bir yöntem/süreç” olarak yapılmıştır. LCA için temel unsurları şunlardır (Glavič ve Lukman, 2007):

- Tüketilen enerji ve hammaddeler, oluşan salınımlar ve atıklar vb. ilgili çevresel yükleri tanımlama ve ölçme
- Bu yüklerin potansiyel çevresel etkilerini değerlendirme
- Bu çevresel etkilerden kaçınmak veya bunları azaltmak için mevcut seçenekleri değerlendirme

1960'ların sonlarına doğru geliştirilen ve şirketler tarafından kaynak yönetimi için kullanılan bir araç olarak ortaya çıkan ve o dönemde tek bir etkiyi ya da tek bir ürünü esas alarak kullanılan yaşam döngüsü değerlendirmesi (McManus ve Taylor, 2015), zaman içerisinde gelişerek hammaddelerin çıkarılması ve işlenmesi, üretimi, dağıtımı, kullanımı, geri dönüşümü ve atıkların yok edilmesini de göz önüne alarak materyallerin çevresel performanslarının belirlenmesini sağlar hale gelmiştir (Topoyan, 2005). Bir ürünün veya ürünün gerçekleştirmek üzere tasarlandığı işlevin çevresel etkisini incelemek için kullanılabilen yaşam döngüsü değerlendirmesi, beşikten mezara analizi olarak da adlandırılmaktadır.

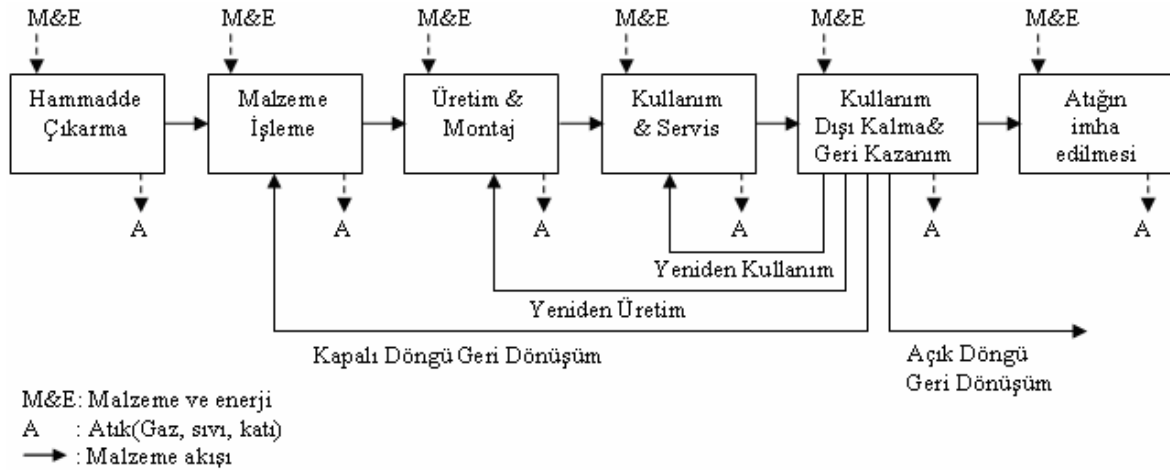
2.2.4. Beşikten beşiğe tasarım

Beşikten mezara yaklaşımı, bir ürünün üretiminde kullanılan doğal kaynakların kaynaktan ilk çıkarıldığı andan yaşam döngüsü sonunda ürünün ve bileşenlerinin bertarafına kadar olan her bir aşamanın değerlendirmeye ve tasarım sürecine dahil edilmesini içermektedir.

Beşikten mezara yaklaşımı bu haliyle, açık bir döngüyü ele almaktadır. Beşikten beşiğe yaklaşımında ise yaşam döngüsü tamamlanan ürünün bertarafı değil, yeni bir yaşam döngüsüne dahil olmak üzere hammadde olarak sürece tekrar katılması söz konusudur ve çoklu yaşam döngülerine odaklanan kapalı döngüleri ele almaktadır. Şekil 2.2’de ürün yaşam dönemi aşamaları ve çevresel etkileri verilmektedir.

İlk olarak 2002 yılında McDonough ve Braungart’ın “Cradle-to-cradle, Remaking the way we make things” adlı kitabında tanımlanan beşikten beşiğe kavramı, malzeme stratejisi üzerine yoğunlaşmakta ve doğadan esinlenen sürdürülebilir bir gelecek öngörüsü sunmaktadır (Bakker, Wever, Teoh ve De Clercq, 2010). Yazarların özellikle vurguladığı “atık eşittir gıda (*waste equals food*)” ilkesi, doğada hiçbir şeyin atık olmaması, sürekli olarak döngünün bir parçası olmaya devam etmesini ifade etmektedir.

C2C (beşikten beşiğe), çevresel ve ekonomik sistemler için faydayı en üst düzeye çıkarmayı sağlayan eko-etkin çözümler tasarlayarak ürünlerin pozitif ayak izini artırmayı hedeflemektedir. Eko-etkinlik terimi ise, malzemelerin sonraki kullanım döngüleri dahilinde de kalitesini ve verimliliğini koruyan veya artıran ürünlerin ve endüstriyel sistemlerin geliştirilmesine odaklanan bir yaklaşımı belirtmektedir (Niero, Hauschild, Hoffmeyer ve Olsen, 2017).



Şekil 2.2. Ürün yaşam dönemi aşamaları ve çevresel etkileri (Coşkun Kasap ve Peker, 2011: 102)

2.2.5. Atık yönetimi

Çevre ve Orman Bakanlığı (2008) 2008-2012 Atık Yönetimi Eylem Planına göre katı atık yönetimi “kıt olan enerji, hammadde gibi tabii kaynakların maksimum verimi sağlayacak şekilde kullanılmasını, az atıklı üretimin desteklenmesini, atıkların geri kazanımını ve yeniden kullanımını, hava, su, toprak ve canlılara zarar vermeden yok edilmesinin gerçekleştirilmesini amaçlayan toplama, taşıma, geri kazanım ve bertaraf işlemlerinin tümü” olarak tanımlanmaktadır (Kutlu Bülbül ve Özdal, 2015). Bununla beraber Avrupa Birliğinde atık yönetimi politikaları, Atık Çerçeve Direktifinde belirtildiği şekilde üç aşamalı bir atık yönetimi hiyerarşisi temelinde kurulmuştur. Buna göre birinci aşama, atığın oluşum sırasında engellenmesi, miktarının azaltılması ve tehlikelilik derecesinin düşürülmesidir. İkinci aşama, atığın yeniden kullanımı, geri dönüşümü, enerjiye dönüştürülmesi gibi yollarla geri kazanımını sağlamak iken son basamak, geri kazanımı gerçekleştirilemeyen atıkların güvenli bertarafıdır (Kutlu Bülbül ve Özdal, 2015).

Atıklar, düzgün olarak yönetilmediğinde sağlık problemlerine ve çevresel risklere neden olabilmektedir. Mevcut durumda biyo-atıklar için atık gömme, kompostlama (gübreye dönüştürme), yakma, geri dönüştürme ve yasadışı boşaltma gibi farklı yollar uygulanmaktadır (Ismail, Don, Diman ve Wijeyesekera, 2013; Wyk, 2001). Atık yakımı, biyolojik geri dönüşüm ve kompostlama için gerekli kaynakları yok ettiğinden biyoatıklarla baş etmede en olumsuz yöntem olarak değerlendirilmektedir. Atıkların geri dönüştürülmesi ise sera gazı salınımı ve su kirliliği faktörlerini içermemesinin yanı sıra enerjiyi koruması, endüstriye değerli hammaddeler sağlaması gibi yönleriyle etkili bir atık yönetimi seçeneği olmakta, yeşil teknolojilerin geliştirilmesine teşvik ettiği gibi doğal kaynakları korumakta ve yeni atık gömme alanları ile çöp yakma kazanları ihtiyacını azaltmaktadır (Wyk, 2001).

Katı atık yönetimi bağlamında pek çok atık çeşidi aslında yanlış yerleştirilmiş, konumu sebebiyle etkili değerlendirilmemiş varlıklardır. Başka bir ifadeyle pek çok atık çeşidi aslında mümkün olan herhangi bir yolla ortadan kaldırılması gereken şeyler olarak değil, potansiyel ekonomik varlıklar olarak görülmelidir. Biyoatık dönüşümü, atığı biyoürüne dönüştürmenin bir yoludur ve yenilenemez kaynakların giderek tükenmesiyle gelecekte çok daha yaygın kullanılması gerekecektir. Biyoatıkların hammadde olarak kullanılmanın başlıca getirileri şu şekilde sıralanabilir (Wyk, 2001):

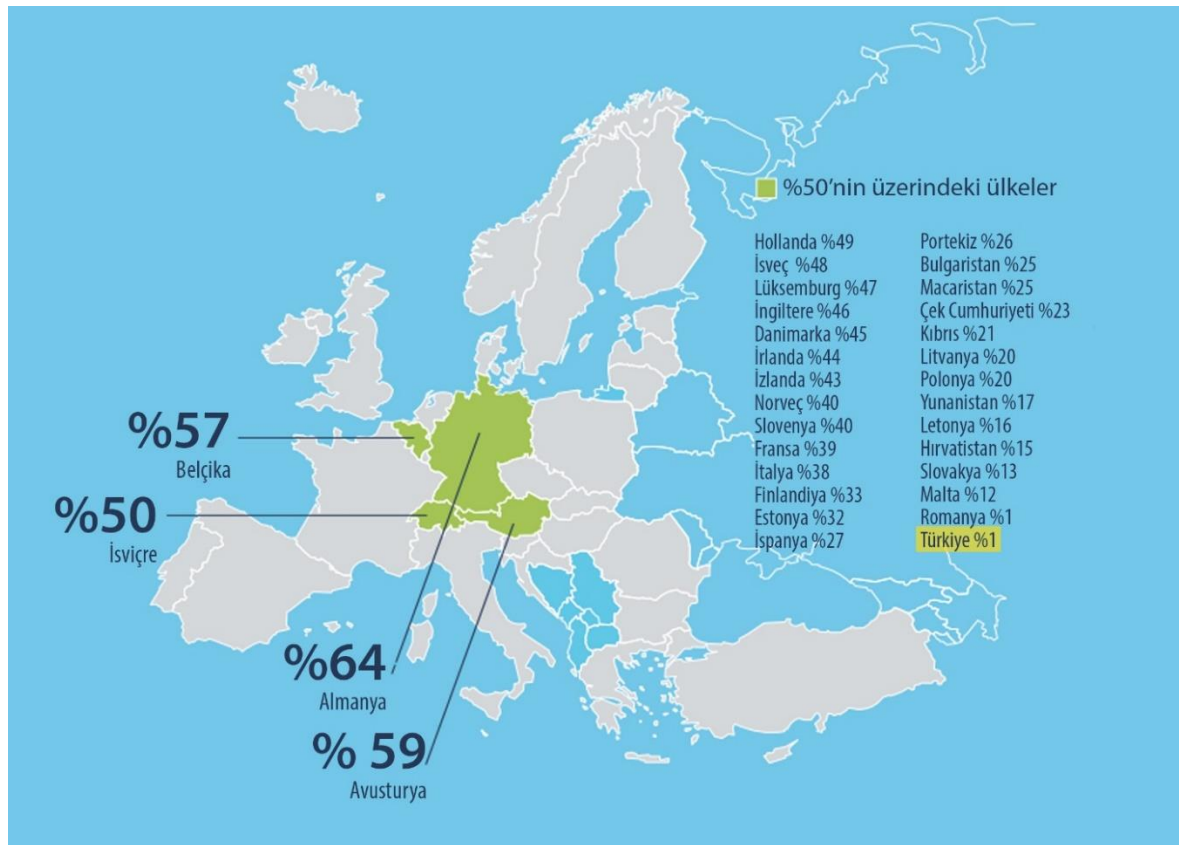
- ✓ Daha az kirliliğe sebep olan ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri daha az olan ürünler ve süreçler oluşturmak
- ✓ Biyoçözünürlüğü daha yüksek ürünler oluşturmak
- ✓ Daha düşük maliyetli ürünler geliştirmek
- ✓ Petrol kaynaklarından üretilmesi mümkün olmayan yeni ürünler geliştirmek
- ✓ Daha düşük maliyetli hammadde kullanmak
- ✓ Fosil yakıtlarına olan bağımlılığı azaltmak

Biyolojik kaynakların verimli kullanılabilmesi için tarımsal ve hayvansal üretim sistemlerinden, üretimden, hasattan; gıda, yem ve biyobazlı ürünlerin nakliyesinden, dönüştürülmesinden ve ticarileştirme faaliyetlerinden gelen atıkların, kalıntıların ve yan ürünlerin sınıflandırılması, faydalandırılması ve değerlendirilmesi gerekmektedir. Bunların yanı sıra belediye atığı ve endüstriyel katı atık gibi diğer biyokütle kaynaklarının da değerlendirilmesiyle yeni istihdam olanakları yaratılabileceği gibi piyasaya yeni biyobazlı ürün alternatifleri de sunulabilecektir. Halihazırda piyasada bulunan fosil bazlı ürünlerin yerini sürdürülebilirlik ve çevresellik bağlamında daha iyi performansa sahip biyobazlı ürünlerin alması fırsatı gelişmektedir (Lainez, González, Aguilar ve Vela, 2018; Popp, Lakner, Harangi-Rákos ve Fári, 2014).

Organik kökenli malzemeler, biyolojik kaynaklardan çıkan enerji malzemelerini tanımlayan bir terim olan biyokütle olarak bilinmektedir ve bunlar organik olmayan malzemeler ve fosil karbonhidratlarla kıyaslandığında yenilenebilir olması sebebiyle sürdürülebilir kalkınmada büyük bir öneme sahiptir (Wyk, 2001). Atık üretimi ise süregelen bir problemdir ve atık malzemeleri değeri olan ürünler üretmek için dönüştürmek yalnızca sürdürülebilir kalkınmayı geliştirmekle kalmayıp aynı zamanda etkili atık yönetim gelişmesine de yardım eder (Kannan ve Ronan, 2017).

Avrupa Birliği'nde oluşturulan ambalaj atığı miktarı kişi başı yıllık ortalama 157 kg iken en hızlı büyümekte olan atık kolu durumundaki elektrik elektronik malzeme atıklarının miktarının 2020'de yıllık 12 milyon tona ulaşması beklenmektedir. Atık miktarının önemli olması kadar atık yönetimi de büyük önem taşımaktadır. AB atık mevzuatının temelini oluşturan Atık Çerçeve Direktifi, önleme ile başlayan, yeniden kullanım, geri dönüşüm ve geri kazanım ile devam eden ve bertaraf ile sonlanan bir atık yönetim hiyerarşisi sunmaktadır. Başka bir deyişle bu hiyerarşi, atık oluşumundan mümkün olduğunca

kaçınmayı, önlenemeyip oluşan atıkları bir kaynak olarak kullanabilmeyi ve atık sahasına gönderilen atık miktarını en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Atık sahalarında toplanan atıkların bir miktarı yakma veya geri dönüştürme için kullanılabilir. Yakılan atıklardan elde edilen enerji ısı ve elektrik üretiminde kullanılabileceğinden; kömür veya diğer yakıtların kullanılmasıyla enerji üretilmesinin yerini atıktan enerji kazanımının alması sera gazı salınımlarının azaltılmasına katkı sağlayabilmektedir. Ancak yakmaya kıyasla geri dönüşüm seçeneği, sera gazı ve diğer salınımların azaltılmasında hem daha etkin bir rol oynamakta; hem de yeni malzemelerin yerini geri dönüştürülmüş malzemelerin alması ile ilk aşamada daha az yeni malzemenin çıkartılmasını ya da üretilmesini gerektirmektedir (European Environment Agency, 2014).



Şekil 2.3. Avrupa ülkelerindeki kentsel atık geri dönüşüm oranları (European Environment Agency, 2014: 30)

Atıklar çevreyi dolaylı olarak da etkilemekte; geri dönüştürülmeyen veya atıktan geri kazanılmayan her şey, hammaddenin ve zincirde kullanılan (ürünün üretim, taşıma ve tüketim aşamalarındaki) diğer girdilerin bir kaybını temsil etmektedir. Yaşam döngüsü zincirindeki çevresel etkiler ise, tek başına atık yönetim aşamalarındaki etkilerinden

önemli ölçüde daha büyüktür. Daha az malzemenin (yeryüzünden) çıkartılması ve mevcut kaynakların kullanılması, zincir boyunca yaratılan etkilerden bazılarını engellemeye yardımcı olmaktadır, kullanılmayan atıklar da potansiyel bir kaybı temsil etmektedir. Pek çok ülkede kentsel katı atığın büyük çoğunluğunu mutfak ve bahçe atıkları oluşturmakta, bu atık tipi ise ayrı ayrı toplandığında enerji kaynağına ya da gübreye dönüştürülebilmektedir. Anaerobik sindirim, biyoatığın katı atık sahalarındakine benzer bir şekilde ancak kontrollü şartlar altında biyolojik bozunma işlemine tabi tutulmasını içeren bir atık arıtma yöntemi olup biyogazın yanı sıra kompost ve gübre gibi kullanılabilen artık madde üretmektedir (European Environment Agency, 2014).

Ambalaj Atıkları

Ambalajlama, modern tüketimin yaygın bir unsuru olup hem geniş bir yelpazede işlevsellik sunmakta hem de tüketiciye yarar sağlamaktadır. Ambalajlamanın en temel işlevi koruyuculuktur ve bir ambalajdan, barındırdığı ürünü o ürünün üretildiği andan ve yerden itibaren kullanılmaya başlanacağı yere ve zamana kadarki yolculuğunda çevredeki etkilerden koruması beklenmektedir (Arifin ve Yusuf, 2013). Bununla beraber ambalajın rolünün en büyük öneme sahip olduğu pazarı paketlenmiş tüketim ürünleri oluşturmaktadır; çünkü bu ürünlerde ürün kalitesinin korunması, ürün kayıplarının engellenmesi, taşıma ve istiflemenin kolaylaştırılması ve pazar farklılaştırılması ambalaj öğeleriyle güçlü bir şekilde ilişkilidir (Steenis, van Herpen, van der Lans, Ligthart ve van Trijp, 2017). Mevcut pratikte ambalajlar, içerdiklerinin daha uzun süre dayanmasını sağlamaya yönelik tasarlanmaktadır ve kullanımından sonra gereksiz hale gelmektedir. Paketlenmiş tüketim ürünlerindeki alım ve elden çıkarma yoğunluğu küresel ısınmaya, hammadde tüketimine, asitlendirmeye ve enerji tüketimine neden olmasıyla artan bir çevresel yük oluşturmaktadır (Bovea, Serrano, Bruscas ve Gallardo, 2006; Steenis ve diğerleri, 2017).

Ambalaj atıklarının oluşumu ambalajın üretim, kullanım ve bertaraf süreçlerinden kaynaklı çevresel zararların azaltılması amacıyla önlenmeye çalışılmalıdır ve bu, nicel veya nitel önleme yoluyla gerçekleştirilebilir. Nicel önleme ambalajın kullanımının, üretiminde kullanılan malzeme miktarının ve hacminin azaltılması şeklindeyken nitel önleme ise ambalajların geri dönüşüme daha uygun, üretimi sırasında daha az atık oluşturan ve daha

az emisyonu sebep olacak şekilde tasarlanması, üretiminde geri dönüşümlü ve çevre dostu alternatif malzemelerin kullanılması şeklinde sağlanabilir (Kutlu Bülbül ve Özdal, 2015).

Çizelge 2.1’de Türkiye genelinde 2012-2020 yılları arasında tüm ambalaj türleri (plastik, metal, kompozit, kağıt/karton, cam, ahşap) için toplam ve plastik ambalajlar için üretilen ambalaj miktarları ve “bertarafı Ambalaj Atıkları Kontrolü Yönetmeliği çerçevesinde gerçekleştirilen ambalajlar” kapsamında piyasaya sürülen ambalaj ve geri kazanılan ambalaj atığı miktarları (Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Sıfır Atık ve ve Atık İşleme Dairesi Başkanlığı Sıfır Atık Uygulamaları Şube Müdürlüğü, 2015, 2016, 2017, 2018a, 2018b, 2019, 2020, 2021, 2022) yer almaktadır.

Çizelge 2.1. 2012-2020 yılları arası üretilen, piyasaya sürülen ambalaj ve geri kazanılan ambalaj atığı verileri tablosu

Yıl	Ambalaj Cinsi	Üretilen Ambalaj (Milyon Ton)	Piyasaya Sürülen Ambalaj (Ton)	Geri Kazanılan Ambalaj Atığı (Ton)
2012	Toplam	4,45 milyon	2,68 milyon	1,83 milyon
	Plastik	1,37 milyon	0,90 milyon	0,37 milyon
2013	Toplam	5,90 milyon	3,52 milyon	2,30 milyon
	Plastik	1,56 milyon	0,90 milyon	0,47 milyon
2014	Toplam	7,28 milyon	3,94 milyon	2,42 milyon
	Plastik	3,51 milyon	1,14 milyon	0,50 milyon
2015	Toplam	7,08 milyon	4,18 milyon	2,53 milyon
	Plastik	2,24 milyon	1,24 milyon	0,50 milyon
2016	Toplam	7,73 milyon	3,85 milyon	2,26 milyon
	Plastik	3,08 milyon	0,91 milyon	0,49 milyon
2017	Toplam	8,63 milyon	4,12 milyon	2,19 milyon
	Plastik	3,15 milyon	0,91 milyon	0,49 milyon
2018	Toplam	8,93 milyon	3,89 milyon	2,37 milyon
	Plastik	4,09 milyon	0,94 milyon	0,59 milyon
2019	Toplam	9,99 milyon	4,77 milyon	2,30 milyon
	Plastik	3,00 milyon	1,03 milyon	0,58 milyon
2020	Toplam	9,44 milyon	3,70 milyon	2,30 milyon
	Plastik	2,87 milyon	0,92 milyon	0,61 milyon

Ticari gelişimi 1940’larda başlayan ve elektronik, inşaat, sağlık ve ambalaj gibi farklı sektörlerde inovasyon için bir itici güç oluşturan plastikler, geniş bir yelpazede uygulama alanı bulması ile yaşam standartlarını büyük ölçüde iyileştirmiştir (Thompson, Moore, vom Saal ve Swan, 2009). Ancak plastiklerin sağladığı pek çok faydaya karşın çevresel etkileri büyük olmakta; üretimi için fazla enerji tüketilmekte, büyük miktarlarda sera gazı salınmakta ve fosil bazlı kaynaklara ekonomik olarak bağımlı hale gelinmektedir. Sürdürülebilir olmayan bir malzeme türü olan plastikler, ağırlıklı olarak ömrü bir yıldan az olan ve tek kullanımlık ürünler üretmek için kullanılmaktadır (Appels ve Wosten, 2021). Yalnızca 2015 yılında dünya genelinde 380 milyon ton plastik üretilmiş olup o yılda üretilen plastiklerin %42’sinin ambalaj olarak kullanıldığı; o yılki toplam plastik atıkların ise %54’ünün ambalaj kaynaklı olduğu tahmin edilmektedir (Geyer, Jambeck ve Law, 2017).

2.2.6. Sıfır Atık

Sıfır atık terimini ilk ortaya süren Paul Palmer (Sıfır Atık Enstitüsü Kurucu Direktörü), ilk başlarda konuyu çevresel olarak bilimsel ve finansal açıdan değerlendirmekteydi. Silikon Vadisi’ndeki yüksek teknoloji işletmelerinin yeniden kullanılabilmesi mümkün, değerli ve temiz kimyasalları atığını fark eden Palmer, atık ürünleri pazarlayan bir şirket kurarak atılan her kimyasal için yeni kullanımlar belirledi. Palmer’ın tanımına göre sıfır atık, eşyaların bir kez kullanılıp atılması yerine yeniden kullanılması ilkesine dayanmaktadır, bir boru sonu stratejisi değildir ve yakılmak veya gömülmek yerine tüm kaynakların geri kazanımını ifade etmektedir (Mauch, 2016).

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Sıfır Atık Yönetmeliğine göre sıfır atık; “üretim, tüketim ve hizmet süreçlerinde atık oluşumunun önlenmesi/azaltılması, yeniden kullanıma öncelik verilmesi, oluşan atıkların ise kaynağında ayrı biriktirilerek toplanması ve geri dönüşüm ve/veya geri kazanımının sağlanarak bertarafa gönderilecek atık miktarının azaltılması suretiyle çevre ve insan sağlığının ve tüm kaynakların korunmasını hedefleyen yaklaşım” olarak ifade etmektedir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2019).

Atık veya çöp her zaman teknik veya yönetimsel bir sorun olarak görülmüş olmakla beraber giderek pek çok insan tarafından atığın yalnızca yanlış yerleştirilmiş bir kaynak olduğu ve bu nedenle atık sorunun yeterli teknolojik ilerleme ile çözülebileceği görüşü

benimsenmeye başlamıştır. Sıfır atık yaklaşımının amacı, sistematik bir yeniden tasarım yoluyla, ürünlerden geriye kalanların yeni ürünlerin üretiminde kullanılmak üzere yeniden kullanıma veya geri dönüşüme yönlendirerek zararlı ve gereksiz ürün israflarının oluşmasını sonlandırmaktır (Song, T., 2016).

Üretimde olduğu kadar tüketimde de sıfır atık kültürüne ulaşmak için çalışılması gerekmektedir. Sıfır atık, yalnızca altyapıların ve politikaların dönüştürülmesini değil, aynı zamanda eğitim, öğretim ve araştırmaların sürekliliğini; teknolojik çözümler kadar yönetimlerde, değerlerde, normlarda ve davranışlarda da toplum çapında bir değişimi gerektirmektedir (Gutberlet, 2016).

2.3. Stratejiler

Sürdürülebilirlik stratejileri, bir veya birden çok ilke üzerine kurulan, farklı yaklaşımları bünyesinde bulunduran; sürdürülebilirliği daha geniş bir kapsamda ele alan ekonomi modelleridir.

2.3.1. Dairesel ekonomi

Günümüz üretim ve tüketim süreçleri yalnızca ürün ve hizmet değil; ayrıca kalıntı (çevreye yayılan kirletici madde, ahşap veya metal gibi malzemelerin kullanılmayan kısımları, herhangi bir sebepten tüketilmeyen gıdalar) da üretmektedir. Aynı durum kullanım süresinin sonuna gelen ürünler için de geçerlidir ve bu kalıntıların bir kısmı kısmen yeniden kullanılmış veya geri dönüştürülmüş olsa da bir kısmı katı atık sahalarına veya atık yakımına gönderilmektedir. Ürünlerde ve hizmetlerde kullanılıp bir şekilde tam olarak faydalanılmayan bu kaynaklar, yalnızca bir çevresel problem değil; aynı zamanda potansiyel bir ekonomik kayıp oluşturmaktadır. İdeal bir dünyada neredeyse her şeyin yeniden kullanılabilir, geri dönüştürülebilir veya başka çıktılar üretmek üzere geri kazanılabilir olması düşüncesiyle dairesele ekonomi kavramı, mümkün olan en az kaybın oluşturulduğu bir üretim ve tüketim sistemi öngörmektedir. Ürünlerin ve üretim süreçlerinin yeniden tasarlanması ile israfın en aza indirilmesi ve kullanılmayan kısımların tekrar kaynağa dönüştürülmesi kolaylaştırılabilmektedir (European Environment Agency, 2014).

Geri dönüşüm, yeniden kullanım ve yenileştirmeyi içeren dairesel malzeme kullanımı, ekonominin doğal kaynaklardan malzeme çıkarımına ve hammadde ithalatına bağımlılığını azaltmayı ve atık oluşumunun önüne geçmeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda hem çevresel hem ekonomik getirileri olan dairesel ekonomi, toplumsal ve çevresel sürdürülebilirliği sağlayacak olan kaynak kullanım mekanizması olarak görülmektedir. Dairesel ekonominin temel amacı, ürünlerin, ürün bileşenlerinin ve malzemelerin işlevlerini ve değerlerini mümkün olan en yüksek seviyede tutabilmek ve bu ürünlerin yaşam sürelerini uzatabilmektir. Bir ürünün değerinin olabildiğince uzun süre korunması, doğal kaynak kullanımının ve ürünleri yenisiyle değiştirmenin, hatta geri dönüşüm süreçlerinde kaçınılmaz olan değer kayıplarının çevresel etkilerinin önüne geçmektedir (European Environment Agency, 2017).

Dairesel ekonominin merkezinde malzemelerin ve ürünlerin değerlerinin mümkün olduğunca uzun süre korunabilmesi düşüncesi yer almaktadır. Bu eğilim, yeni malzeme ve enerji girdisi ihtiyacını en aza indirgeyerek kaynak çıkartmadan üretim kullanım ve yaşam sonu süreçlerini içeren yaşam döngüsüyle ilişkili çevresel baskıyı azaltmaya yardım etmektedir. Dairesel stratejiler yeniden kullanım, onarım, yeniden dağıtım, yenileştirme ve yeniden üretim yaklaşımlarını kapsayan iç halka ve geri dönüşüm ile enerji kazanımını içeren dış halka olarak ayrıldığında, iç halkadaki yaklaşımların dış halkadakilere kıyasla daha yüksek getirilere sahip olduğu görülmektedir. Bunun sebebi ise, toplama ve işleme süreçlerindeki kayıplar ve malzeme kalitesinin geri dönüşüm sırasında azalmasıdır (European Environment Agency, 2017).

Doğrusal endüstriyel ekonomi, doğal kaynakları atığa dönüştürmekte; hem doğal sermayenin kendisinin hem de atık kirliliği sebebiyle doğal sermayenin değerinin azalmasına sebep olarak çevrenin bozulmasına yol açmaktadır. Buna karşıt olarak ise dairesel ekonomi, kaynak ediniminde verilen hasarı telafi ederek, hem üretim hem ürünlerin yaşam döngüsü süreçlerinde atık oluşumunu en aza indirerek çevre üzerinde bir etki bırakmamayı amaçlamaktadır. Enerjinin korunumunu geliştirmesi ve sera gazı salınımlarını azalmasını öngören dairesel ekonomi kavramının ayrıca yeni iş sahaları oluşturacağı ve rekabeti güçlendireceği düşünülmektedir (Ness ve Xing, 2017).

Dairesel ekonomi kavramına göre malzemeler doğal sistemlerde olduğu gibi, endüstriyel sistemler dahilinde döngüsel olacak şekilde tasarlanabilir. Sanayilerin dairesel ekonomi

kavramını benimsemesi için standartlaşmış kullanım ve ürünlerin ya da malzemelerin geri dönüşümünü destekleyen politikanın oluşturulması önem arz etmektedir. Bilgi kaynakları olmadığında paydaşlar geri dönüşüm baskısına karşın nasıl bir tutum izleyeceklerini veya atıklarını hangi yollarla verimli bir şekilde geri dönüştüreceklerini bilememektedir. Dairesel ekonomi kavramının başarılı bir şekilde uygulanması için paydaşların (uygulamanın getireceği) muhtemel ekonomik faydalar, atık azaltımı, çevresel yükün azaltımı, malzemelerin yeniden kullanımı gibi konularda net bir bilgiye sahip olması gerekmektedir. Tüketici açısından bakıldığında, yeniden kullanılmış ve geri dönüştürülmüş ürünler için artan bir talep ve pazarın oluştuğu görülmektedir (Winans, Kendall ve Deng, 2017).

Ürünler, toplumun ihtiyaçlarına hizmet ederek ve bireylerin kimliklerine katkıda bulunarak ekonomide kilit rol oynamaktadır. Ürün tasarımı; uzun ömürlülük, onarılabilirlik, geri dönüştürülebilirlik, ürünlerdeki geri dönüştürülmüş ve yenilenebilir malzeme oranı, ürünün yenileştirme veya yeniden üretime uygunluğu konularında büyük oranda belirleyici olmaktadır. Bu sebeple bir ürünün dairesellik potansiyeli, ürün tasarımı ile belirlenmektedir. Başka bir ifadeyle, ürünleri daha iyi tasarlamak, fayda verecek yaşam sürelerini uzatmak ve sistem dahilinde sahip oldukları rollerini değiştirmek, bir dairesel ekonominin geliştirilmesi için büyük önem taşımaktadır (European Environment Agency, 2017). Çizelge 2.2’de doğrusal bir ekonomideki ve dairesel bir ekonomideki ürünlerin rollerini tanımlayan önemli mekanizmalar; ticari, tüketici ve politik açılardan kıyaslanmaktadır.

Her ne kadar doğrusal ekonomi derin bir şekilde yerleşmiş olsa da, yükselen bazı trendler ürünlerin toplum içindeki rollerinin değişmekte olduğunu göstermektedir. Bu ürün trendlerinden en ilgili olanları ve bunların malzeme döngüsellliği üzerindeki olumlu ve olumsuz etkileri ise Çizelge 2.3’te gösterilmektedir.

Çizelge 2.2. Doğrusal ve dairesel ekonomilerdeki ürünlerin rolünü belirleyen mekanizmalar (European Environment Agency, 2017: 14-15'ten çevrilmiştir)

Doğrusal Sistem Mekanizmaları	Dairesel Sistem Mekanizmaları
Ticari bakış açısı	
Değer yaratma kaynağı olarak ürün	Değer yaratmanın kaynağı olarak işlevsellik/ performans
Küresel üretim zincirlerinde ölçek ekonomileri	Üretimin ve kullanımın konumunun daha bağlantılı olma eğilimi
Tüketicinin ihtiyaçlarının sunulan ürüne yönlendirilmesi	Ürünün rolünün kullanıcı ihtiyacı/isteği doğrultusunda belirlenmesi
Yaşam sonu aşamasını göz ardı etme eğilimi	İş modellerine yaşam sonu aşamasını dahil etmeye yönelik içsel teşvik
Tüketici bakış açısı	
Tüketiciliğin pazarlamayı takip etmesi	Müşteri memnuniyetinin önemli bir yönlendirici olması
Maliyet azaltımı için uluslararası fırsatlar	“Önce yerel” tutumu
Kuralın sahiplik oluşu	Kuralın erişim oluşu
Ürünlerin artık değerinin az oluşu / olmayışı	Kullanım sonu teşviklerinin dahil edilişi
Politik bakış açısı	
Mevcut üretim sistemine olan bağımlılık	Kalifiye işgücünü geliştirmeye daha çok odaklanma
Küresel oyun sahası	Dış kaynak kullanımı için daha az risk
Tüketici korumasının ekonomik çıkarlar ile dengelenmesi	Sağlık ve güvenlik hizmetlerinin düzenlemelerle kolaylaştırılması
Sağlık veya çevresel kaygılar ile harekete geçirilen eylemler (atıklar açısından)	Yaşam sonu yönetiminin kolaylaştırılması

Çizelge 2.3. Ürün trendlerinin malzeme döngüsellliği üzerindeki belirleyici etkileri (European Environment Agency, 2017: 25'ten çevrilmiştir)

Trend	Olumlu Tarafları	Olumsuz Tarafları
Ürün tasarımında ve işlevselliğindeki artan karmaşıklık	Çok işlevlilik sayesinde toplam malzeme talebinde azalmayı sağlayabilir.	Yeniden kullanım ve geri dönüşüm potansiyelini azaltır (heterojen malzemeler, karmaşık demontaj).
Modüler tasarımın artan kullanımı	Daha kolay yeniden üretim ve onarım sayesinde ürün yaşam ömrünü uzatabilir.	
Katmanlı imalat ile talep üzerine yerel üretim	Çıkarmalı üretime kıyaslandığında malzeme verimliliği artışı mümkün kılar.	Ürünlerin özelleştirilmesi / kişiselleştirilmesi paylaşımlı kullanımı sekteye uğratabilir. Geri dönüştürülebilirliği (çok malzemeli ürünler) güçleştirebilir.
Ürünlerin çevresinde oluşturulan hizmetler	Ürün ve malzeme kullanımı verimliliğini yükseltebilir (kullanım sıklığı, uzun ömürlülük, onarım).	
Adrese teslim sistemleri	Tersine lojistik, ürünlerin yeniden kullanımına, onarımına ve yeniden üretimine olanak sağlar.	Evsel atıklarda artışa neden olabilir (ambalaj malzemeleri).
Değişen ürün yaşam süresi	Bazı ürünlerin teknik ürün yaşam süresinde artış	Diğerlerinin faydalı ürün yaşam süresinde azalış
Ortak tüketim	Bireysel ürün kullanımlarının daha verimli/ sık kullanılmasına olanak sağlar.	
Geri dönüşüm pazarları	Geri dönüşüm iş modellerine destek sağlar.	Yeniden kullanım için teşvikleri azaltır.
Nesnelerin interneti	Ürün bileşimine ilişkin daha iyi bilgi, malzeme geri dönüşümünün iyileştirilmesini sağlar.	Muhtemelen daha karmaşık ürünlere yönlendirir.

Üretimi besleyen pek çok malzemenin ve doğal kaynakların giderek tükenmesi, buna karşın küresel ölçekte süregelen kaynak yarışının devam etmesi göz önünde bulundurulduğunda, ürünlerin ve hizmetlerin tasarlanma şeklinde malzemelerin katı atık sahalarına doğru devam eden akışı büyüyen bir sorun haline gelmektedir. Bu sorunu çözebilmek için kaynak verimliliğine yönelik daha iyi tasarımlara ihtiyaç duyulmakta; ayrıca sürecin paydaşlarının da yönlendirmesiyle tasarımcının daireselliğe doğru takip edebileceği farklı rotaların belirlenmesi gerekmektedir. Bunlar içinse yeniden düşünülmüş

bir sistem tasarımı gerekliliğinden hareketle RSA (Royal Society for the Encouragement of Arts, Manufactures and Commerce) bünyesinde bulunan Eylem ve Araştırma Merkezi tarafından 2012 yılında Great Recovery Projesi başlatılmıştır. Kaynak verimliliği ilkeleri üzerine kurulu bir ekonominin gelişimini sağlamaya yönelik donatılmış bir disiplinler arası tasarım topluluğu oluşturmayı amaçlayan bu projenin sonunda, dört tasarım modeli önerilmiştir (RSA, 2013):

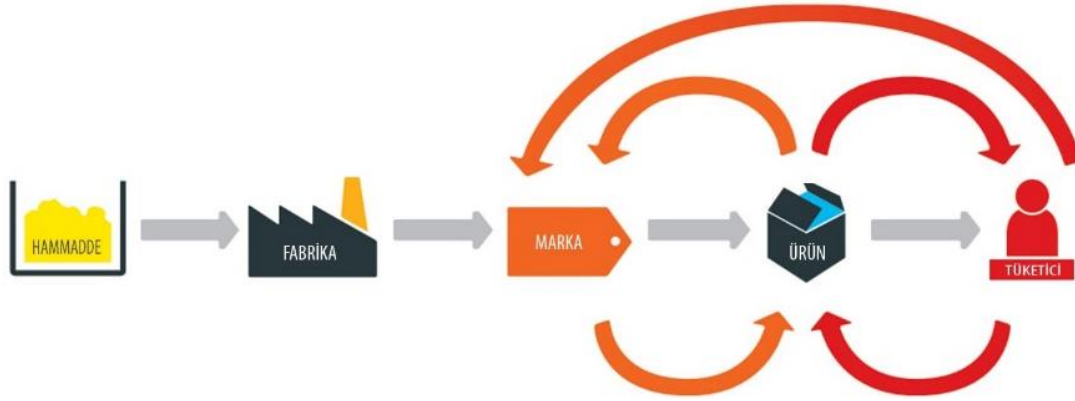
Uzun ömürlülük için tasarım



Şekil 2.4. Uzun ömürlülük için tasarım (RSA, 2013: 34'ten çevrilmiştir)

Tüketiciye/kullanıcıya en yakın rotayı izleyen bu tasarım modelinde ürünler kullanıcıların atmaya ihtiyaç ya da istek duymayacağı şekilde uzun süre dayanım gösterecek şekilde tasarlanmalıdır. Bu döngüde yer alan ürünler, gerektiği durumlarda kullanıcının güncelleme, düzenleme, onarma gibi müdahaleleriyle ömrü uzatılabilir şekilde tasarlanmalıdır. Bu tür eylemler için ilgili bilgiye erişme ve kullanım kılavuzlarına ihtiyaç duyulan bu ürünlerin tasarımlarının güvenlik koruma bantları ya da yapıştırılmış parçalarını kırmayı gerektirmeyecek şekilde parçalarına kolay ayrılabilir şekilde olması önemlidir. Bunun yanı sıra bu döngüdeki ürünler devam ettirilebilir işlevselliğiyle arzu edilebilir uzun ve uyarlanabilir hizmet ömrüyle güvenilir olacak şekilde tasarlanmalı; kullanıcıların kendilerini bu ürünlerle duygusal olarak nasıl bağlandığı da göz önünde bulundurulmalıdır. Bu modelin firmaların daha çok satarak daha çok kar etme kaygısı, firma gizliliği ve fikri mülkiyet hukuku gibi engelleri vardır (RSA, 2013).

Kiralama / hizmet için tasarım

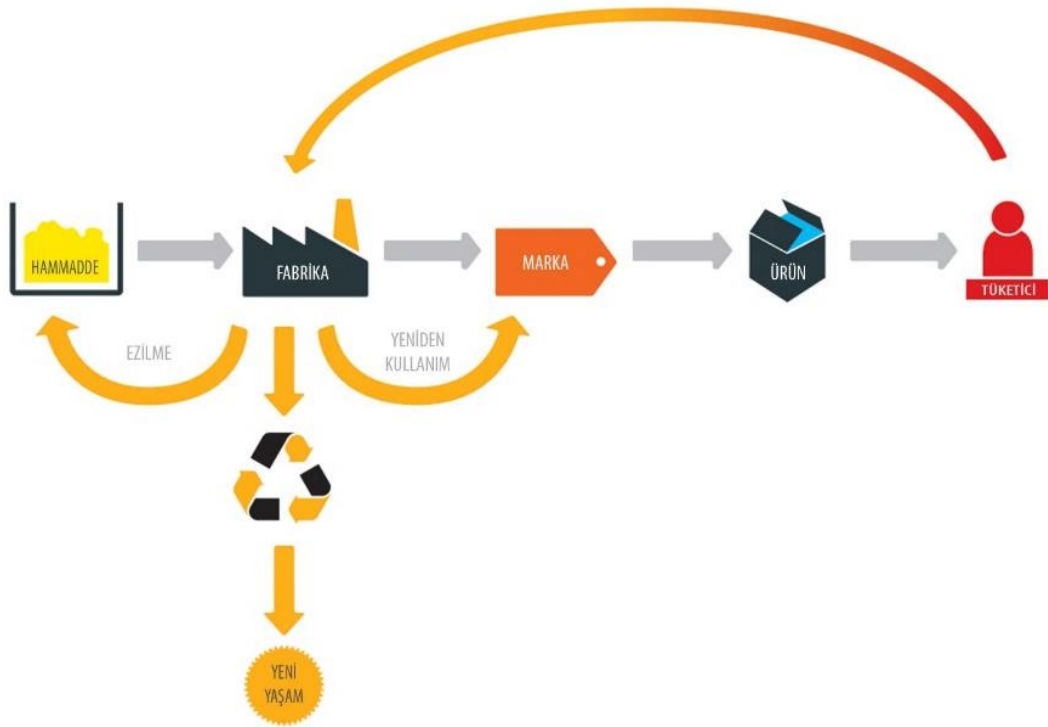


Şekil 2.5. Kiralama / hizmet için tasarım (RSA, 2013: 35'ten çevrilmiştir)

Dijital platformlar ve değişen tüketici davranışları, ürünleri paylaşmayı ve kiralamayı onları satın almaya ya da sahiplenmeye karşı bir alternatif olarak karşımıza çıkarmaktadır. Örneğin yaygın bir hizmet haline gelmiş olan araç kiralama hizmetindeki paylaşım modeli yavaş yavaş diğer ürün gruplarına da yayılmaya başlamaktadır. Etkili bir dairesel ekonomi için önemli bir role sahip olan hizmet tasarımı dahilinde, ürünlerin satışı yapılmadığında malzeme üreticinin sahipliğinde kalır ve böylece değeri de sistem içerisinde korunur (RSA, 2013).

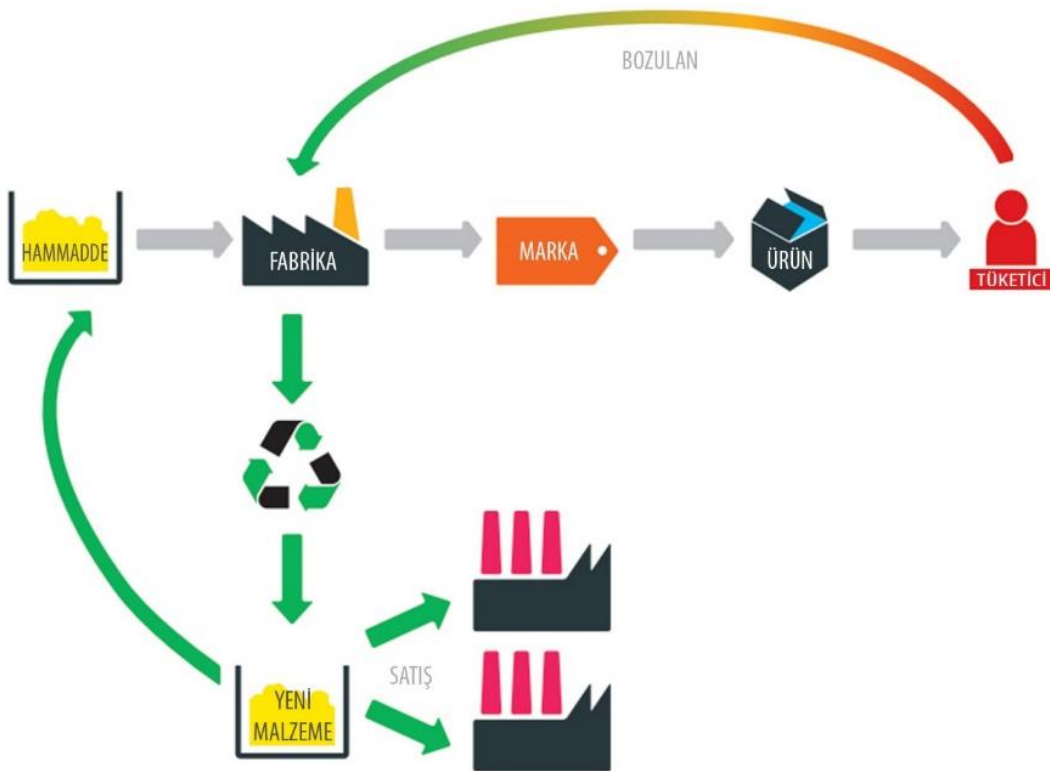
Üretimde yeniden kullanmak için tasarım

Atık yönetimi için uygulanan mevcut ezip eritme yöntemine karşın demontaj için tasarım yaklaşımının uygulanabilmesi için firmaların yeni ekipmanlandırmalara ve fabrikada söküm amaçlı istihdama yönelik teşvike ihtiyacı vardır. Yeni sistem tasarımları doğrultusunda malzemenin yeniden elde edilmesi, ürünün tekrar malzeme akışına dahil olmasını sağlayarak firmanın yükselen fiyat oynaklığından etkilenme riskini azaltır. Genişletilmiş üretici sorumluluğu yeni kapalı döngü ortaklıkları ise firmaları mevcut tedarik zincirlerinin dışına bakmaya yönlendirir ve endüstriyel simbiyoz ağları olarak bilinen bu tip iş ortaklıkları, bir firmanın atığının başka bir firma için hammadde kaynağı olarak kullanılması sayesinde bir kapalı döngü sisteminin tasarlanmasına fırsat verir. (Tekil) üretici sorumluluğu, hacimden ziyade malzemenin değerine odaklanmayı sağlayabileceği gibi, eski ürünleri servis, onarım, yükseltme, iyileştirme gibi amaçlar için üretim sistemine geri getirecek ürünler ve hizmetler tasarlanmasına da yönlendirebilir ve bu da üretim ölçeğinde uzun ömürlülük için tasarımıdır (RSA, 2013).



Şekil 2.6. Üretimde yeniden kullanmak için tasarım (RSA, 2013: 35'ten çevrilmiştir)

Malzeme kurtarımı için tasarım



Şekil 2.7. Malzeme kurtarımı için tasarım (RSA, 2013: 35'ten çevrilmiştir)

Toplum tarafından ya da biyolojik ve kimyasal süreçler doğrultusunda kaynakların döngüler halinde işlendiği onarıcı bir sistem olan dairesel ekonomi; atıklardan üretim ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı gibi ilkeleri yansıtmaktadır. Dairesel ekonomi, malzeme döngülerini kapatmaya, kaynak tüketimini azaltmaya ve çevreye bırakılan atık miktarını en aza indirmeye odaklanmakta iken bunların sağlanması için mevcuttaki malzemelerin ve ürünlerin yeniden kullanılması, onarılması, yenilenmesi ve geri dönüştürülmesi önemli hale gelmektedir. Bu açıdan bakıldığında, dairesel ekonomi kapsamında atık kavramı değişmekte; kullanılmış ürünler biyolojik veya teknolojik döngüler için kaynak haline gelmektedir. Yenilenebilir hammaddelerin kullanımı ve malzemelerin doğadaki biyolojik aktivite tarafından bozunma kabiliyeti olan biyoçözünürlük, malzemelerin dairesel üretiminin sağlanması açısından iki önemli faktör olmaktadır (Appels ve Wosten, 2021).

2.3.2. Endüstriyel ekoloji

Dairesel ekonomi konseptinin kavramsal köklerinin uzandığı endüstriyel ekoloji, normalde birbirinden çok farklı alanlarda faaliyet gösteren firmalar ve farklı üretim süreçleri arasında bir tür maddi simbiyoz oluşturmayı öngörmektedir. Endüstriyel ekoloji, endüstriyel simbiyoz projelerinde olduğu gibi karmaşık bağlantıların geliştirilmesi yoluyla artık halindeki yan ürünlerin geri dönüştürülmesinin faydalarını vurgulamaktadır. Kaynak kullanımının en aza indirilmesini ve daha temiz teknolojilerin benimsenmesini teşvik eden endüstriyel ekoloji, dairesel bir ekonominin hem topluma hem de ekonomiye bir bütün olarak fayda sağlayacağını savunmaktadır. Bu faydanın sağlanması ise yalnızca atıklar ve artıklar olarak çevreye geri verilenlerin azaltılmasıyla değil; aynı zamanda ekonomik faaliyetlerde kullanılmak üzere çevreden alınanlarından da azaltılmasıyla mümkün olacaktır (Andersen, 2007).

UNEP tarafından “hem endüstriyel sistemler içindeki hem de endüstriyel ve doğal ekolojik sistemler arasındaki fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkileşimlerin ve karşılıklı ilişkilerin sistem odaklı çalışması” (Glavič ve Lukman, 2007) olarak tanımlanan endüstriyel ekoloji, süreçleri ve endüstrileri birbirinden bağımsız bileşenlerden ziyade etkileşimli sistemler olarak ele almaktadır. Bu bakış açısı doğrultusunda, atık üreten farklı süreçler, fabrikalar veya endüstriler arasında, atık havuzlarına giden veya ara işlemlerde kaybolan endüstriyel malzeme miktarını en aza indirmek için bir ağ oluşturulmaktadır. Böyle bir ağ içerisinde

odak; kirlilik önleme olarak bilinen ve yalnızca belirli bir sürecin veya tesisin oluşturduğu atığı en aza indirmekten, bir bütün olarak daha büyük bir sistem tarafından üretilen atıkları en aza indirmeye kaydırılmaktadır (Richards, Allenby ve Frosch, 1994).

Endüstriyel simbiyoz

Birbirine fiziksel olarak yakın ancak birbirinden bağımsız olan iki işletmenin arasındaki malzeme ve enerji değişimi olan endüstriyel simbiyoz, endüstriyel ekolojinin sanayide en yaygın kullanılan uygulama şeklidir (Özkan, Günkaya, Özdemir ve Banar, 2018). Endüstriyel simbiyozun özü, artık ürünleri azaltırken veya bunları etkili bir şekilde işlerken yan ürün kullanımından tam olarak yararlanmaktır. Bu terim genellikle birbiriyle yan ürün alışverişinde bulunan ve muhtemelen başka kaynaklarını da paylaşan, birbirinden bağımsız firmalar için kullanılmaktadır (Ghisellini, Cialani ve Ulgiati, 2016).

Endüstriyel simbiyoz, geleneksel olarak endüstriyel ekoloji içinde bir araştırılmaktadır. Endüstriyel ekoloji, tüm seviyelerde (tesis seviyesi, firmalar arası seviye, bölgesel ve küresel seviye) değerlendirme yapmaya odaklanırken, endüstriyel simbiyoz firmalar arası seviyede kalmaktadır; çünkü mutlaka bir parkın sınırları içerisinde yer almak durumunda olmayan birkaç firma arasındaki fiziksel alışverişleri kapsam dahiline almaktadır (Chertow, 2000; Ghisellini ve diğerleri, 2016).

Eko-endüstriyel park

Eko-endüstriyel park girişimleri, “enerji ve hammadde kullanımını en aza indirmek, atıkları azaltmak ve sürdürülebilir ekonomik, ekolojik ve sosyal ilişkiler kurmak” için su, enerji, bilgi ve malzeme değişimini içermektedir. Eko-endüstriyel ağlar veya endüstriyel simbiyoz ağları da eko-endüstriyel parklarla aynı fikirle gelişmişlerdir ancak daha geniş bir coğrafi alanı kapsamaktadırlar. 1960'larda Danimarka'da oluşturulan eko-endüstriyel park sayesinde eko-endüstriyel park gelişmeleri, endüstriyel simbiyozun ilk göstergelerini oluşturmuş ve o tarihten günümüze dünya çapında eko-endüstriyel parkların sayısında artış yaşanmıştır. Her ne kadar bu eko-endüstriyel park gelişmelerinin çoğunluğu malzeme ve bilgi alışverişini teşvik eden politikalarla desteklenmiş olsa da, bazı eko-endüstriyel parklar ise devlet müdahalesi olmadan geliştirilmiştir (Winans ve diğerleri, 2017).

Günümüzde eko-endüstriyel parklar çevre yönetimi için inovasyon platformları olarak hareket etmekte bir anlamda boru sonu yaklaşımının yerini sistem değerlendirmesi odaklı bir yaklaşımın almasını sağlamaktadır. Eko-endüstriyel parkların ortaya çıkmasıyla beraber ürün değer zincirini iyileştirme fırsatlarını sağlamak için yaşam döngüsü değerlendirmesine ve malzeme akışı analizine olan ilgi artmış ve dahası bu doğrultuda sistemi optimize etmeye yönelik modeller geliştirilmiştir. Bu modeller doğrultusunda, atıklarla kaynakların değerlendirilmesine ve farklı tedarik zincirleri arasındaki olası kaynak değişimine daha fazla odaklanılmasıyla tedarik zincirlerinin daha kapsamlı ve iyileştirilmiş bir sistematik değerlendirmesi mümkün hale gelmiştir (Winans ve diğerleri, 2017).

2.3.3. Biyoekonomi / biyobazlı ekonomi

Yaşadığımız dünyanın tek olması ve sunduğu kaynakların sonsuz olmamasının fark edilmesiyle toplumlarda ve yönetimlerde çevreye ilişkin kaygılar oluşmaya başlamıştır. Bu kaygılar doğrultusunda, enerji ve kaynak konularında verimliliğin ve yenilenebilirliğin sağlanması gerekmekte; bunu sağlamanın yolu ise biyobazlı ekonomilerin geliştirilmesinden ve bu biyoekonomilerin hem kısa hem uzun vadede sürdürülebilir bir şekilde uygulanmasından geçmektedir (Ingrao ve diğerleri, 2016).

Biyoekonomi ya da biyobazlı ekonomi terimleri, ekonominin farklı alanlarındaki hizmetlerin ve ürünlerin performans ve kalitelerinin geliştirilmesine yönelik olarak biyolojik bilimlerin ve ilişkili teknolojilerin olası uygulamalarının yelpazesini vurgulamak için kullanılmaktadır (European Commission, 2012). Biyoekonominin önemli bir özelliği; ürünler, sistemler ve süreçler üzerindeki potansiyel “yeşillendirme” etkisidir. Bu tarz bir biyo-yeşillendirme stratejisinin takip edebileceği iki yol vardır: Bütüncül yeşil yönetim ve yeşil kimya ve mühendislik. Yeşil kimya ve mühendislik; biyoatıkların değerlendirilmesi, daha temiz biyo-endüstrilerin geliştirilmesi, besin maddelerinin geri dönüştürülmesi, biyoenerji ve biyomalzeme üretimi örneklerindeki gibi, belirli çevre ve enerji problemlerine biyobazlı ürünlerin uyarlanması olarak düşünülebilir (Koukios, 2015). Biyobazlı ürün ifadesi ise, yapımında biyolojik, yenilenebilir tarım ve orman ürünlerinin, kalıntıların ve hayvan atıklarının kullanıldığı; gıda ve yem dışındaki tüketim ve endüstri ürünleri için kullanılmaktadır (Block, 1999).

2.3.4. Yeşil büyüme / yeşil ekonomi

İyi işleyen bir ekonomi, doğal kaynakların ve malzemelerin kesintisiz akışının sağlanmasına bağlıdır ve kesintisiz bir akışın sağlanması, istenildiği kadar (doğal kaynak ve malzeme) çıkarıldığı anlamına gelmektedir. Hali hazırda çıkarılan kaynak miktarı, dünyanın belirli bir sürede üretebileceğinin veya yerine koyabileceğinin üzerine çıkmış durumdadır. Son bir asırda (1900'den beri) küresel bazda kişi başına malzeme tüketimi iki katına çıkmışken, enerji kullanımı ise üç katına çıkmıştır. Ancak o tarihten günümüze insan nüfusunun dört buçuk katına çıktığı göz önünde bulundurulursa, tüketilen malzeme ve enerji miktarındaki artışın vahim büyüklüğü daha rahat görülebilmektedir (European Environment Agency, 2014).

Çevreyi koruyabilmek ve insanlığa sağladığı getirilerden faydalanmaya devam edebilmek için çıkartılan malzeme miktarını azaltmak; bunun için de ürünlerle hizmetleri üretme ve malzeme kaynaklarını tüketme şeklini değiştirmek, yani ekonomiyi yeşillendirmek gerekmektedir. Yeşil ekonomi, insanlığı besleyen doğal sistemleri korurken birey refahını artıracak şekilde toplumun kaynakları verimli kullandığı bir ekonomidir. Bir ekonomiyi kaynak verimli yapmak için ise kısaca dahil edilen tüm kaynakların kullanımını optimize edecek şekilde üretmek ve tüketmek gerekmektedir. Bunun için ise çok daha az atık oluşturan veya daha az girdi ile daha çok üretebilen üretim sistemleri geliştirilmelidir (European Environment Agency, 2014).

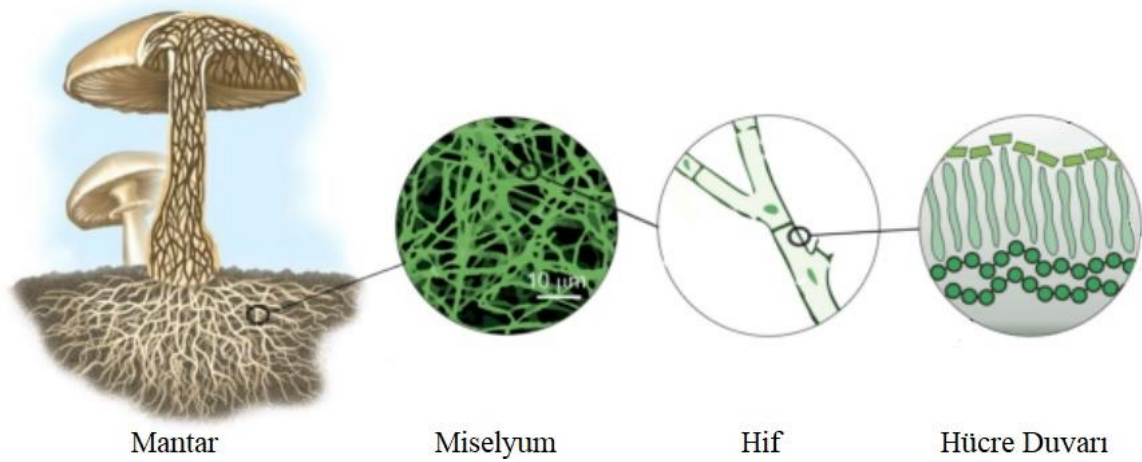
Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) 2008 Yeşil Ekonomi İnisiyatifi'ne göre “yeşil ekonomi”, ekolojik kısıtlıkların ve çevresel risklerin belirgin bir şekilde azaltılırken insan refahının ve sosyal eşitliğin geliştirilmesi ile sonuçlanan bir ekonomidir. “Yeşillendirme” ise mekân, hayat tarzı veya marka imajı gibi olguların çevre dostu bir biçime dönüştürülmesi sürecidir. Bir inovasyon stratejisi olarak biyo-yeşillendirmenin en çok gelecek vaat eden yolu ürün ve işlev/hizmet inovasyonundan geçmektedir ki bu da disiplinler arası akılcı uygulamalarla artan istihdam ile sektörleri ve bölgeleri canlandırabilir. Öte yandan süreç inovasyonu temelli biyo-yeşillendirme eylemleri, yeni ürünler ve onların son kullanıcı verimliliği üzerinden yaşam döngülerini destekleyen temiz çözümler için geliştirilecek yeni teknolojiler üzerine odaklanmalıdır. Büyüyen yeşillendirme talebine karşın geliştirilmekte olan biyobazlı teknolojik çözümler, biyolojik bilimler ve teknolojilerdeki önemli ilerlemeler ile arttırılmaktadır (Koukios, 2015).

3. MİSELYUM BAZLI MALZEME

Bu bölümde miselyum bazlı malzemeler üzerine yapılan malzeme geliştirme araştırmaları, bu malzemelerin dahil edildiği tasarım yaklaşımları ve ürünleştirme çalışmaları verilmektedir. Miselyum bazlı malzemeler, miselyumun tarımsal atık vb. doğal lifler üzerinde organik büyümesi doğrultusunda gerçekleştirilmektedir. Bu sebeple konunun daha iyi anlaşılabilmesi için öncelikle miselyumun ne olduğu, nasıl gelişim gösterdiği ve doğal lifler ile tarımsal atıkların malzeme üretiminde kullanılması anlatılmaktadır.

3.1. Miselyum

Mantar hücrelerine misel veya hif; bu hiflerin toplamına ise miselyum denmektedir (Kaşık, Öztürk, Doğan, Aktaş ve Demirel, 2005). Şekil 3.1’de miselyum şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Miselyumun şematik gösterimi (“Mantarlar laboratuvara girdiğinde: büyüyen tasarım”, 2018)

Enerji ve karbon kaynağı için organik bileşiklere ihtiyaç duyan mantarlar, bu ihtiyaçları doğrultusunda organik maddeleri ayrıştırmakta ya da bitkilerle, hayvanlarla veya mikroplarla farklı şekillerde ortakyaşarlık kurmaktadır. Mantarlar, genişliği 1-10 µm ve uzunluğu 1-10 mm arasında değişen hifleri sayesinde içinde bulundukları substratı kolonize etmektedir. Bu hifler, uçlarından itibaren büyüyerek ve farklı yönlerde dallara ayrılarak üç boyutlu bir hif ağını yani miselyumu oluştururken, bu şekilde gelişen bir miselyumun çapı ise milimetre ölçülerinden başlayıp kilometre uzunluğuna kadar

değişebilmektedir (Appels ve Wosten, 2021). Bulundukları ortamda besin açısından daha zengin bölgelerde bu besinleri tüketebilmek için mantar kolonileri daha yoğun miselyum üretimi yapmaktayken, besin kaynaklarının daha az olduğu bölgelerde ise daha seyrek ve açık dallar şeklide miselyum oluşturmaktadır (Kavanagh, 2011/2014: 29).

Bitki liflerini parçalayabilen güçlü enzimleri sayesinde pek çok mantar, tahıl sapları üzerinde (özellikle buğday, arpa, çavdar ve pirinç) yetişebilmektedir. Samanlar, mantarların kendi üzerlerinde yetişebilmesi için çeşitli metotlarla işlenebilir. Bu metotlardan daha çok küçük yetiştiriciler, kırsal kesimde yaşayanlar ve ilgi duyanlar tarafından tercih edilen; endüstriyel metotlara göre çok daha düşük maliyet gerektiren 3 metot; soğuk inkübasyon (bekletme/kuluçka), hidrojen peroksit uygulama, ısıl pastörizasyon şeklindedir. Bunlardan başka sıklıkla kullanılan diğer metotlar her ne kadar küf ve haşerelere karşı etkili olsa da uygulamalarında kullanılan maddelerden dolayı oluşturdıkları zehirlilik sebebiyle gerek süreçte gerek sonrasında insan ve çevre sağlığı için tehlike arz etmektedir (Stamets, 2005: 161).

Miselyum en verimli şekilde, üzerinde yetişeceği malzemeler (tarımcılık ve ormancılıktan gelen atıklar vb.) 0,6-5 cm aralığında küçük parçalara ayrıldığında ve %60-%80 oranında suyla seyreltildiğinde yetişmektedir. İnce ve kaba işlenmiş malzemelerin karıştırılarak kullanılması ise genellikle miselyum gelişimi için daha olumlu bir zemin hazırlamaktadır. Yukarıda bahsedilen ve üzerinde/içinde miselyumun yetişebileceği alternatif malzemelerden bazıları şunlardır (Stamets, 2005: 160):

- ✓ Bambu
- ✓ Bira üretim atığı
- ✓ Kakao kabukları
- ✓ Kaktüsler
- ✓ Saç
- ✓ Haşhaş
- ✓ Yapraklar
- ✓ Gübre
- ✓ Kâğıt ürünleri
- ✓ Dokuma ve tekstil
- ✓ Hindistan cevizi ve lifi

- ✓ Mısır, mısır koçanı ve sapı
- ✓ Pamuk ve pamuk atığı
- ✓ Bahçe atıkları, biçilmiş çimler
- ✓ Kuruyemiş kabukları ve tohum kabukları
- ✓ (bitki ve petrol) yağlar
- ✓ Çay, çay atığı, yaprakları ve kırıntıları
- ✓ Tütün ve tütün sapları
- ✓ Ağaçlar, çalılar ve ahşap yapı atıkları
- ✓ Ekin sapları (buğday, çavdar, pirinç, yulaf, arpa vs.)
- ✓ Kahve çekirdeği, çekilmiş kahve, kahve kabukları ve artıklar



Resim 3.1. Kahve telvesi (“Miselyum”, 2015) ve çay atığı üzerinde *Pleurotus ostreatus* miselyumu

Pek çok mantar türünün yetişmesi için ortamda oksijenin olması, şekerli olması, asidik ve sıcak olması gibi şartların sağlanması gerekmektedir. Sıcaklık aralığı geniş olmakla beraber birçok mantar türünün yetişmesi için ideal sıcaklık değeri yaklaşık 25°C iken birçok mantar türü ortamın asidik değeri pH 4-6 arasında olması durumunda en iyi büyümeyi göstermekte ve en az 0.65 civarında yüksek su aktivitesine ihtiyaç duymaktadır (Kavanagh, 2011/2014: 26-27).

Bilinen mantarların yaklaşık %35’ini oluşturan Basidiomycota’nın belli üyelerinde bulunan lignini parçalayabilme özelliği, atık ürünleri temizleme potansiyelleri bulunması sebebiyle bu mantar türlerini biyoteknolojik olarak önemli hale (Kavanagh, 2011/2014: 73) En yaygın bilinen Basidiomycota üyeleri, *Agaricus bisporus* (kültür mantarı), *Lentinula edodes* (şitaki mantarı) ve *Pleurotus ostreatus* (istiridye mantarı)’tur. Basidiomycetes,

geniş yüzeyleri kolonize edebilme özelliği ile miselyum malzemeleri yapmak için tercih edilen mantarlardır (Appels ve Wosten, 2021).

Miselyum, rastgele doğrultularda uzayan ince liflerden oluşan yapısıyla, sert olabilme ve yalıtıcılık özellikleriyle gelecek vaat eden bir malzemedir. Yoğun ve hızlı bir şekilde yenilenebilir bir kaynak olan ve tamamen doğal olan miselyum, verilen herhangi bir biçimde yetişebilmektedir ve bazı türleri son derece dayanıklı olduğu gibi yanmaya karşı da dirençlidir (Vallas ve Courard, 2017).

3.2. Malzeme Üretiminde Doğal Lif ve Tarımsal Atık Kullanımı

20. yüzyılla beraber insanlık ilk kez ekosistemi bu kadar büyük ölçüde ve geniş kapsamda hızla değiştirmiş; atık üretimi küresel çevre kimyasının temellerini etkileyecek kadar yoğun hale gelmiştir. Bu değişimlerle baş ederek çevresel kalitenin yeniden oluşturulmasının bir yolu çevresel biyoteknolojilerden geçmektedir. Son birkaç yılda tüketicilerin ve çevrecilerin çevre ve kaynak tüketimi üzerine artan ilgisi, biyoürünlerin talebinde de artışa neden olmuştur (Wyk, 2001). Son yıllarda idrardan gübre, atık yemeklik yağlardan biyodizel, yumurta kabukları ve idrardan hidroksiapatit tozu üretimi örnekleri ve nicesi gibi biyoatık malzemelerini değeri olan ürünlere dönüştürme üzerine önemli miktarda araştırma çalışmaları yürütülmüştür (Kannan ve Ronan, 2017).

Kolay erişilebilen fosil enerji kaynaklarının tükenmeye başlaması, iklim değişikliği tehlikesi, enerji verimliliği ve sürdürülebilir çözümler geliştirme politikaları fosil kaynakların yerini yenilenebilir kaynak kullanımının alması konusunda itici güç oluşturmaktadır (Lange, 2010). Biyolojik çözünmeye karşı daha dirençli olan fosil bazlı ve türevi malzemelerden üretilmiş kompozit malzemelerin olumsuz özelliklerini iyileştirebilmek adına yıllık olarak yenilenebilen ekinlerin ve bu ekinlerin tarımsal atıklarının malzeme olarak kullanılması konusunda bir süredir kapsamlı olarak araştırmalar yürütülmektedir (Holt ve diğerleri, 2012). Daha düşük maliyetli olması, daha rahat erişilebilir olması ve pek çok hammadde seçeneği sunması sayesinde doğal lifler, petrol bazlı kaynakların yerini almada büyük bir potansiyele sahiptir (Arifin ve Yusuf, 2013).

Yenilenemeyen veya sınırlı doğal kaynaklardan elde edilen polimer matris kompozit bileşenleri, genel olarak yüksek maliyetli olup hammaddelerinin fiyat ve tedarik

dalgalanmalarından da etkilenmekte; endüstrideki işlemleri sebebiyle de kompozit üretim maliyetleri yüksek olmaktadır (Jiang, Walczyk, McIntyre, Bucinell ve Tudryn, 2017). Bunun ötesinde, karıştırılmış malzemelerinin bileşen parçalarına geri ayrılmasının zor olması sebebiyle zayıf yaşam sonu (end-of-life) seçenekleri sunan sentetik kompozitler (Song, Y., Youn ve Gutowski, 2009) için uygulanmakta olan mevcut ekonomik seçenekler yakma, gömme/yığma ya da bazı durumlarda dolgu malzemesi olarak kullanmak için yeniden öğütmedir (Jiang ve diğerleri, 2017; Jiang, Walczyk, McIntyre ve Chan, 2016). Buna karşılık olarak, sürdürülebilir ürünler tasarlamak ve üretmek için düşük enerji süreçleri gerektiren, yapısında tamamen biyobazlı bileşenler içeren kompozit malzemeler ideal bir seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır. Doğal lifler kullanılarak yapılan biyokompozit malzemelerin geleneksel sentetik kompozitlere göre düşük maliyet, düşük yoğunluk, rekabetçi dayanıklılık, az enerji tüketimi ve biyolojik çözünmeye uygunluk gibi avantajları bulunmaktadır (Jiang ve diğerleri, 2017).

Sürdürülebilir biyokompozitlerin karşılaması gereken bazı gereklilikler bulunmakta olup bunlar şu şekilde sıralanabilir (Vilaplana, Strömberg ve Karlsson, 2010):

- a. Üretimlerinde yenilenebilir ve/veya geri dönüştürülebilir kaynaklardan yararlanılmalıdır.
- b. Çıkarılma (elde edilme), birleştirme, değiştirilme ve işlenme süreçleri tehlikesiz olmalı; enerji ve maliyet verimliliği sağlamalıdır.
- c. Yaşam döngülerinin herhangi bir aşamasında tehlike arz eden çevresel veya zehirli etkiler ortaya çıkarmamalıdır.
- d. Biyokompozitlerin materyal ve enerjik değerinin döngülere tekrar kazanımının sağlanması için uygulanacak olan atık yönetimi seçeneği (geri dönüştürme, kompostlama, yakma) etkin bir biçimde değerlendirilmeli ve gerçekleştirilmelidir.

Temel olarak, liflerden ve reçine gibi bağlayıcı bir bileşenden oluşan herhangi bir malzemeye kompozit denilebilmekte; biyokompozit kavramı ise doğal kökenli elyaf takviyesi içeren malzemeler için yaygın kullanılan bir terim olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak, bir kompozitin biyokompozit olması için hem içerdiği liflerin hem de bağlayıcı bileşeninin biyokütleden elde edilmiş olması gerekmektedir (Centre of Expertise Biobased Economy, 2020). Resim 3.2’de farklı biyokompozit örnekleri verilmektedir.



Resim 3.2. Farklı biyokompozit örnekleri (Centre of Expertise Biobased Economy, 2020)

Yakın zamanda geliştirilen ve ilgi çekmekte olan bir biyokompozit, son yıllarda Avrupa’da geliştirilen ve Nabasco (Nature Based Composites) adı verilen; temel olarak reçine, lif ve dolgu malzemesi içeren bir kompozittir (Resim 3.3). Nabasco üretiminde malzemede istenilen özelliği ve estetiği elde etmek için üretiminde kullanılan hammaddeler değiştirilebilmektedir. Örneğin bir türünün üretiminde petrol bazlı reçineler yerine biyo-reçine, lif olarak geri dönüştürülmüş tuvalet kâğıdından elde edilen selüloz lifleri ve dolgu malzemesi olarak ise kireçtaşı kullanılmakta olup atık su arıtma tesisleri hammadde temini açısından değerlendirilmektedir. Üretiminde az enerji kullanılan, üzerinde farklı kesim ve işleme teknikleri uygulanabilen, sac malzeme olarak da kullanılabilen bu malzeme, uzun bir kullanım ömründen sonra tekrar üretime hammadde olarak dahil edilerek tam malzeme döngüsellliği sağlamaktadır (Centre of Expertise Biobased Economy, 2020; MaterialDistrict, 2014). Son yıllarda geliştirilen bir başka biyokompozit malzeme ise miselyum kompozitlerdir.

Ekinler ve tarımsal kalıntıların yanı sıra mantarlar ve bileşenleri üzerine de çevre dostu ürünler üretebilmek için çalışmalar yapılmaktadır (Holt ve diğerleri, 2012; Schiffman, 2013). Tarım ve ahşap endüstrisinden oluşan atıkların pek çoğu hayvanların beslenmesinde kullanılamamakta olup basidiomycetes arasında, tarımsal atıkların ve ahşap endüstrisinin atıklarının temel bileşeni olan lignini parçalayabilen mantarlar bulunmaktadır. Mantarlar, bu düşük besin atığı akışını protein üreterek ve aynı zamanda selülozu kullanılabilir hale getirerek yüksek besinsel biyokütleyle dönüştürebilir (Appels ve Wosten, 2021). Tarımcılık

ve ormancılıktan gelen atıkların yanı sıra çok geniş bir yelpazedeki atık ürünlerin çözünmesini, ayrışmasını sağlayabilen mantarların (Stamets, 2005: 160), fosilden ziyade yenilenebilir bitki malzemelerinin kullanımına geçilmesinde üstlendiği rol önem taşımaktadır. Sanayide mantarsı ürünlerin biyoatıkların ve tarımsal mahsul kalıntıların biyoenerjiye, biyomalzemelere, biyokimyasallara vb. dönüştürülmesi için kullanıma dahil edilmesi mümkün olmakta (Lange, 2010) ve mantarların düşük kaliteli atık akışlarını malzemeye dönüştürme yeteneği sayesinde dairesel ekonomiye katkıda bulunmaktadır (Appels ve Wosten, 2021).



Resim 3.3. Nabasco levha (solda) ve yapıya uygulanması (sağda) (MaterialDistrict, 2014)

3.3. Miselyum Bazlı Malzemeler Üzerine Yapılan Çalışmalar

Biyobazlı malzemelerin kullanımı, dairesel bir ekonomiye dönüşümün bir parçasıdır. Bu malzemeler mikropların, bitkilerin, makro alglerin ve hayvanların moleküllerinden veya yapılarından elde edilmektedir ve bunun bir örneği de miselyumdur (Appels ve diğerleri, 2018). Geliştirilen miselyum bazlı malzemeler ve özellikleri, üretimlerinde kullanılan mantar türü ve özelliklerine, substratın bileşimi ve yapısına, kuluçka şartlarına göre çok büyük değişiklik gösterebilmektedir (Girometta ve diğerleri, 2019). Bu değişkenlerin yanı sıra, miselyum ekim prosedürü, parça büyüklüğü ve dağılım şekli, yüzey bağlama malzemesinin kullanılıp kullanılmaması ve kullanılıyorsa özellikleri, miselyum yetiştirme süresinin değiştirilmesi de nihai malzemenin özelliklerini etkilemekte olup malzemede istenilen özellikleri elde etmek için biyokompozit malzemenin üretim süreci bu değişkenler doğrultusunda tasarlanabilir (Holt ve diğerleri, 2012; Ziegler, Bajwa, Holt, McIntyre ve Bajwa, 2016). Bu alanda artan bir ilgi oluşmakta ve yapılan çalışmaların sayısı ve niteliği

giderek yükselmekte olsa da, yalnızca son birkaç yıldır konuyla ilgili çalışmalar yürütülmüştür ve temel özellikler ile süreçlerin ötesinde henüz araştırılmayı ve geliştirilmeyi bekleyen çok fazla alan bulunmaktadır.

Tarımsal atık gibi organik malzemeler üzerinden üretilen miselyum bazlı kompozitler, daha sürdürülebilir üretim süreçleri ve dairesel olarak devam eden yaşam ömrü sebebiyle hem üretim hem tasarım açısından umut vaat eden alternatifler olarak değerlendirilmektedir (Appels ve diğerleri, 2019). Miselyumun tarımsal yan mamullerin üzerinde yetiştirilmesiyle bu mamuller mantar için bir gıda ve taban yapısı sağlamış olmakta; böylece miselyum bu tarımsal tabakayı kalıplanmış biçimlerde şekillendirmek üzere bir yapıştırıcı görevi görmektedir. Nihayetinde elde edilen yapılar, nakliye yönelik ambalaj malzemesi, yapı yalıtımı gibi uygulamalarda kullanmaya elverişli ve düşük maliyetlidir (Pelletier ve diğerleri, 2017; Pelletier, Holt, Wanjura, Bayer ve McIntyre, 2013).

Miselyum bazlı malzemelerin bazı özellikleri; yüksek performanslı olma, maliyet konusunda rekabetçi olma, hızla yenilenebilme, arzu edilen şekil ve tasarımda üretilebilme, petrolden oluşmama, doğal olarak ateşe dayanıklı olma, VOC (uçucu organik bileşenler) içermeme, batmama (yüzebilme) şeklinde sıralanabilir (Ecovative, 2017).

Mantarların üzerinde yetişeceği substrat, yerel olarak mevcut olan malzemelere göre farklılık gösterebilmekte olduğundan miselyum bazlı malzemelerin üretiminde ve kullanımında yerellik ön plana çıkmaktadır. Malzeme üretiminde hammadde olarak mevcut yerel tarımsal yan ürünlerin kullanılması ve üretimin bölgesel olarak yapılması ile hem üretim öncesi hem üretim sonrası nakliye maliyetleri ve işlemleri en aza indirebilmektedir (Abhijith, Ashok ve Rejeesh, 2018).

3.3.1. Miselyum bazlı malzemelerin üretimi

Mantar miselyumu, salgıladığı enzimler ile substrattaki polimerleri besin olarak kullanılabilecek moleküller haline getirebilmekte olup (Appels ve diğerleri, 2018) bu özelliğiyle biyokompozit malzeme üretmede doğal lifler arasında doğal bir yapıştırıcı gibi davranmaktadır. Miselyum, herhangi bir ilave enerji ihtiyacı olmadan özümleme yaparak birkaç gün içinde standart bir sıcaklık ve yüksek nem şartları altında rutubetli tarımsal yan

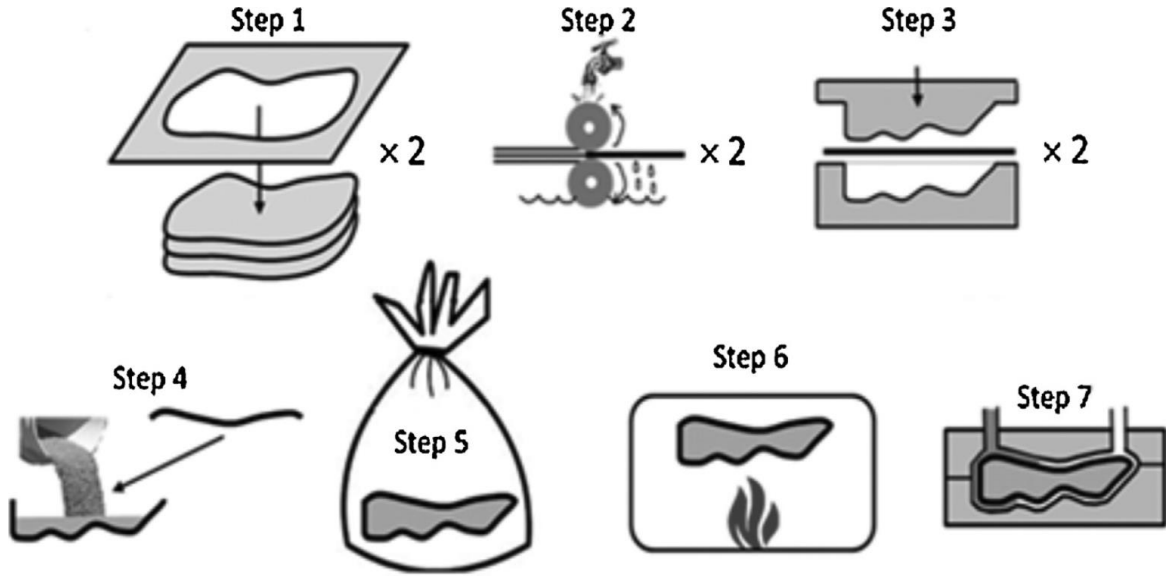
ürünlerin yüzeyine bağlanır. Bunu takiben ortamdaki su çekilir ve kompozitin yaklaşık bir gün boyunca yüksek bir sıcaklıkta kurutulmasıyla miselyum etkisiz hale getirilir (Jiang ve diğerleri, 2017, 2016).

Şekil 3.2’de miselyum ile ürün yetiştiren bir biyomalzeme firması olan Ecovative’in miselyum ve tarımsal atık kullanarak biyokompozit üretme aşamaları yer almaktadır. Araştırma amaçlı yapılacak olan üretimlerde, deney ortamında miselyum ve tarımsal atıkların mevcut olması durumunda temel olarak aşamalar tarımsal kalıntıların temizlenip istenilen boyutlara getirilmesi, miselyumun eklenmesi, arzu edilen forma ait kalıba dökülerek bu kalıp içerisinde bekletilmesi ve kurutulması şeklinde gerçekleştirilebilmektedir.

Şekil 3.3’te miselyum ile birleştirilen bir biyokompozit sandviç yapının üretim aşamaları yer almaktadır. Burada resmedilen ürün bir sandalet tabanı olup dış katmanı oluşturacak olan kalıbın yapımında dokuma jüt kumaşı kullanılmıştır. Şekilde yer alan gösterimdeki ilk üç aşamada doğal tekstil ürünlerinden kalıbın hazırlanması temsil edilmekte iken; bu kalıp miselyum tarafından bağlanarak aynı zamanda ürünün dış kabuğu olarak kalmaya devam etmektedir. Miselyum ve doğal lif kullanımı ile malzemenin oluşma süreci temel olarak dört ve altıncı aşamalar arasında gösterilmektedir. Dördüncü aşamada karşımın (substratın) kalıba/kabuğa dökümü, beşinci aşamada bileşenlerin birbirine bağlandığı kuluçka evresi (uygun şartlarda bekletme) ve altıncı aşamada ise fırınlama/kurutma gösterilmektedir. Elde edilen üründe eğer daha yüksek dayanım arzu edilirse yüzeylere doğal reçine uygulanabilmektedir ve bu da yedinci aşamada gösterilmektedir (Jiang, Walczyk ve McIntyre, 2014; Jiang ve diğerleri, 2017, 2016; Jiang, Walczyk, Mooney ve Putney, 2013).



Şekil 3.2. Miselyum ve tarımsal atıklar ile biyokompozit malzeme üretimi aşamaları (Ecovative, 2017'den uyarlanmıştır)



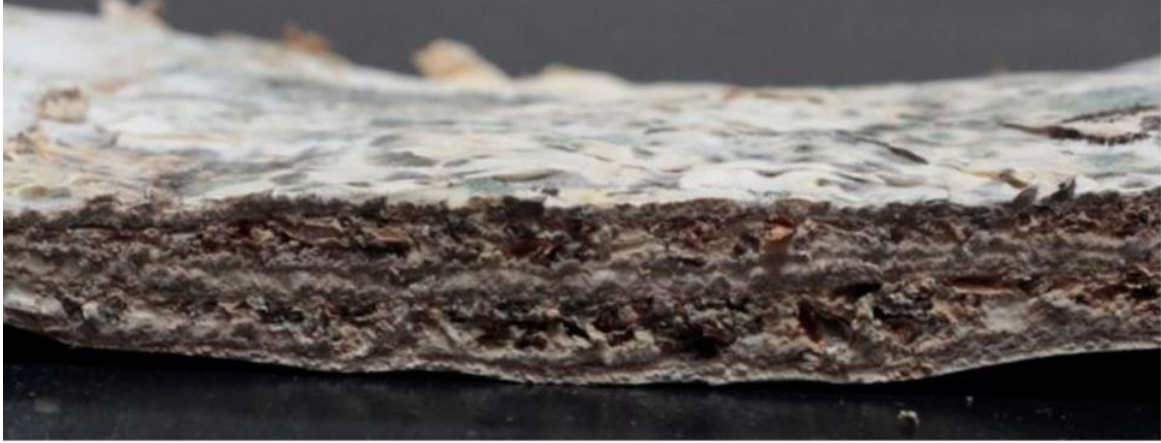
Şekil 3.3. Miselyum bağlamalı biyokompozit sandviç yapı üretimi aşamaları - Sandalet tabanı örneği (Jiang ve diğerleri, 2016: 10)

3.3.2. Miselyum bazlı malzemelerin kullanımı ve malzeme özellikleri

Miselyum, geleneksel lif malzemeleriyle birleştirilerek kâğıt yapımında da bir hammadde olarak kullanılabilmekte olup özellikle geri dönüştürülmüş liflerin kullanılmasında faydalı olan bu birleşim, kâğıdı kuvvetlendirme görevi de görmektedir. 1957’de Van Horn ve Shema tarafından alınan bir patentte, içeriğinde %20 miselyum kullanılarak üretilen, kabul edilebilir baskı ve yazım kalitesine, oldukça esnek ve yüksek parlaklığa sahip kâğıt üretimi anlatılmaktadır. Ayrıca yüne kabul edilebilir baskı ve yazım kalitesine sahip, %90 oranında miselyum içeren şeffaf kâğıt da mevcuttur (Jerusik, 2010).

Vallas ve Courard (2017) tarafından yürütülen bir deneysel çalışmada miselyum ve mukavva kullanarak malzeme oluşturma denenmiştir. İlk olarak, besi yeri üzerinde yetişmekte olan *Ganoderma applanatum* miselyumundan ufak miktarlarda alarak doğrudan mukavva yapraklarının arasına aktarmışlardır ancak kapalı ve steril bir şekilde uygun ortam şartlarında saklamalarına rağmen kolonizasyonun olmadığını görülmüştür. Bu durumun kullanılan miktarın azlığı olmasından kaynakladığı varsayılarak ikinci deneyde öncelikle bir substrat üzerinde yetiştirmeye karar verilmiş ve dört farklı substrat; yalnızca talaş, %60 talaş ve %40 çavdar unu, %40 talaş ve %60 çavdar unu, yalnızca çavdar unu olacak şekilde ayarlanmıştır. Uygun koşullar altında yeterince süre beklenildikten sonra yalnızca talaş olan numunede miselyum gelişimi tespit edilmiştir. Bu numunenin

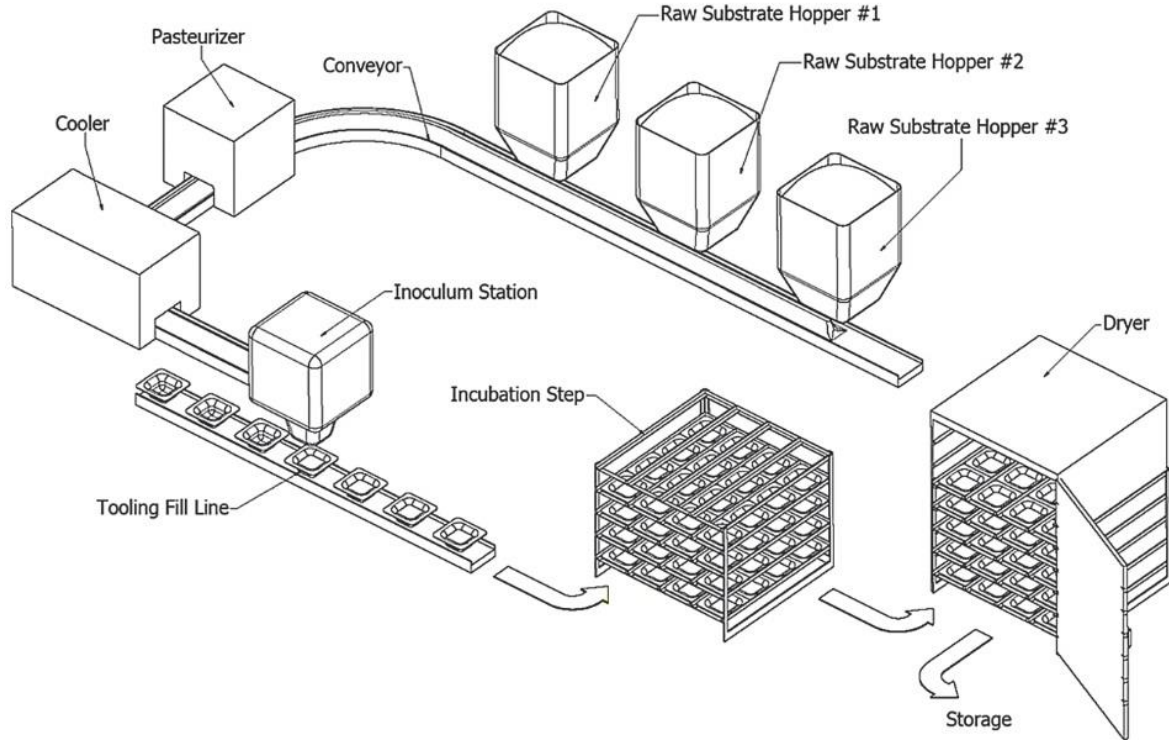
kullanılması ve uygun yetiştirme şartlarının sağlanması ile mukavva yaprakları arasında gelişim sağlanmış ve katmanlar miselyum ile birbirine bağlanarak bütünsel bir yapı oluşturulmuştur.



Resim 3.4. Miselyum tabakasının kesiti (Vallas ve Courard, 2017: 325)

Genellikle ambalajlama malzemelerinin üretiminde kullanılan ve piyasada strafor olarak bilinen ve hafif bir malzeme olan polistiren hidrofobik olması, fotolize karşı dirençli olması, bozunma ve çürüme gibi özelliklerinin olmaması sebebiyle ambalaj endüstrisi ve nakliyeciler tarafından tercih edilmektedir. Ne var ki geri dönüşüm, yeniden kullanım, katı atık sahası süreçleri gibi konularda yarattığı problemler; ambalaj malzemesi olarak polistirenin yerini alabilecek, ekonomik olarak uygulanabilir ve çevre dostu malzemelerin geliştirilmesine ön ayak olmaktadır. Holt ve diğerleri (2012) tarafından yürütülen bir çalışmada pamuk bazlı miselyum ambalajlama malzemesinin polistiren ambalajlara karşı uygulanabilir bir alternatif olduğunu belirtilmektedir. Substrat olarak altı farklı pamuk bazlı biyokütle karışımının kullanıldığı çalışmada, substratların üzerine mantar sporlarını tane ve sıvı şeklinde olmak üzere iki farklı yöntemle eklemişlerdir. Sıvı formda yapılan aşılamanın daha kolay bir uygulama süreci ve daha tutarlı bir spor dağılımı sağladığını belirten çalışmada, tanecikli aşılamanın ise genellikle daha yüksek yoğunlukla sonuçlandığı görülmüştür. Çalışmanın yazarları tarafından, işleme ve biyokütle harmanı oluşturma konularındaki gelişmelerin devam ettirilerek ürünlerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi gerektiği vurgulanmakta ve bu geliştirilen fiziksel özellikleri sayesinde tarımsal kalıntı bazlı miselyum kompozitlerin mevcutta fosil bazlı malzeme kullanan pek çok uygulama için elverişli olacakları savunulmaktadır. Bu çalışma kapsamında değerlendirilen pamuk ve mantar bazlı kalıplanmış ambalaj numunelerinin

üretiminde yazarlar tarafından Ecovative firmasının pilot üretim tesisi kullanılmış olup üretim sürecini yansıtmaları sebebiyle hattın şeması Şekil 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.4. Ecovative pilot üretim hattı şeması (Holt ve diğerleri, 2012: 433)

Arifin ve Yusuf tarafından (2013) miselyumun ile geliştirilen malzemelerin polistiren üretiminin yerini almaya uygunluğunu belirlemek amacıyla bir çalışma yapılmış olup yazarlar tarafından bu amaç doğrultusunda ana yapı olarak miselyumun, donatı olarak ise pirinç kabuğu ve buğday tanesinin kullanıldığı kompozit numuneleri hazırlanmıştır. Girdilerin yüzde miktarının fiziksel özellikler üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla kullanılan pirinç kabuğu ve buğday tanesi yüzdeleri 50-50, 70-30 ve 30-70 olacak şekilde üç numune üzerinden çalışılmıştır. Çalışma sonucunda, numuneler arasındaki yoğunluk farkının çok az olduğu görülürken gözeneklilik oranları %55 ile %66 arasında değişmiştir. Çalışmanın yazarları, miselyumun tamamen biyoçözünürlüğe sahip olması, toksik olmaması; üretimi esnasında on kat daha az karbondioksit salınımı gerçekleşirken sekiz kat daha az enerji tüketilmesi gerekmesi gibi özellikleri doğrultusunda miselyum kullanımının polistiren köpük / strafor üretimine alternatif olarak büyük bir potansiyeli bulunduğunu belirtmektedir.

Yapılan bazı çalışmalarda (Sampathrajan, Vijayaraghavan ve Swaminathan, 1991; Yang, Kim ve Kim, 2003), tarımsal atıklarla oluşturulan kompozitlerin geleneksel yonga levha kompozitleri karşısındaki rekabetçi özelliğini ortaya koymuştur. Tarımsal atıkları bağlayıcı olarak ticari üre formaldehit yapıştırıcının kullanıldığı bu çalışmalar, Pelletier ve diğerleri (2013) tarafından bağlayıcı olarak miselyumun kullanılmasıyla geliştirilmiş olup yapı ve otomotivde kullanımı amaçlanan ses yalıtım panelleri üzerine çalışılmıştır. Çalışma kapsamında pamuk yan ürünleri, yapraklar, ince dallar ve pamuk tohumu kabukları ile dallı darı, pirinç samanı, sorgum sapları, keten sapları, kenaf ve kenevir gibi diğer düşük maliyetli tarımsal yan ürünler substrat olarak değerlendirilmiştir. Bu malzemelerden farklı oranlarda karıştırarak hazırladıkları substratlarla geliştirdikleri miselyum bazlı numunelerin yanı sıra kıyaslama yapabilmek için ayrıca mevcut üç farklı malzeme için daha akustik deneyler gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak, geleneksel petrol bazlı köpükler ve köpük bazlı panellerle kıyaslandığında miselyum bazlı akustik soğurucu panellerin, daha düşük maliyetle yüksek performans sağlayan bir alternatif olmakla beraber biyolojik bozunma özelliğiyle çevreye duyarlı bir bertaraf edilme avantajı sağladığı belirtilmiştir.

Miselyumun bağlayıcı olarak kullanılması malzemenin yoğunluğu üzerindeki kontrolü sınırlandırsa da, kompoziti oluşturan bileşenlerin istenen özelliğe göre uygun alt katmanlardan seçilmesi malzeme yoğunluğu seçeneklerini genişletmektedir. Bununla beraber parçacıkların boyutlandırılması da yoğunluk üzerinde etkili olmakta; örneğin daha ince öğütülmüş malzeme kullanımı miselyum için erişilebilir oksijen miktarını kısıtladığından levhanın derinliklerine daha az nüfus etmesiyle daha yoğun bir levha elde edilebilmektedir (Pelletier ve diğerleri, 2013). Düşük yoğunluklu levha üretilen bu sürecin sonuna Pelletier ve diğerleri (2017) sadece yüksek basınç ve ısı işlem basamağını ekleyerek genellikle OSB (Oriented Strand Board – yönlendirilmiş yonga levha) ve MDF (Medium Density Fiberboard – orta yoğunlukta lif levha) ile yapılan mobilya üretimi ve benzer diğer uygulamalar için uygun olan çok daha yoğun bir levha geliştirmeye yönelik olumlu sonuç veren testler yürütmüştür.

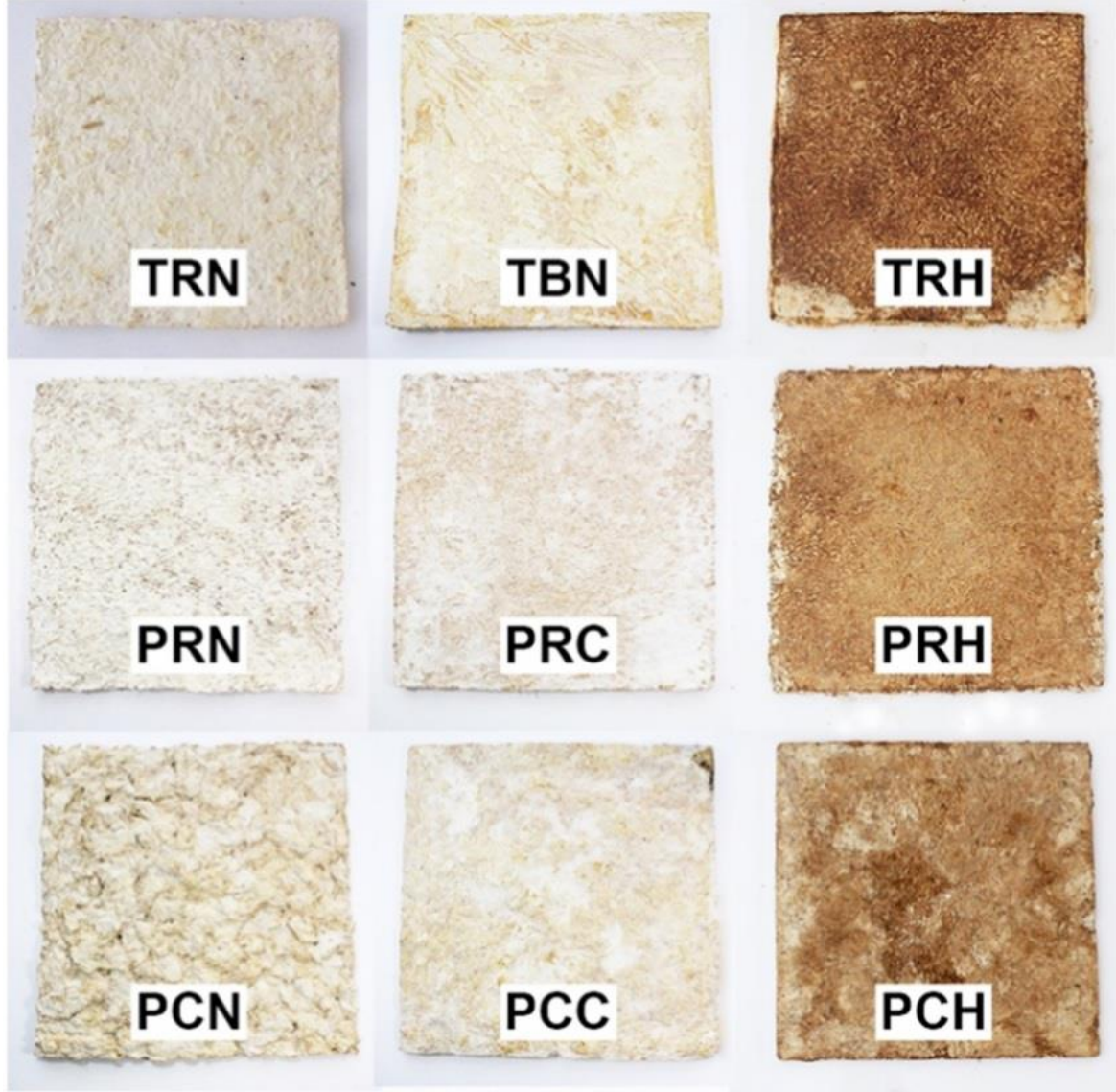
Appels ve diğerleri (2019) tarafından yürütülen bir çalışmada, tarımsal atık gibi organik malzemeler üzerinden üretilen miselyum bazlı biyomalzemelerin üretimindeki girdiler ve yöntemler değiştirildiğinde ortaya çıkan malzemenin değişikliğinin tespiti amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan numune sayısı az olmakla birlikte, farklı tip substratlar (saman, talaş, pamuk), iki farklı mantar türü (*Pleurotus ostreatus* ve *Trametes multicolor*)

ve farklı işleme teknikleri (sıcak veya soğuk presleme; presleme yapmama) ile denemeler yapılmıştır. Çalışma sonucunda, mantar türünün, miselyum kompozit malzemelerin homojenliğini ve fungal yüzeyin kalınlığını etkilediği; fungal yüzeyin ise miselyum kompozit malzemenin mekanik davranışını etkilediği ve su direncini arttırdığı görülmüştür. Saman bazlı malzemeler pamuk bazlı miselyum kompozitlere göre daha sert ve neme daha az dayanıklı olduğu; sıcak preslemenin miselyum kompozit malzemenin homojenliğini, gücünü ve sertliğini arttırdığı gözlenmiştir. Sıcak preslenmiş miselyum malzemelerin, doğal malzemelerle (örneğin mantar ve ahşap) benzer yoğunluğa ve elastisite modülüne sahip olduğu belirtilmiştir. Kullanılan her iki mantar türü için de kolonizasyonun substratın dış yüzeyine yakın kısımlarında daha yoğun olduğu gözlenmiş olup bu durum havaya erişimle ilişkilendirilmiştir. Bu doğrultuda yazarlar tarafından, substratın iç kısımlarında da daha yoğun kolonizasyonun sağlanabilmesi için malzemenin iç kısımlarına doğru oksijen akışı sağlanması ya da kolonizasyon süresinin daha uzun tutulması önerilmiştir. Çalışma kapsamında üretilip incelenen numuneler Resim 3.5'te verilmekte olup numunelerin üzerinde yer alan kodlamaların açıklamaları sırasıyla “mantar türü, substrat, uygulanan presleme” olmak üzere şu şekildedir:

TRN - *T. multicolor*, saman, preslenmemiş; TBN - *T. multicolor*, talaş, preslenmemiş;
 TRH - *T. multicolor*, saman, sıcak presleme; PRN - *P. ostreatus*, saman, preslenmemiş;
 PRC - *P. ostreatus*, saman, soğuk presleme, PRH - *P. ostreatus*, saman, sıcak presleme;
 PCN - *P. ostreatus*, pamuk, preslenmemiş; PCC - *P. ostreatus*, pamuk, soğuk presleme;
 PCH - *P. ostreatus*, pamuk, sıcak presleme.

Hidrofobinler, bazı mantarların dış yüzeylerinde bulunan ve kuru kalmasını sağlayan, hem hidrofobik hem hem hidrofilik moleküler yapısı sayesinde her tipte yüzeye yapışabilme özelliğine sahip olan küçük proteinlerdir (Topel Zeren, Akşit ve Sergin, 2018). Appels ve diğerleri (2018) tarafından yapılan bir çalışmanın konusunu, değişen ortam şartlarının ve gen eksiltilmesinin miselyumun mekanik özellikleri üzerindeki etkisinin incelenmesi oluşturmaktadır. Bu çalışma için belirli bir mantar türü (*Schizophyllum commune*) seçilmiş ve bünyesinde bulunan bir hidrofobin geni olan sc3 geni çıkarılmıştır. Ayrıca yetiştirilmesi sırasındaki değişen çevre şartları olarak aydınlık / karanlık olması ve ortamın karbondioksit miktarının az ya da çok olması incelenmiştir. Çalışmada çevresel şartların ve gen çıkarımının miselyumun yoğunluğunu etkilediğini tespit etmişlerdir. Çalışma kapsamında miselyum, sıvı kültür formunda kullanılmıştır. Bu şekilde kullanımı ile saf

miselyum malzemesi adı verilen, ince bir katman şeklinde bir malzeme üretilebilmektedir (Appels ve diğerleri, 2018; Appels ve Wosten, 2021).



Resim 3.5. Farklı yapıda numunelere uygulanan farklı presleme işlemleri (Appels ve diğerleri, 2019: 66)

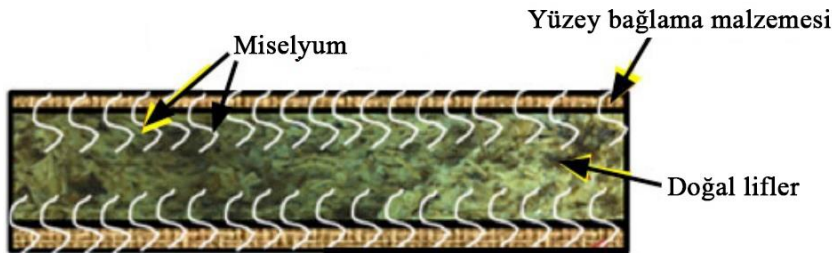
İki alternatif yöntem ile yetiştirilebilen miselyum bazlı malzemeler, bu yöntemler doğrultusunda farklı isimler almaktadır. Miselyumun bağlayıcı özelliğinin ortamdaki diğer maddeleri birleştirmek için kullanılması ile miselyum bazlı kompozitler üretilirken; sıvı miselyum kültürünün toplanması ile elde edilen malzeme saf miselyum olarak adlandırılmakta (Karana, Blauwhoff, Hultink ve Camere, 2018) olup örnekleri Resim 3.6'da verilmektedir. Miselyum bazlı kompozitlerde olduğu gibi saf miselyum malzemesinde de malzeme özellikleri kullanılan mantarın cinsine, kullanılan alt tabakaya,

büyüme koşullarına ve sonrasında uygulanacak işlemlere göre değişmektedir (Grimm ve Wösten, 2018).



Resim 3.6. Miselyum bazlı kompozit (solda) ve saf miselyum malzemesi (sağda) (Karana ve diğerleri, 2018: 121)

Yürüttükleri çalışmada Ziegler ve diğerleri (2016), miselyum ile sandviç yapı formunda biyokompozit malzemeler oluşturmuşlardır. Bunun için yapının orta kısmında doğal lif olarak (ayrı ayrı) çırçır atığı ve kenevir; dış kısımlarında ise dokuma ya da dokumasız hasır kullanarak birbirlerine miselyum ile bağlanmasını sağlamışlardır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Sandviç yapılı biyokompozitin temsili görüntüsü (Ziegler ve diğerleri, 2016: 932)

Ziegler ve diğerleri (2016), elde ettikleri numunelerin özgül ağırlıklarının diğer ahşap türlerinden veya plastik malzemelerden nispeten daha düşük olduğunu, genişletilmiş polistirenden ise kıyaslanabilir oranda yüksek olduğunu ölçümlemişlerdir. Uyguladıkları sertlik testinden sonra numunelerin yüzeyi birkaç dakika içinde orijinal şekline geri dönmektedir ve bu da malzemenin esnek yapısını göstermektedir. Geliştirdikleri malzemelerin sertliklerinde kendi aralarında farklılık bulunmakla beraber, yüzey sertliklerinin basla ve cuipo (tropik bir ağaç türü) gibi yumuşak ağaçlarla kıyaslandığında

daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Bununla beraber, su emme değerleri ölçüldüğünde geliştirilen numunelerin güçlü hidrofilik özellikler sergilediği ve termal genleşme değerleri ölçüldüğünde ise yüksek sıcaklıklar altında büzüldüğü gözlenmiştir. Basmaya karşı düşük direnç gösteren bu malzemelerin yapısal olmayan uygulamalar için uygun olabileceği belirtilmiştir.

Yeni bir biyokompozit geliştirmek amacıyla yapılan bir çalışmada (Iordache ve diğerleri, 2018) bağlayıcı olarak *Fusarium oxysporum* miselyumu ve substrat olarak ise parçalanmış geri dönüştürülmüş kağıt ve bayatlamış kahve kullanılmıştır. Yapılan çalışmada bu mantar türünün biyokompozit yapı oluşturmada etkinliği kanıtlanmış olup geliştirilen malzemenin yanmazlık testinde doğrudan alev kaynağının karşısında seksen saniye alev almadan dayanabildiği görülmüştür.

Substrat olarak pirinç kabuğu ve buğday tanesi kullanılan bir araştırmada (Bhat ve diğerleri, 2018; M. Jones ve diğerleri, 2018), miselyum kompozitlerin alev geciktirici özelliklerini geliştirmek amacıyla substrat içinde ince cam parçalarının kullanımı incelenmiştir. Elde ettikleri sonuçlara göre, bu kompozitlere küçük cam parçalarının eklenmesi, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliklerini olumsuz etkilemezken, bu malzemelerin yangın güvenliğini ve yapısal bütünlüğünü önemli ölçüde geliştirmektedir. Bu miselyum kompozitlerin hem ortalama olarak hem en yüksek değer olarak saldıkları ısının çok daha düşük olmasının yanı sıra, sentetik yapı malzemelerine kıyasla çok daha geç parladığını ve önemli ölçüde daha az duman ve karbondioksit salınımı gerçekleştirdiklerini gözlemlemişlerdir. Kendi aralarında kıyaslandıklarında ise cam tanecikleri içeren miselyum kompozit malzemelerin en iyi yangın performansını gösterdiğini tespit etmişlerdir. Araştırmacılara göre çalışmanın bulguları, miselyum kompozitlerin yalıtım, mobilya ve vb. uygulamalar için yüksek derecede yanıcı olan petrol ve doğal gazdan türetilmiş sentetik polimerlere ve işlenmiş ağaçlara karşı daha güvenli ve ekonomik alternatifler olduğunu göstermektedir.

Geliştirilen malzemelerin fiziksel özelliklerini kontrol edebilme üzerine yapılan bir çalışmada (Haneef ve diğerleri, 2017) doğal kompozit malzeme olarak miselyum bazlı lifli filmler ele alınmıştır (Resim 3.7). İki farklı mantar türünün (*Ganoderma lucidum* ve *Pleurotus ostreatus*) kullanıldığı çalışmada, miselyumun besleme substratı olarak ise iki farklı biyopolimer substrat (selüloz ve selüloz/patates dekstroz suyu) kullanılmıştır ve

sonuç ürünler değerlendirilmiştir. Patates dekstrozu suyu, miselyum tarafından kolay sindirilebildiği gibi şeker bakımından da zengin olduğu için mantar büyümesini desteklemekte uygun bir ortamdır. Selüloz ise en bol bulunan doğal polimer olmasından dolayı mantarla ilgili çalışmalarda veya yetiştiriciliğinde sıkça kullanılmaktadır. Elde edilen ürünlerden selüloz üzerinde yetiştirilen malzemelerin daha fazla kitin içerdiği; dekstrozu içeren substrat üzerinde yetiştirilen malzemelere göre daha yüksek elastisite modülü ve daha düşük uzama gösterdiği gözlenmiştir. Bu durum ise, besleme substratının sindirimi daha zor olduğunda miselyum malzemelerin daha katı, daha sert olduğunu göstermektedir. Bununla beraber, çalışma kapsamında geliştirilen tüm numunelerin, normalde doğal kaynaklı malzemelerde elde edilmesi zor olan bir derecede yüksek hidrofobik karakter gösterdiği ve yine tüm numunelerin yüksek bozulma sıcaklığı sergileyerek termal olarak kararlı yapıda oldukları belirtilmiştir.

Miselyum ile biyokompozit malzeme geliştirme konusunda yapılan önceki çalışmalarda bu malzemeler ile ambalaj, inşaat ve yalıtım malzemeleri, deri benzeri tekstil ürünleri ve yenilebilir şeffaf filmler gibi ürünler geliştirme potansiyeli olduğunu göstermiş olup önemli değişkenlerin sistematik olarak test edildiği bir araştırma bulunmamaktadır (Attias, Danai, Ezov, Tarazi ve Grobman, 2017). Bundan hareketle Attias ve diğerleri (2017), özellikle mimarlık ve tasarım alanında yapılabilecek ileriki çalışmalara yönelik bir yol gösterici olması amacıyla yürüttükleri çalışmalarında farklı mantar-substrat denemeleri yapmışlardır. Dört farklı mantar türünün (*Pleurotus pulmonarius*, *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus salmoneostramineus* ve *Aeagerita agrocibe*) beş farklı tarımsal atık (meşe, çam, elma, asma kütüğü ve okaliptüsün odun talaşları) substratları üzerinde geliştirilmesiyle yürüttükleri çalışmalarındaki numuneleri (Resim 3.8) organik yapıdaki kimyasal değişimler ve miselyum gelişiminin nitel değerlendirmesi gibi belirledikleri özellikler doğrultusunda test etmişlerdir. Organik madde kaybı ve mantar büyüme parametreleri arasında belirledikleri yüksek ilişki doğrultusunda her bir substrat ve mantar setinin etkinliğini değerlendirmişler ve en verimli birleşmenin elma ağacı ile asma kütüğü talaşlarında yetiştirilen *P. Ostreatus* numunelerinde gerçekleştiğini gözlemlemişlerdir.



Resim 3.7. 20 gün süresince selülozla beslenen bir *P. ostreatus* filminin görüntüsü (Haneef ve diğerleri, 2017: 3)



Resim 3.8. Elma ağacı talaşı (solda) ve asma kütüğü talaşı (sağda) üzerinde *P. ostreatus* yetiştirilmesiyle oluşturulan numuneler (Attias ve diğerleri, 2017: 7)

3.4. Miselyumun Kullanıldığı Tasarım Yaklaşımları ve Mevcut Uygulamalar

Bu kısımda, tez kapsamıyla ilgili olan iki tasarım yaklaşımı anlatılmaktadır. Her iki tasarım yaklaşımı kapsamında yürütülen çalışmalarda miselyum bazlı malzemeler ve ürünler çalışılmıştır ancak yaklaşımlar yalnızca bu malzemeler üzerine oluşmamaktadır.

3.4.1. Malzeme tahrikli tasarım -MTT

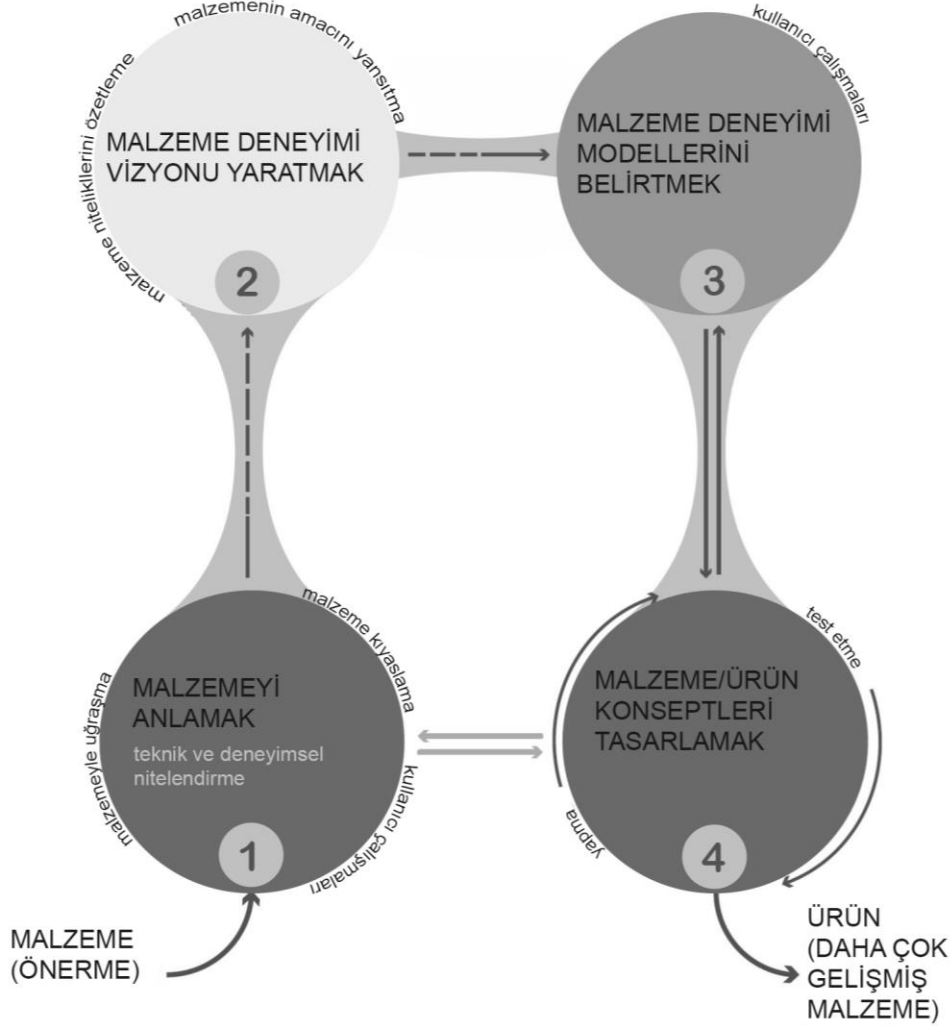
Tasarım araştırmalarında ve uygulamalarında malzeme konusu, uzun süredir önemli bir yer etmektedir. Ancak malzeme deneyimi için nasıl tasarım yapılacağı konusu yeterince ele alınamamış olup tasarımcıları bu doğrultuda desteklemek amacıyla Karana, Barati, Rognoli ve Zeeuw van der Laan tarafından (2015) Malzeme Tahrikli Tasarım yöntemi sunulmuştur.

Tasarım ve malzeme endüstrileri, pek çok kez iç içe geçerek çalışmalar yürütmüştür ve bu yalnızca bir firmanın malzemesiyle üretim yapabilmesi için değil; aynı zamanda belirli amaçlar için, özellikle çevreye duyarlılık açısından üretimde yeni malzemeler geliştirmek için de gerçekteştirilmektedir. “Malzeme tahrikli” kavramı, pek çok çalışmada belirli bir malzemenin ele alınması, incelenmesi, özelliklerinin bir üründe vücut bulması için incelemek şeklinde olduğu gibi, tasarım sürecine malzemenin doğrudan dahil edilerek malzemeyle temas halindeki uygulamaların yürütölüp prototiplerin geliştirildiği süreçler için de kullanılmaktadır. Malzeme Tahrikli Tasarım yöntemi de malzeme deneyimleri için gerçekteştirilen tasarımları, başka bir ifadeyle yola çıkış noktasının belirli bir malzeme olduğu tasarım süreçlerini tanımlamaktadır (Karana ve diğerleri, 2015; Parisi, Rognoli ve Ayala Garcia, 2016).

Bir malzemenin yalnızca ne olduğu değil, aynı zamanda kullanıcının onda ne gördüğünün de o malzemenin kullanımının yaygınlaşmasında önemli olduğu belirtilmektedir. Başka bir deyişle, malzeme tahrikli bir tasarım projesinde, malzeme deneyiminin de dikkate alınması gerekmektedir. Malzemenin ilk aşamasından üründe vücut bulmuş haline kadar incelenmesi, değerlendirilmesi ile malzeme daha iyi kavranabilir. Odağında belirli bir malzeme olan bir tasarım süreciyle konvansiyonel bir tasarım süreci ile belirli adımlarda kıyaslanabilmelidir (Karana ve diğerleri, 2015; Karana ve Van Kesteren, 2008).

MTT, malzemenin ele ilk alınmasından itibaren o malzemenin kendine has niteliklerinin ve kısıtlamalarının anlaşılması, malzemenin detaylı bir şekilde araştırılıp kavranması için malzemeyle doğrudan temas, somut bir etkileşim süreci içermektedir. Böyle bir sürecin ardından zaman içinde, MTT yaklaşımını kullanan tasarımcının o bir malzemeye tamamen hâkim olması beklenmektedir ve böylece tasarımcı, malzemenin farklı koşullar altında nasıl davrandığını veya farklı üretim teknikleri veya işlemleri uygulandığında malzemenin

nasıl tepki vereceğini bilmektedir. MTT metodu, Şekil 3.6’da görüldüğü üzere dört aşamada geliştirilen bir yöntemdir (Karana ve diğerleri, 2015).



Şekil 3.6. Malzeme Tahrikli Tasarım Metodu (Karana ve diğerleri, 2015: 40’tan çevrilmiştir)

3.4.2. Yetiştirilen tasarım

Yetiştirilen tasarım (growing design), tasarımcıların bakteri, yosun veya mantar gibi canlı organizmalardan malzemeler ürettiği bir tasarım uygulaması olup tasarım ve biyolojinin kesiştiği bu yaklaşımın öncüleri Maurizio Montalti ve Suzanne Lee’dir (Camere ve Karana, 2017).

Küresel ölçekte sürdürülebilir kalkınma stratejisine hizmet eden ilkelerden biri, yenilenemeyen doğal kaynakların kullanımının azaltılması olup son yıllarda ürün

tasarımında yeni biyobazlı malzemelerin kullanımı buna hizmet eden çözümlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. PLA (polilaktik asit) benzeri biyoplastikler gibi daha yaygın bilinen biyobazlı malzemelerin yanı sıra bakteriler, yosunlar ve mantarlar ile geliştirilen malzemeler de yenilikçi biyobazlı alternatifler olarak ürün tasarımında kullanılmaya başlanmıştır. Bu alternatif malzemeler tasarım, malzeme bilimi, biyoloji ve zanaat alanlarının kesişiminde yeni bir tasarım pratiği ortaya çıkararak tasarımcının rolünü pasif bir alıcıdan aktif bir malzeme üreticisine dönüştürmektedir Karana ve diğerleri, 2015; Karana ve diğerleri, 2018).



Resim 3.9. Maurizio Montalti'nin mantardan yetiştirilen vazosu (solda), Suzanne Lee'nin bakterik selülozdan yapılan ayakkabısı, Ari Jónsson'ın yosundan yapılan su şişesi (Karana ve diğerleri, 2018, s. 120)

Bu yaklaşım, tasarım için özgün malzeme işlevleri ve sürdürülebilir çözümler elde etmek için canlı organizmalardan malzeme yetiştirmeyi ifade etmektedir. Yaklaşımın kökeni, medikal amaçlı olarak deri, organ benzeri biyolojik dokuların üretilmesi için geliştirilen biyoteknolojik gelişmelere dayanmaktadır. Yetiştirilen tasarım yaklaşımında tasarımcılar biyolojik organizmalarla işbirliği içinde çalışmaktadır; bu organizmaların büyümelerini yönlendirmekte, bir malzemenin ya da ürünün geliştirildiği koşulları şekillendirmektedir. Pek çok durumda tasarımcı, ya organizmanın büyümesini kontrol ederek değişen özelliklerini keşfedebildiği yeni malzemelerin geliştirilmesine, ya da arzu edilen bir ürün fikrine yönelik malzemeler yetiştirerek farklı form, şekil olasılıklarını deneyimlemeye odaklanmaktadır (Camere ve Karana, 2018; Karana ve diğerleri, 2015).

3.4.3. Mevcut tasarım uygulamaları

Bu bölümde üretiminde miselyum malzemelerin kullanıldığı, gerek deneyimsel gerekse ticari amaçla üretilmiş örnekler incelenmektedir. Miselyum bazlı malzemelerin kullanıldığı mevcut uygulamalar; ürünler (sarkıt lambalar, masa lambaları, sehpa, oturma birimleri, saksılar, içecek soğutucular), ambalaj ürünleri (belirli ürünler için özel üretilmiş ve genel kullanıma yönelik koruyucu ambalaj ürünleri) ve yapılarda kullanımı (mimari uygulamalar ve akustik paneller) olarak gruplandırılarak incelenmiştir. Burada ele alınan ürünler, tamamının ya da ürünün belli bir kısmının yapımında yalnızca miselyum bazlı malzemelerin kullanıldığı ürünler olup mevcut bir iskeletin üzerine yalnızca sanatsal amaçlı olarak miselyumun sardırıldığı denemeler kapsama alınmamıştır.

Miselyum bazlı malzemelerle üretilen ürünler

Resim 3.10’da gösterilmekte olan aydınlatma ürünlerinin abajur başlıklarının yapımında miselyum malzemelerden faydalanılmıştır. Danielle Troffe tarafından tasarlanmış olan MushLume Cup Light Pendant (a) ve MushLume Hemi Pendant (b) isimli ürünler, sipariş üzerine üretimi ve satışı yapılan ürünlerdir (“MushLume Cup Light Pendant”, y.y.; “MushLume Hemi Pendant”, y.y.). Yine aynı tasarımcıya ait MushLume Cascade Trio (c) ve MushLume Trumpet Pendant (d) isimli ürünler ile Sebastian Cox ve Ninela Ivanova tarafından tasarlanan aydınlatma ürünü (e) ise ticari bir uygulaması olmayan; deneyim amaçlı üretilmiş örneklerdir (Chino, 2017; “Mush-Lume Lighting Collection”, y.y.).

Resim 3.11’de yer alan Grow Table Lamp (a), Dainelle Trofe tarafından tasarlanmış ve ticarileştirilmiş bir masa lambasıdır (“Grow table lamp”, y.y.). Aynı tasarımcıya ait MushLume Table Lamp (c) ise (“Mush-Lume Lighting Collection”, y.y.) deneyim amaçlı üretilmiş bir ürün olup form olarak mantar benzetmesi yapılmıştır. Tasarımcı tarafından aydınlatma serisine verilmiş MushLume ismi ise mantar ve ışığın (mushroom ve lumen, lumination kelimeleri) birleşimini ifade etmektedir. Tasarladığı aydınlatma ürünlerinde farklı malzemeler deneyen ve tasarımlarında organik malzemelerin kendi doğal yapısını korumayı tercih eden Nir Meiri tarafından tasarlanan masa lambaları (c) ise deneyim amaçlı üretilmiş olup bu lambaların şapkalarında miselyum malzeme hammaddesi olarak kağıt atıkları kullanmış ve sonrasında pres işlemi uygulamıştır (Günel, 2019).



Resim 3.10. Sarkıt lambalar



Resim 3.11. Masa lambaları

Resim 3.12’de yer alan ürünlerden ilk ikisi (a ve b), biyoteknoloji firması olan Grown.bio tarafından üretimi ve ticareti yapılmakta olan sehpalardır (“Stack table”, y.y.; “Table”, y.y.). Bu ürünlerin miselyum bazlı malzemeye üretilen gövde kısımları, içi dolu bloklar halinde üretilmektedir. Miselyum bazlı malzemelerle üretilen ürünlerde nihai formun elde edilmesi için genellikle malzemenin son büyüme süreci bir kalıp içinde gerçekleştirilirken, Tom Sippel tarafından farklı bir yöntem denenmiştir. Resim 3.12’de c’de verilen sehpa

gövdesinin şeklinin oluşturulmasında Sippel öncelikle birkaç gün süre ile malzemeyi bir blok şeklinde yetiştirmiş, sonrasında farklı zaman aralıklarında malzeme hala nemliyken ve büyümesi devam ederken bloğu oyarak şekil vermiştir (Boland, 2017).



Resim 3.12. Sehpalar



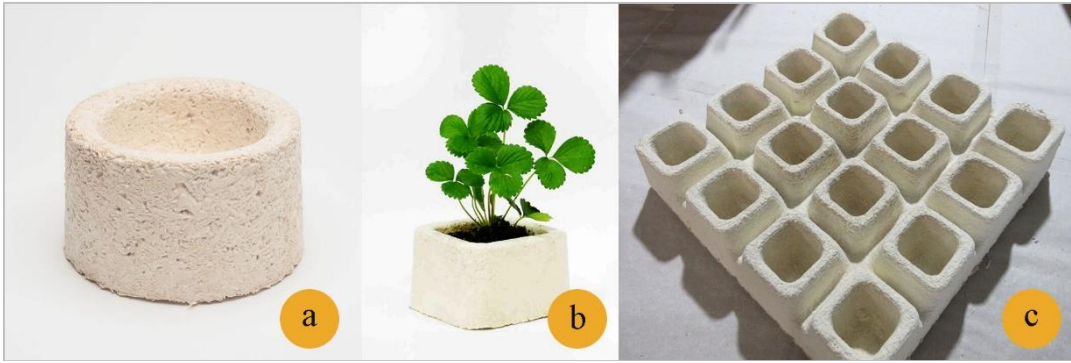
Resim 3.13. Oturma birimleri

Resim 3.13'te solda gösterilen tabureler, Harvard Üniversitesi Tasarım Okulunda dört mimarlık öğrencisi tarafından malzeme dersi kapsamında üretilmiştir. Mısır ve kenevir yan ürünleri üzerinde geliştirilen miselyum malzeme ile oluşturulan oturma yüzeyinin iç kısmında, henüz gelişim aşamasında oraya yerleştirilmiş bulunan ve ahşap ayakların bağlı olduğu bir ahşap levha bulunmaktadır ("Mycelium Stool", y.y.). Sağda yer alan CR Bench isimli oturma birimleri ise, Carlo Ratti firmasının mimarları tarafından 2019 Milano Tasarım Haftası kapsamında sergilenmek için üretilmiş olup Grown.bio tarafından ticarileştirilmiştir ("CR Bench", y.y.).



Resim 3.14. İçecek soğutucular

Resim 3.14’te verilen ürünlerin amacı içine konulan içeceklerin soğuk kalmasını sağlamak olup soldaki ürünün (“Drink Can Holder”, y.y.) üretimi ve satışı devam etmekte iken sağdaki ürün (“Wine cooler”, y.y.) artık üretilmemektedir.



Resim 3.15. Saksılar

Resim 3.15’te yer alan ürünler ve benzerleri birkaç firma tarafından üretilmektedir. Hepsini tarafından bu ürünlerin ister ev içinde ister dış mekanda saksı olarak ya da ekici kap olarak kullanılabileceği söylenmektedir (“Round Planter”, y.y.; “Square planter”, y.y.; “Tear-A-Terra 16 Cell Seedling Transfer Planter”, y.y.). Toprağa karıştığında çok kısa bir sürede biyolojik bozunmaya uğrayacağı ve aynı zamanda gübre desteği görevi göreceği hususlarından bakıldığında miselyum bazlı malzemelerin ekici kaplar olarak kullanılması anlam taşımaktadır. Ancak toprak ortamına alınana kadar bitkilerin uzun süre bu kaplarda beklemesi ya da ekici kap yerine saksı olarak kullanılması söz konusu olduğunda ve bitkilerin sulanma gereksinimi göz önünde bulundurulduğunda, bu ürünlerin tek başına yeterli olmayacağı düşünülmektedir. Miselyumun bazlı malzemelerin su alma özellikleri üzerine yapılan farklı çalışmalar (Appels ve diğerleri, 2019; M. Jones, Mautner, Luenco,

Bismarck ve John, 2020; Kutbay, Yavuzcan ve Aktaş, Baskıda), su ile direkt temas durumunda bu malzemelerin çok kısa bir sürede hızlı ve yoğun bir şekilde su alma eğiliminde olduğunu göstermiştir.

Buraya kadar anlatılan ürünlerin çoğunda üreticileri ya da tasarımcıları tarafından kullanılan miselyum malzemenin sürdürülebilirlik açısından önemi, organik malzemelerden doğal bir üretim süreciyle elde edildiği, hafifliği, düşük maliyetli oluşu gibi özelliklerinin yanı sıra tamamen biyolojik bozunabilir bir malzeme (ve dolayısıyla ürün) olmasına da özellikle vurgu yapılmaktadır. Ancak, soğutucular ve saksılar dışında burada yer alan ürünler normalde ürün kullanım süreleri kısa olmayan, onarılamaz bir bozulma ya da kırılma olmadığı sürece çok uzun süre dayanıklı kalıp kullanılabilecek ürünlerdir. Öte yandan miselyum bazlı malzemeler yapısı itibarıyla kolay zarar görebilen malzemelerdir ve bu ürünlerde doğrudan kullanımı, bu ürünlerin yaşam süresini de normalden kısaltmaktadır. Zarar gören parçanın tamamının yenisiyle değiştirilmesi mümkün ve kolay olmakla beraber, miselyum bazlı malzemelerin dayanıklı tüketim mallarında kullanılmak üzere malzeme özelliklerinin geliştirilmeye yönelik çalışmaların da yürütülmesi gerektiği düşünülmektedir. Mevcut özellikleri göz önünde bulundurduğunda, miselyum bazlı malzemeler için henüz en uygun kullanım alanını kullanım süresi kısa olan ambalaj ürünleri oluşturmaktadır.

Miselyum bazlı malzemelerle üretilen ambalaj ürünleri

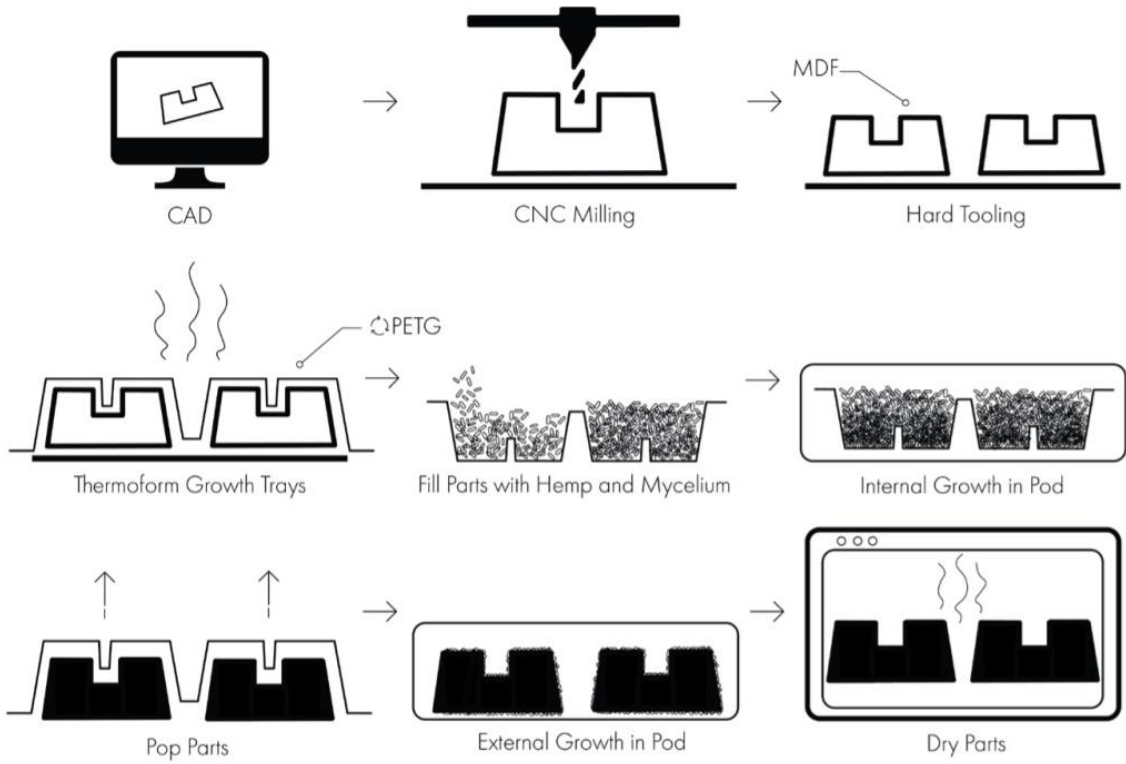
Resim 3.16’da yer alan ürünler, belirli firmalar tarafından kendi ürünleri için özel olarak üretimi yaptırılmış ambalaj ürünleridir (McQuarrie, 2020; “mycelium hemp box”, y.y.; “No Title”, y.y.; “Paradise Packaging”, y.y.; “Sustainability at Seedlip: Mycelium Packaging”, y.y.). Firmalar ürünlerinde miselyum bazlı malzemelerle üretilmiş bu ambalaj ürünlerini kullandıkları dönemlerde, bu ürünleri tercih ederek firmalarının plastik ambalajlar yerine daha çevre dostu ve sürdürülebilir alternatifleri tercih ettiklerini belirtmişlerdir. Çoğunluğunun bu ürünleri kısa bir dönem kullandığı göz önünde bulundurduğunda, firmalar tarafından bu ürünlerin kullanılmasının amacının tüketicilerde firmanın çevre dostu yaklaşımları tercih ettiği yönünde bir algı oluşturmak olduğunu söylemek mümkündür. Resim 3.16’da i’de ürün görseli yer alan içecek üreticisi Seedlip ise, miselyum bazlı ambalaj ürünlerini kullanmaya devam ettiği gibi dönemsel bir algı yaratmak yerine kendi ürün içerikleri, ürünlerin nakliyesi, ürünlerinin konulduğu

ambalajlar gibi yönlerden de marka genelinde doğa dostu yaklaşımlarla ilerlemeyi tercih etmektedir (“The Roots of Seedlip”, y.y.).



Resim 3.16. Belirli ürünler için özel üretilmiş ambalajlar

Ürüne özel üretilen bu ambalaj ürünleri çoğunlukla Mushroom Packaging, Paradise Packaging ve Magical Mushroom firmaları tarafından üretilmektedir. Bu malzemelerin üretiminde miselyumun yürüyeceği ortam olarak Magical Mushroom firması kenevir lifleri, talaş ve mantar meşesi ağacının dış kabuğunu (“Magical Mushroom Company”, y.y.), Mushroom Packaging firması ve bu firmanın üretim ve dağıtım ortağı olan Paradise Packaging ise genellikle kenevir kabuklarını kullanmaktadır. Şekil 3.7’de belirli bir ürüne yönelik miselyum bazlı bir ambalaj ürünün üretim süreci gösterilmektedir. İlk dört aşamada kalıbın hazırlanışı, sonraki dört aşamada malzemenin yetiştirilmesi ve son aşamada ürünün kurutulması gösterilmektedir.



Şekil 3.7. Miselyum ambalaj üretim süreci (Mushroom Packaging, 2021)

Resim 3.17’de belirli bir ürüne özel olmayan, genel kullanım amacıyla üretilen ambalaj ürünleri yer almaktadır. Bu ürünler, çoğunluğu miselyum malzemeler üzerine ilk çalışmaları yapmış olan Ecovative firmasının farklı bölgelerdeki lisanslı iş ortakları (Grown.bio, Mushroom Packaging, Magical Mushroom, Paradise Packaging, Bio Fab) olmakla beraber Ekvador’da bulunan BIOfabrik (“Biomateriales - biofabrik”, 2021) gibi bağımsız firmalar tarafından da üretilmektedir.

Resim 3.17’de a’da gösterilen ürün (“Standard Cooler”, y.y.), başta gıda olmak üzere sıcaklık değişiminden etkilenebilen ürünlerin nakliye sırasında soğukluğunu koruyabilmek amacıyla üretilen ve içine kuru buz, jel vb. soğutucu bir malzeme eklenmesiyle kullanılan bir üründür. İkinci görseldeki ürün (“Mason Jar End Caps”, y.y.), cam kavanozların nakliye sırasında zarar görmesini engellemek için kutu içerisine kavanozun alt ve üst kısımlarına yerleştirilen darbe koruyucu ürünler olup farklı ürünlerle kullanımı için farklı ebatlarda üretilmektedir. Üçüncü görseldeki ürün (“Single Bottle Wine Shipper”, y.y.) yine nakliye sırasında içindeki ürüne (şarap şişesi ya da yakın ölçülerdeki cam şişeler) koruyuculuk sağlamaya yönelik olup bir öncekinden farklı olarak kullanımında ayrıca bir dış kutuya ihtiyaç duymamaktadır. Dördüncü görselde, nakliye sırasında zarar görmemesi

gereken herhangi bir ürünün kutusunda ürünün dışında kalan boşlukları doldurmak için kullanılabilen miselyum bazlı ambalaj dolgu malzemesi gösterilmektedir (Biofabrik, y.y.). Son iki görselde yer alan kenar ve köşe koruyucular ise (“Break away corner”, y.y.; “Breakaway Rails”, y.y.) yine nakliye esnasında koruma sağlamaya yöneliktir.



Resim 3.17. Genel kullanıma yönelik koruyucu ambalaj ürünleri

Burada verilen tüm ambalaj ürünleri, aynı işlevi görmek için mevcutta plastik, sünger, köpük vb. malzemelerden üretilen ambalaj ürünleriyle rekabet edebilecek düzeydedir. Hangi malzemeden üretildiğinden bağımsız olarak bu ürünlerin kullanımının yalnızca tek seferlik olduğu ve sonrasında atık haline dönüştüğü göz önünde bulundurulduğunda yapısı tamamen doğal olan, üretiminde az enerji ve düşük maliyet gerektiren; kullanım ömründen sonra doğaya zarar vermek yerine çok kısa sürede doğanın tekrar bir parçası haline gelen miselyum bazlı malzemelerin kullanılmasının ekonomi ve çevre açısından büyük faydaları olacaktır. Ancak halihazırda bu malzemenin yeterince tanınmaması, üretim şeklinin yaygın bilinmemesi, üretici sayısının çok az olması ve mevcut üretici firmaların genellikle yüksek fiyat talep etmesi vb. sebeplerden dolayı henüz kullanımı yeterince yaygın değildir.

Miselyum bazlı malzemelerin yapılarda kullanımı

Resim 3.18’de a’da gösterilmekte olan “Growing Pavilion” Pascal Leboucq tarafından 2019 Hollanda Tasarım Haftası için tasarlanan geçici bir etkinlik alanıdır. Yapımında bitkiler, ağaç ve ahşap ürünleri, tarımsal atıklar vb. malzemelerin kullanıldığı yapıda,

malzemelerin hammaddelerinin orijinal görünümlerinin korunması sağlanarak yapıya estetik açıdan doğal bir görünüm ve doku verilmek istenmiştir (“About The Growing Pavilion”, y.y.; Pownall, 2019). Yapıyı ayakta tutan ahşap strüktürün aralarında bulunan paneller ise miselyum bazlı malzemeler ile hazırlanmıştır.



Resim 3.18. Mimari uygulamalar

Resim 3.18’de b’de Philip Ross tarafından yapılan Mycotecture isimli çalışma yer almaktadır. Miselyumun bir yapı malzemesi olarak kullanılmasından öte sanat için bir araç olması yönüyle ilgilenen Ross, reishi mantarını kullandığı bu çalışmada öncelikle tuğla formunda birimler oluşturmuş ve sonrasında bunları bir kemer oluşturacak şekilde bir araya getirmiştir (Boyer, 2014; Mok, 2018). En sağda yer alan görselde ise mimar David Benjamin tarafından tasarlanan ve Ecovative işbirliğinde hazırlanan, 2014 yılında MoMA PS1 alanında geçici bir yapı olarak sergilenen Hy-Fi Tower isimli çalışma yer almaktadır. Yapı bilgisayar ortamında hazırlandıktan sonra yapıyı oluşturacak miselyum tuğlalar için özel olarak kalıplar üretilmiştir. Tuğlaların üretiminde miselyumun gelişeceği ortamın hammaddeleri için mısır sapları ve kenevir lifleri kullanılmıştır (Fehrenbacher, 2017; Frearson, 2014).



Resim 3.19. Akustik paneller

Resim 3.19’da yer almakta olan akustik paneller, Mogu firması tarafından üretilmektedir. Farklı boyut ve desen alternatifleri sundukları bu ürün grubunda miselyum bazlı malzemenin hammaddesi olarak geri dönüştürülmüş tekstil kalıntıları kullanılmaktadır (“Mogu acoustics”, y.y.).

4. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Araştırma ön denemeler, miselyum kompozit malzemenin üretimi ve malzeme testlerinin uygulanması olmak üzere üç süreç halinde gerçekleştirilmiştir.

Ön deneme süreçlerinde öncelikle miselyumun kendisi, sonrasında ise miselyum ile malzeme oluşturma denemeleri yapılmıştır. Bu denemeler ve sonuçları doğrultusunda üretim sürecinin nasıl yürütüleceği, hangi malzemelerin ve hammaddelerin nasıl kullanılacağı, malzemeye uygulanabilecek testler ve gerekli malzeme miktarları belirlenmiştir. Miselyum kompozit üretim sürecinde malzemenin üretilebilmesi için sırasıyla kültür oluşturma, sardırma, kalıplama ve fırınlama aşamaları gerçekleştirilmiştir. Üretilen miselyum kompozit malzemeler, sonrasında gerekli şekil ve boyutlarda kesilerek çekme, eğme, basma ve tek alev kaynağı testlerine tabi tutulmuşlardır.

4.1. Ön Deneme Süreçleri

Yürütülecek olan araştırmada sınırların ve imkanların belirlenmesi, sürece ve araştırma konusu olan malzemeye etki edecek değişkenlerin tespit edilmesi ve araştırmada nasıl bir süreç izleneceği konusunda yol gösterici olması açısından bazı ön çalışmaların yapılması gerekmiştir. Hem olumlu hem olumsuz sonuçlanan her bir çalışma, araştırmanın yöntemini belirlemeye katkı sağlamış olup yapılan bu çalışmalar ve değerlendirmeleri, yapılış sırası ile bu bölümde anlatılmaktadır.

4.1.1. Miselyum geliştirme ön çalışmaları

Tez konusu dahilinde yapılacak olan deneylerde miselyum kullanımına ihtiyaç duyulmakta; ancak miselyum doğrudan temin edilemediğinden oluşturulması gerekmektedir. Bu sebeple, miselyum geliştirebilmek için öncelikle konu ile ilgili okumalar yapılmış ve videolar izlenmiştir. Yalnızca yeni malzeme üretme amacıyla değil; mantar yetiştirme ve farklı amaçlar için miselyum kullanan kaynaklar da araştırmaya dahil edilmiştir. Ancak miselyumun kullanıldığı çoğu çalışmada miselyumun oluşturulma aşamasından çok bahsedilmemekte, genellikle “miselyumun (malzemeye, sürece, komposta vb.) dahil edilmesi” şeklinde geçmektedir. Bu sebeple miselyum oluşturma

hakkında bilgi veren kendin yap projeleri ve blog yazıları da incelenmiştir. Burada anlatılan çalışmaların yapıldığı dönemde henüz malzeme çalışmalarının yapılabileceği bir mekan bulunmaması sebebiyle deneyler ev ortamında gerçekleştirilmiştir.

Miselyum oluşturmak için ilk denenen yöntem, farklı yazılı ve görsel kaynaklarda verilen oluklu mukavva kullanma yöntemi olmuştur. Bu yöntemde ihtiyaç duyulan temel malzemeler mantar (kök kısmına yakın ve tercihen geniş tabanlı) ve oluklu mukavvadır. Bu yöntemde ilk aşama olarak oluklu mukavva, kullanılacak olan kabın ölçülerinde birkaç katman sağlayacak şekilde kesilmekte, üst üste kaba yerleştirilmekte ve üstüne su ekleyerek belirli bir süre bekletilmektedir. Buradaki amaç, mukavvanın suyu emerek hem mantar için nemli ortam sağlamak, hem de mukavvayı katmanlarına kolay ayırabilmektir. Oluklu mukavva tercih edilmesinin sebebi ise düz katmanlarla dalgalı katmanların beraber kullanılması ile mantar için ortamda gerekli boşluk ve hava bırakma ihtiyacının sağlanmasından dolayıdır. Belirli bir süre suyun içinde bekletilen mukavva, kaptan çıkartılarak katmanlarına ayrılır ve kap içerisinde kalan su boşaltılır. Daha sonra kabın içine mukavva katmanları, aralarına mantar saplarından kesilen küçük boyutlarda parçalar eklenerek dizilir (Resim 4.1). Bu işlemden önce, kullanılacak olan mantar saplarının temizlenmiş olması gerekir. Sonrasında kabın ağzı kapatılır ve oda sıcaklığında, ılık görmeyecek şekilde birkaç gün bekletilir. Sonrasında katmanlar arasında oluşan miselyum, ortamdan alınarak kullanım amacına göre diğer süreçlere dahil edilir.



Resim 4.1. Oluklu mukavva üzerinde miselyum oluşturma çalışmaları

Ev ortamında yürütülen bu denemede yukarıda verilen tüm aşamalar sırasıyla uygulanmış olmasına karşın numunede bozulma (çürüme) meydana gelmiş ve miselyum elde edilememiştir. Bunun olası sebepleri ortamın nem dengesinin sağlanamamış olması

(mukavvaların fazla su çekmesi), hava akışının sağlanması için günde bir kez kabın açılması esnasında steril olmayan dış ortama maruz kalması, denenen yöntemin etkili olmaması, sağlanan ortam şartlarının stabil ya da uygun olmaması veya öngörülemeyen başka bir sebep olabilir. Yöntemle başarılı bir şekilde elde edilen bir numune olmamasından dolayı olumsuz sonuca sebep olan faktörün ne olduğu net olarak bilinmemektedir.

İkinci yöntem olarak, doğrudan tarımsal kalıntı üzerinde miselyum geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu yöntemde yalnızca miselyumun gelişmesi değil; malzemenin de üretilmesi amaçlanmıştır. Bu yöntemde ufak parçalara (0,5-6 cm aralığında) ayrılan tarımsal kalıntı, ince ve küçük parçalar halindeki mantar kökleri ile bir kap içerisinde doğrudan harmanlanır. Ortamın nemli olmasını sağlamak için su eklenir ve mantar parçalarının ilk aşamada hızlı gelişmesini sağlayacak bir besin kaynağı (örneğin un) karışıma dahil edilir. Karıştırıldıktan sonra kabın ağzı kapatılır ve birkaç gün oda sıcaklığında ve ışık görmeyen bir ortamda bekletilir. Bu sürede miselyum oluşmaya başlar ve bağlayıcısı olacağı artık malzemenin arasında beyazlıklar ve tutunmalar oluşturur. İlk birkaç günden sonra bu karışım kaptan alınır, tekrar karıştırılır ve şeklini alması istenilen kalıba çok sıkı olmayacak şekilde yerleştirilir. Hava akışının az da olsa sağlanması için üst kısmından birkaç küçük hava deliği açılarak birkaç gün daha oda sıcaklığında ve ışık görmeyen bir ortamda bekletilir. Yeterli süre bekleyen numune kalıptan çıkarılarak daha fazla miselyum (ve dolayısıyla mantar) oluşmasını önlemek için fırınlanır.

İlki gibi yine ev ortamında yürütülen bu denemede yukarıda verilen ilk aşamalardan kalıba aktarım kısmına kadar olanlar sırasıyla uygulanmış olmasına karşın numunede bozulma (çürüme) meydana gelmiş olduğundan diğer aşamalara devam edilmemiştir. Bunun olası sebepleri ortamın nem dengesinin sağlanamamış olması (buğday saplarının üzerine fazla su eklenmesi), kullanılan malzeme miktarının veya niteliğinin uygun olmaması, yöntemin etkili olmaması, ortam şartlarının stabil ya da uygun olmaması veya öngörülemeyen başka bir sebep olabilir. Yöntemle başarılı bir şekilde elde edilen bir numune olmamasından dolayı olumsuz sonuca sebep olan faktörün ne olduğu net olarak bilinmemektedir.

Üçüncü yöntem olarak besi yeri ortamında miselyum geliştirilmeye çalışılmıştır. Miselyum geliştirmeye uygun besi yerinin oluşturulması için kullanılacak malzemeler ve yöntemler üzerine araştırma yapılmış, okumaların yanı sıra incelenen videolarda yalnızca miselyum

özelinde değil, mikrobiyoloji alanında kullanılan besi yeri hazırlama şekilleri de incelenmiştir. Bunlar doğrultusunda üzerinde miselyum geliştirmeye yönelik denenecek besi yeri hazırlama tarifi (kullanılacak malzemeler, miktarları ve uygulama biçimi) belirlenmiştir. Hazırlanış aşamaları sebebiyle ev ortamında gerçekleştirilmesi mümkün olmadığından bu çalışma için kullanılacak besi yeri belirlenen tarif çerçevesinde üniversite genel kimya laboratuvarında hazırlanmıştır. Kullanılan malzemeler ve uygulanan aşamalar Resim 4.2’de verilmektedir.



Resim 4.2. Besi yerinin hazırlanış aşamaları

Öncelikle steril bir beher içine hassas bir şekilde ölçülen malt özü (malt extract), maya özü (yeast extract) ve agar agar (kısaca agar) eklenmiştir. Üzerine belirli ölçüde saf su eklenerek doğrudan ateş üzerinde (ısıtıcılı manyetik karıştırıcı da kullanılabilir) kaynayana kadar sürekli olarak karıştırılmıştır. Kaynadıktan sonra yine steril olan daha küçük cam kaplara alınmış ve sterilizasyondan çıktıktan sonra hava almayıp steril kalması için ağzları

alüminyum folyo ile sıkıca kapatılmıştır. Sterilizasyon cihazında 121°C/30min ayarında sterilizasyon sağlandıktan sonra uygulamanın gerçekleştirileceği kaplara boşaltılmış ve kapların ağzı kapatılıp oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır. Soğuma sırasında besi yeri katılaşarak/jelleşerek kullanıma hazır hale gelmektedir. Bu deneyde besi yerinin dökümünde iki adet plastik ve bir adet cam kap kullanılmıştır.

Deneyin sonraki aşamaları ev ortamında devam ettirilmiştir. İçinde besi yeri olan üç kabın içine (besi yerinin üzerine) ince ve küçük ebatlarda kesilen mantar sapı parçaları yerleştirilmiş ve kapların ağızları kapatılarak birkaç gün beklemek üzere ılık ve karanlık bir ortama yerleştirilmiştir. Birkaç gün sonra numunelerin kapakları açıldığında miselyum oluşumunun başlamakta olduğu ancak henüz lifli yapıya ulaşmadığı görülmüş olsa da belirtilen sürelerle ulaşmış olması sebebiyle numuneler kısım kısım kaplardan alınarak saman sapları ile harmanlanmış, su eklenmiş ve tekrar saklama dolabına kaldırılmıştır. Yalnızca plastik kaplardaki numunelerin kullanıldığı bu aşamada kıyaslama yapabilmek için örneklerden birinin içerisine besin amaçlı un eklenmiş, diğerine ise besinsiz ilerlemesini görmek için un eklenmemiştir. Cam kapta bulunan numune ise ağzı tekrar kapatılıp saklama dolabına tekrar yerleştirilmiştir. Birkaç gün daha bekletildikten sonra plastik kaplar açıldığında herhangi bir ilerlemenin ya da bozulmanın olmadığı görülmüş ve tekrar saklama dolabına kaldırılmıştır. Ancak cam kapta halen besi yerinde bulunan numune üzerinde miselyumun olduğu gözlenmiştir. Az miktarda çürümenin de başladığı bu numune, miselyumun biraz daha artabilmesi için tekrar saklama dolabına kaldırılmıştır ancak ertesi gün çürümenin miselyumdan hızlı ilerlediği fark edilmiştir. Bu sebeple mevcut miselyum ile deneye devam etmek için çürümenin olmadığı kısımlar ayıklanarak talaş, un ve su ile harmanlanıp kalıba alınmış ve saklama dolabına yerleştirilmiştir. Birkaç gün sonra saklama dolabındaki numunelerden plastik kaplarda olan ilk ikisinde yine hiçbir değişiklik olmadığı gözlenmiş; son eklenen numunede ise küçük beyaz yapılara rastlanmıştır. Bir iki gün daha bekledikten sonra bu yapıların miselyumun bağlanmasından dolayı değil; çürümenin ilerlemesinden dolayı olduğu anlaşılmıştır.

Plastik kaplardan alınan numunelerde bir ilerleme sağlanmamasının nedeninin miselyumun henüz yeterince oluşmasına süre tanınmadan ortamdan alınması olduğu düşünülmektedir çünkü daha fazla bekletilen diğer numunede miselyum oluşumu gerçekleşmiştir. Miselyumun olduğu numunede bir ilerleme sağlanmamasının nedeninin ise kabın ağzının

erken açıldığında dış ortamla temas ederek bozulmasına sebep verecek bir etkenin ortama girdiği düşünülmektedir.



Resim 4.3. Besi yerinde miselyumun oluşmaya başlaması

Sonuç olarak, farklı yöntemlerle yapılan bu deneylerin ilk ikisinden olumlu sonuç alınamamış; sonuncu yöntem olan besi yeri kullanımında ise miselyum oluşumu sağlanabilmiş ancak steril ortam koşulları sağlanamadığı için kontaminasyon gerçekleşmiştir. Bu ön çalışmalarda elde edilen sonuçlar doğrultusunda, araştırma kapsamında yürütülecek olan biyokompozit üretim sürecinin miselyum kültürü oluşturma aşamasının, uygun çevresel koşulların sağlanabildiği bir laboratuvar ortamında besi yeri üzerinde kültür oluşturma şeklinde yapılmasına karar verilmiştir.

4.1.2. Malzeme oluşturma ön çalışması

Malzeme üretiminde kullanılmak üzere miselyumun üretilmesine yönelik yapılan ön denemelerde verimli sonuç alınamaması sebebiyle miselyumun üretilmiş olarak temin edilerek miselyum kompozit malzeme oluşturma denemesinin yapılmasına karar verilmiştir. Bu denemenin amacı malzemenin üretilip üretilmediğinin, malzemenin ne şekilde oluştuğunun, üretim sürecini etkileyen faktörlerin neler olduğunun anlaşılması; sonrasında ise çalışma kapsamında yürütülecek üretim sürecinin şekillendirilmesine zemin oluşturmaktır. Bu doğrultuda, üretilmiş miselyum ve buğday sapı kullanılarak ön bir malzeme oluşturma çalışması yürütülmüştür. Selçuk Üniversitesi Mantarcılık Araştırma ve Uygulama Merkezinden temin edilen buğday taneleri üzerine sardırılmış miselyum ile buğday sapının kullanılarak yapıldığı malzeme oluşturma deneyi tüm aşamalarıyla aşağıda anlatılmaktadır.

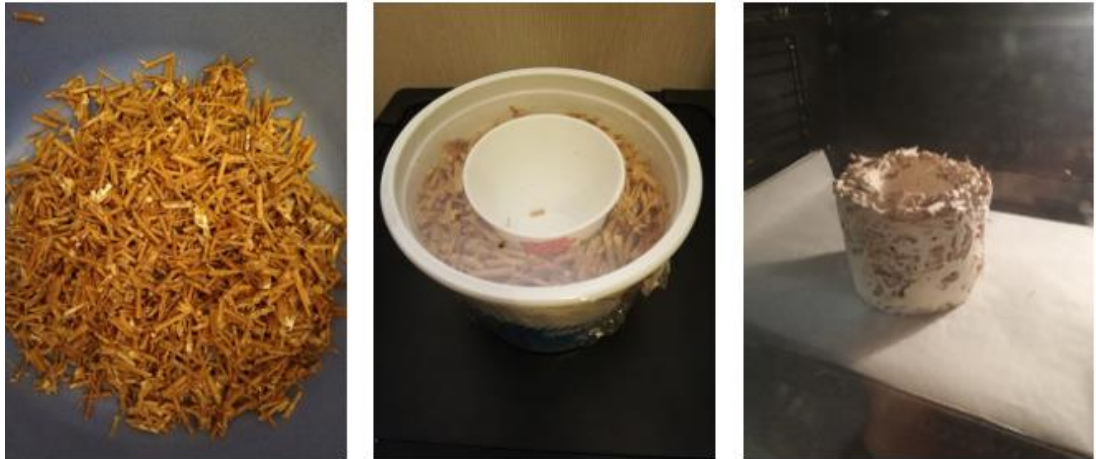
- Buğday sapları 1,5-2 cm boyutlarında olacak şekilde parçalanmıştır (Resim 4.4).
- Parçalanmış saplar bir gece suda bekletilmiştir.
- Yaklaşık bir buçuk saat boyunca kaynatıldıktan sonra saplar, numune kabının dibinde su bırakmaması için su bırakmayacak şekilde süzümüştür.
- Süzümüştür sapların içine %2 oranında alçı eklenmiştir (Çalışmada 200 g saman ve 4 g alçı kullanılmıştır).
- Saplar ve alçı karıştırıldıktan sonra sıkıştırmadan sarma işleminin gerçekleşeceği numune kabına (kavanoza) konmuştur. Kavanozun kapatılması için iç kısmı sünger kaplı, üst kısmı delikli kapak kullanılmıştır (Resim 4.4).
- Sterilizasyon sağlanması için numune kabı, düdüklü tencere içerisinde yüksek basınç ayarında 20 dakika kaynatılmıştır.
- Hem çıkarılıp soğutulan buğday saplarının olduğu kavanozun hem de temin edilen buğdaya sardırılmış miselyum kavanozunun dışı alkolle temizlenmiştir.
- Steril bir bıçak ile miselyum kavanozundan alınan küçük parçalar diğer kabın içerisine eklenilerek karıştırılmıştır (Resim 4.5).
- Eşit dağılımın sağlanmasının ardından yine aynı kapak ile kapatılan kap, ışık almayacak şekilde siyah poşet ile kaplanmış ve 24°C sabit sıcaklığa sahip karanlık bir bölmeye kaldırılmıştır.
- Sarma işleminin tamamlanması için yaklaşık 30 gün bu şekilde bekletilmiştir. Bu süreçte ara ara bozulma olmadığından emin olmak için kontrol edilmiş ve günden güne miselyumun oluşup yoğunlaştığı gözlenmiştir (Resim 4.5).
- Yaklaşık 30 günün sonunda kaptan çıkarılan numune, elle parçalanarak ufalanmıştır (Resim 4.6).
- Parçalarına ayrılan numune, deneme için oluşturulmuş kalıba konmuştur. Kalıbın ağzı streç film ile kapatılmış ve üzerine birkaç delik açılmıştır (Resim 4.6).
- Kalıplanan numune, sabit sıcaklığa sahip karanlık bölmeye tekrar kaldırılarak kalıbın şeklini alması için yaklaşık 15-20 gün bu şekilde bekletilmiştir.
- Bu süre sonunda sertleştiği gözlenen numune, kalıptan çıkarılarak fırınlanmıştır (Resim 4.6). Yüksek sıcaklığın aradaki bağlayıcı yapıyı bozmaması (mantarın pişmemesi) için fırınlama işlemi uygun kurutma sıcaklığında ve birkaç saat süresince gerçekleştirilmiştir.



Resim 4.4. Malzeme üretimi ön deneme süreci fotoğrafları: boyutlandırılan buğday sapları (solda), kavanoza aktarılan buğday sapları (ortada), kullanılan kapak (sağda)



Resim 4.5. Malzeme üretimi ön deneme süreci fotoğrafları (devamı): miselyumun substrata eklenmesi (solda), iki hafta sonundaki miselyum gelişimi (ortada), dört hafta sonundaki miselyum gelişimi (sağda)



Resim 4.6. Malzeme üretimi ön deneme süreci fotoğrafları (devamı): numunenin parçalanması (solda), kalıba alınması (ortada) ve fırınlanması (sağda)



Resim 4.7. Ön deneme sürecinde geliştirilen ürünün farklı açılardan görünümü

Miselyumun bağlayıcı özelliğinin kullanılmasıyla yapılan malzeme geliştirme çalışmalarında (Appels ve diğerleri, 2019; Attias ve diğerleri, 2020, 2017; Elsacker, Vandeloek, Brancart, Peeters ve De Laet, 2019; Iordache ve diğerleri, 2018; Islam, Tudryn, Bucinell, Schadler ve Picu, 2018; M. Jones ve diğerleri, 2018; M. Jones, Bhat, Wang, Moinuddin ve John, 2017; Lokko, Rowell, Dyson ve Rempel, 2016) gerek tarımsal atıklar gerekse miselyumun üzerinde gelişebileceği diğer organik malzemeler substrat olarak kullanılırken bu malzemelerin parça boyutları genellikle 0-10 mm aralığında tutulmuştur. Bu çalışma kapsamında substrat olarak kullanılan buğday saplarının parça boyutları ise yaygın çalışmalardan farklı olarak yaklaşık 20 mm olacak şekilde hazırlanmıştır. Parça boyutlarının daha uzun olması, substratın kalıbın içerisine rastgele dağılım şeklinde yerleştirilmesi doğrultusunda parça aralarında daha fazla boşluk oluşmasına sebep olmuştur. Miselyumun gelişim gösterebilmek için parça aralarında boşluklu yapıya ihtiyaç duymasına karşın artan boşluk hacmi, parça aralarını yeterince yoğun dolduramamasına sebep olmuştur. Parça boyutu sabit tutulmakla beraber kalıp içerisinde dağınık yerine düzenli dizilim gerçekleştirilmesiyle daha homojen dağılımlı bir boşluk düzeninin oluşturulması ve dolayısıyla miselyumun parça aralarında daha yoğun gelişim göstererek substratın yer aldığı kalıbın tamamını doldurması sağlanabilir.

Malzeme üretiminin kalıplama işleminde, kalıp olarak içteki kâğıt bazlı, dıştaki ise plastik olmak üzere tek tarafı kapalı silindir formunda iki malzeme iç içe geçirilerek kullanılmıştır. İç tarafta bulunan kâğıt kalıp tarafından substratta bulunan suyun bir kısmı emilerek plastik kalıba göre substrata daha uzun süre nemli bir ortam sağlanmış; bu sebeple geliştirilen malzemenin iç kalıba yakın olan yüzeylerinde miselyum daha yoğun ve bütüncül bir yapı oluşturacak şekilde gelişim göstermiştir. Ancak miselyum, kâğıt kalıbın

selülozik yapısı sebebiyle kalıpla etkileşime girerek substrat ve kalıp arasında da bağlayıcı yapı oluşumu göstermeye başlamıştır. Nemlilik sağlama açısından verimli olmasına karşın, miselyum tarafından besin olarak değerlendirilerek yapıya dahil edilmesi sebebiyle kâğıt esaslı malzemelerin kalıp olarak kullanımının verimsiz olduğu görülmüştür. Dışta bulunan plastik kalıp, miselyum ile herhangi bir etkileşime girmemiş olup nemliliğin yeterince sağlanamadığı yüzeylerde miselyum gelişiminin yetersiz kaldığı; buna karşın substratta yer alan suyun daha çok birikme gösterdiği alt taban ve alt yan yüzeylerde ise yoğun miselyum gelişiminin gerçekleştiği, özellikle alt tabanda bu gelişimin tam kapatmaya yakın olduğu gözlenmiştir. Kalıp kullanımı açısından değerlendirildiğinde, miselyum ile yapılacak olan araştırmalarda miselyumun etkileşime girmemesi açısından içerisinde organik bileşeni olmayan malzemelerin kalıp olarak değerlendirilmesinin uygun olacağı düşünülmektedir.

Birçok mantar türü gelişebilmek için yaklaşık 25°C sıcaklığa, en az 0,65 civarında su aktivitesine ve 4-6 arası pH değerine (Kavanagh, 2011/2014: 26-27) ve ışık almayan ortama ihtiyaç duymaktadır. Çalışma kapsamında kalıplama sürecinde numunenin saklanması için kullanılan alanda miselyumun gelişim gösterebilmek için ihtiyaç duyduğu pH değeri, sabit sıcaklık ve karanlık ortam şartları sağlanmış ancak substratın ilk aşamalarda nemlendirilmesi dışında ortama nem takviyesi sağlanamamıştır. Parça boyutlarının uzunluğu ve parçaların rastgele dizilişinden dolayı oluşan çok boşluklu diziliminin yanı sıra, yetersiz nem ortamının da miselyumun malzemede tam kapatma sağlayacak şekilde gelişememesinin bir sebebi olduğu düşünülmektedir.

Bu deneme kapsamında oluşturulan numune, istenilen şekilde verimli gelişmemiş olmasına karşın araştırmada yürütülecek esas üretim sürecinin nasıl olması gerektiği konusunda yol gösterici olmuştur. Bununla beraber, elde somut bir ürünün olması sayesinde geliştirilecek olan malzemeye uygulanması gereken ve uygulanması mümkün olan testlerin tespiti yapılabilmektedir.

4.2. Araştırma Yönteminin Tasarımı

Çalışma kapsamında malzeme oluşturma sürecinde bağlayıcı olarak iki farklı mantar türüne (*Pleurotus Ostreatus* ve *Lentinula Edodes*) ait miselyum ile hammadde olarak buğday samanı kullanılmasına karar verilmiştir. Bu sayede farklı mantar türlerinin kullanımının nihai malzemenin özelliklerine etkisinin incelenmesi planlanmıştır. Ancak

Lentinula Edodes türü ile verimli bir üretim süreci gerçekleştirilemediğinden çalışma kapsamına yalnızca *Pleurotus Ostreatus* türüne ait miselyum ile oluşturulan malzemeler alınmıştır. Bunun yanı sıra, miselyumun buğday samanını bağlama süresinin değişmesinin de malzemenin yapısal özellikleri üzerinde etkisinin olması sebebiyle, kalıplama aşamasında üç farklı bekleme süresi doğrultusunda numuneler geliştirilmiş ve incelenmiştir. Hazırlanan numuneler sonrasında belirlenen fiziksel, mekanik ve ısı testlere tabi tutulmuştur.

4.2.1. Hangi mantar türlerinden miselyum oluşturulacağının belirlenmesi

Mantarların miselyum oluşturma, konuldukları ortamdaki besinleri enzimleri ile parçalayarak (ve bir yandan ağ oluşturup birleştirerek) büyümeleri şeklinde gerçekleşmektedir. Yürütülecek çalışmada yüksek biyolojik etkinliğine sahip olmaları ve daha hızlı lif oluşturmaları sebebiyle *Pleurotus ostreatus* ve *Lentinula edodes* türleri seçilmiştir. Her iki tür de yenilebilir mantar türleridir ve *Pleurotus ostreatus*, kavak mantarı veya istiridye mantarı olarak, *Lentinula edodes* ise meşe mantarı veya şitaki mantarı olarak da bilinmektedir. İki farklı mantar türü kullanılmasına karar verilmesinin sebebi, farklı mantar kültürü kullanımının sebep olacağı farklı bağlanma yapısının oluşturulan nihai malzemede yaratacağı yapısal farklılıkları gözlemlemek ve mukayese etmektir. Her iki tür ile de çalışmalar kültür oluşturma aşamasından itibaren yürütülmüş olup *Lentinula Edodes* ile yürütülen süreçlerde sardırma aşamasından olumlu sonuç alınamaması sebebiyle çalışma *Pleurotus Ostreatus* miselyumunun kullanılmasıyla geliştirilen malzemeler ile tamamlanmıştır.

4.2.2. Miselyumun nasıl geliştirileceğinin belirlenmesi

Yapılacak olan malzeme çalışmalarından elde edilecek numunelerin içeriğinde belirlenenler dışında bir bileşen olmaması ve sonrasında uygulanacak testlerin bazılarında belirlenen numune yüksekliklerinin az olmaması sebebiyle malzeme oluşturma ön çalışması sürecinde kullanılan buğday taneleri üzerine sardırılmış ana kültür yerine besi yerinde geliştirilmiş saf kültür kullanılmasına karar verilmiştir. Bu doğrultuda, saf miselyum elde edilmesi için doku kültüründen yararlanılmıştır. Temin edilen *Pleurotus ostreatus* ve *Lentinula edodes* mantarlarının laboratuvar ortamında Malt Ekstract Agar

(MEA) içeren petri kaplarına ekimi yapılması sonrasında kontaminasyon olmadan gelişen miselyumlar saf kültür olarak kullanılmıştır.

4.2.3. Kullanılacak substratın belirlenmesi

Kayın mantarı yetiştiriciliğinde farklı tarımsal atıkların kullanım olanaklarının araştırıldığı bir çalışmada (Kurt, 2008), çalışma kapsamında kullanılan iki farklı mantar türü için de en hızlı misel gelişimi buğday sapından elde edilmiştir. Çalışmada kullanılacak olan mantar türlerinden biri olan *Pleurotus ostreatus*'un farklı tarımsal atıklar üzerinde geliştirilmesine yönelik yapılan bir çalışmada (Shah, Ashraf ve Ishtiaq Ch, 2004), *P. ostreatus*'un misel gelişimini buğday sapı üzerinde 16 gün diğer artıklar üzerinde ise 25 gün olarak bildirilmiştir. Buğday sapı üzerinde *Pleurotus* türleri içerisinde en hızlı misel gelişimini belirlemeye yönelik yapılan bir çalışmada (Philippoussis, Zervakis ve Diamantopoulou, 2001) ise en hızlı misel gelişimi 20 gün ile *P. ostreatus*'ta gözlemlenmiştir. Tezin önceki bölümlerinde miselyum ve tarımsal atıkla yapılan çalışmalar için verilen kaynakların yanı sıra, farklı pek çok çalışmada da (Adamović ve diğerleri, 1998; Azizi, Fazaali ve Jelan, 1999; Gaitán-Hernández ve diğerleri, 2006; Jones, Hale ve Omed, 2006; Kakkar ve Dhanda, 1999; Kutlu ve diğerleri, 1996; Manukovsky, Kovalev ve Gribovskaya, 1999; Moyson ve Verachtert, 1991; Philippoussis, Diamantopoulou, Zervakis ve Ioannidou, 2000; A. Singh ve Sharma, 2002; M. P. Singh, 2000; Tsang, Reid ve Coxworth, 1987; Zervakis, Philippoussis, Ioannidou ve Diamantopoulou, 2001; Zhen, Yang ve Liu, 1995) farklı mantar türlerinin misellerini geliştirmek için buğday sapının kullanımı üzerine çeşitli araştırmalar yapılmıştır.

Yukarıda belirtilen çalışmalardan miselyum üretiminde buğday sapının verimli olduğu anlaşılmakta olup verimliliğinin yanı sıra yerel bazda temininin rahat olması da üretim sürecinde ihtiyaç duyulan hammadde miktarının karşılanabilmesi açısından tercih edilmiştir. Malzeme üretimi ön çalışmasında elde edilen malzeme üzerinde yapılan değerlendirmeler doğrultusunda hammadde parça boyutunun küçültülmesinin daha verimli sonuç vereceğinin belirlenmesi sebebiyle de tez çalışması kapsamında yürütülecek malzeme geliştirme deneylerinde malzemenin hammaddesinin buğday samanı olmasına karar verilmiştir.

4.2.4. Uygulanacak testlerin ve numune özelliklerinin belirlenmesi

Geliştirilecek malzemelerin özelliklerinin değerlendirilmesi için uygulanacak olan fiziksel ve mekanik testler belirlenmiş, malzeme oluşturma ön çalışmasında elde edilen numunenin incelenmesi sonucu bu malzemenin belirlenen testlerden hangilerine tabi tutulabileceği değerlendirilmiş ve testler için hazırlanması gereken numunelerin boyutları, şekilleri ve adetleri belirlenmiştir. İki farklı mantar türü kullanımı ve üç farklı kalıplama süresi uygulanması doğrultusunda farklı yapısal özellikler ortaya koyacak altı farklı malzeme elde edileceğinden her bir testin altı kez yapılması gerekmektedir. Uygulanmasına karar verilen testler ve bu testler için gereken numune özellikleri Şekil 4.1’de verilmiştir.

Çekme testi

Geliştirilen malzemenin “statik yük altındaki elastik ve plastik davranışlarını belirlemek için” (Küçük, 2019) çekme testi uygulanacaktır. Bu test için, geliştirilen her bir malzeme grubuna ait Şekil 4.1’de (a) verilen formda ve ölçülerde, yüksekliği ise 0,5-5 mm arasında olan dörder numune gerekmektedir.

Eğme testi

Geliştirilen malzemenin “mukavemeti hakkında tasarım bilgilerini belirlemek ve malzemenin eğilmeye karşı mekanik özelliklerini tespit etmek için” (Baylan, 2015) eğme testi uygulanacaktır. Bu test için, geliştirilen her bir malzeme grubuna ait Şekil 4.1’de (b) verilen formda ve ölçülerde, yüksekliği ise 10 mm olan dörder numune gerekmektedir.

Basma testi

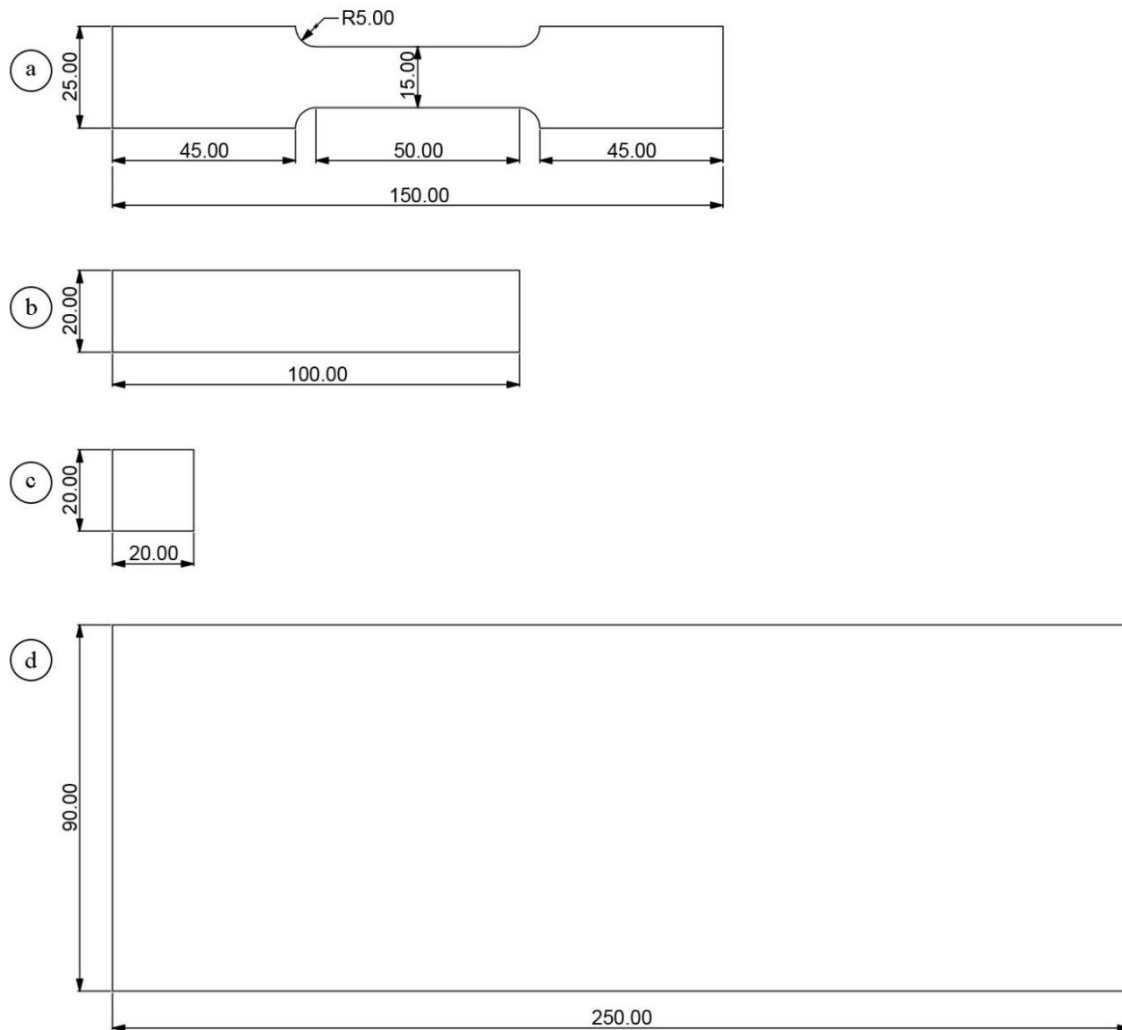
Geliştirilen malzemenin basma yükü uygulanması sonucunda meydana gelebilecek olan uzunluk kısalması ve ezilme durumunu tespit etmek için basma testi uygulanacaktır. Bu test için, geliştirilen her bir malzeme grubuna ait Şekil 4.1’de (c) verilen formda ve ölçülerde, yüksekliği ise 16 mm olan dörder numune gerekmektedir.

Makroyapı incelemesi

Geliştirilen malzemenin içyapısının incelenmesi için makroyapı resimleri çekilecektir. Bu inceleme için herhangi bir boyut gereksinimi bulunmamakla beraber her bir malzeme grubundan birer adet numune yeterli olmaktadır.

Tek alev kaynağı testi

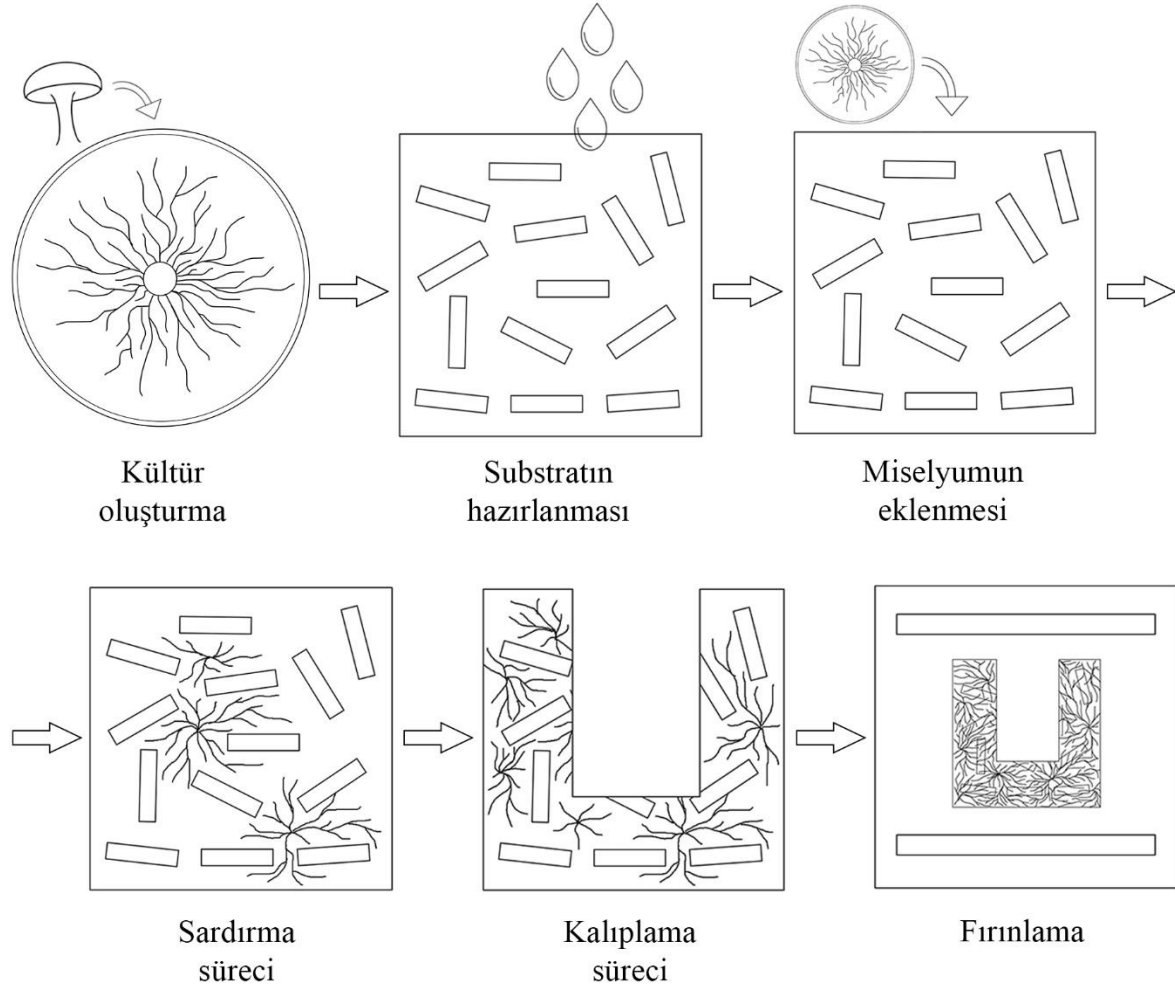
Geliştirilen malzemenin tutuşabilirlik ve alev boyu ilerlemesi özelliklerinin tespit edilmesi amacıyla tek alev kaynağı testi uygulanacaktır. Bu test için, geliştirilen her bir malzeme grubuna ait Şekil 4.1’de (d) verilen formda ve ölçülerde, yüksekliği ise 10-60 mm arasında olan altışar numune gerekmektedir.



Şekil 4.1. Uygulanacak testler için gerekli numune şekilleri ve ölçüleri (mm)

4.2.5. Üretim sürecinin planlanması

Çalışma kapsamında gerçekleştirilecek olan miselyum kompozit üretimi için kültür oluşturma, sardırma, kalıplama ve fırınlama olmak üzere dört temel aşamalı bir süreç belirlenmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Miselyum kompozit malzeme üretim süreci şeması

Kültür oluşturma aşaması, belirlenen mantar türlerinden laboratuvar ortamında besiyeri üzerinde miselyum saf kültürünün oluşturulduğu aşamadır. Yeterli kültür oluşumu gerçekleştiikten sonra sardırma aşamasına geçilmektedir.

Sardırma aşaması, miselyumun substrat üzerinde gelişim gösterdiği aşama olup bu süreç için kuluçka, yetiştirme, büyüme, sarma, kolonizasyon gibi farklı ifadeler de kullanılmaktadır. Bu aşamaya geçilmeden önce, kullanılacak substratın nemlendirme,

gerekiyorsa boyutlandırma, sterilizasyon gibi işlemler doğrultusunda hazırlanması gerekmektedir. Sardırma sürecinde kullanılacak kaplar içerisinde hazırlanan substrat üzerine petrilere alınan miselyum steril bir ortamda eklenir ve uygun şartlar altında yeterli yoğunlukta sardırma gerçekleşene kadar bekletilir.

Sardırma sürecinde yeterli miktarda büyüme gerçekleştikten sonra miselyum ve substrat karışımı kaplardan çıkarılıp ufalanarak havalandırılır ve şeklini alması istenilen kalıplar içine aktararak kalıplama sürecine geçilmiş olunur. Kalıplama süreci, işleyiş prensibi itibarıyla aslında ikincil bir sardırma sürecidir ancak malzemenin formunun oluştuğu aşama olması sebebiyle bu ifade kullanılmıştır. Sardırma sürecinde olduğu gibi bu aşamada da karışımın bulunduğu kalıplar uygun şartlar altında ve miselyumun yeterli gelişimi göstererek substratı tamamen bağlayacağı süre kadar bekletilir.

Kalıplama sürecinin sonunda kalıbın içerisinde bütünleşen ve tek parça haline gelen karışımlar (malzeme numuneleri) kalıplardan çıkarılır ve fırınlama aşamasına geçilir. Bu aşama, miselyumun daha fazla büyümesini ve mantar oluşturmalarını önlemek için canlılık aktivitesini sonlandıracak şekilde numunelerin belirli sıcaklıklarda ve belirli sürelerde fırınlanmasını içermektedir. Bu süreç için literatürde kurutma ifadesi de kullanılmaktadır ancak bu ifadenin her zaman sadece canlılık aktivitesini sonlandırmak için değil, ayrıca canlılık aktivitesinin sonlandırılmadan yalnızca ortamdaki suyun çekilmesini ifade etmek için de kullanılması sebebiyle fırınlama terimi tercih edilmiştir.

4.3. Miselyum Kompozit Üretimi

Bu bölümde çalışma kapsamında gerçekleştirilen miselyum kompozit üretim aşamaları sıralı ve detaylı olarak anlatılmaktadır. Kültür oluşturma, sardırma, kalıplama ve fırınlama aşamalarından oluşan bu üretim süreci, Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Misel Araştırma ve Geliştirme Laboratuvarında yürütülmüştür.

4.3.1. Kültür oluşturma

Kültür oluşturma aşamasında besi yeri hazırlanmakta, hazırlanan besi yerleri petri kaplarına uygun miktarlarda aktararak üzerlerine mantarlardan alınan parçaların ekimi yapılmakta ve petri kaplarının kapakları kapatılarak miselyum gelişimi için beklemeye

bırakılmaktadır. İçerisinde yeterli miselyum gelişiminin sağlandığı kaplar, başka bir işlemde kullanılmıncaya kadar soğutucu dolaplarda muhafaza edilmektedir.

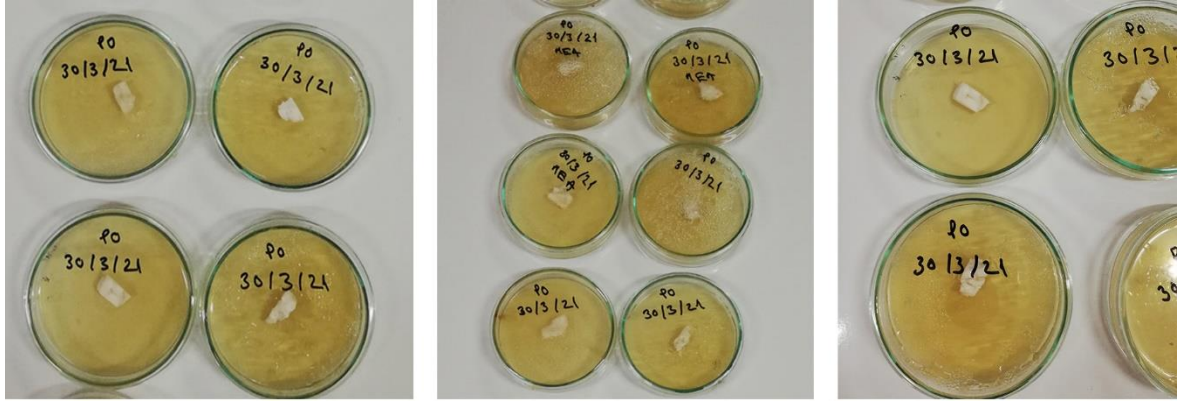
Besi yerinin hazırlanışında 1 litre saf su içerisine toz haldeki 40 gram malt extract agar eklendikten sonra manyetik balıkla karıştırılmış ve karışıma otoklav cihazında 121°C sıcaklıkta 20-25 dakika sterilizasyon uygulanmıştır. Ekim için dökmeye yakın olarak hazırlanan besi yeri, sıcaklığı ekime uygun dereceye düşene kadar ağzı alüminyum folyo ile kapalı olarak bekletilmiştir.

Kültür oluşturma işlemi için kullanılacak olan petri kapları, pastör fırınında 60°C'de üç saat süre ile otoklavlanmış, sonrasında bu kaplara steril kabinde (ekim kabini) bir süre UV sterilizasyon uygulanmıştır. Hazırlanan besi yerleri, yine ekim kabini içerisinde petrilere aktarılmış ve tekrar UV sterilizasyon uygulanmıştır. Sonrasında miselyum saf kültürü oluşturmak için temin edilen *Pleurotus ostreatus* ve *Lentinula edodes* türlerine ait mantarlardan alınan parçaların petrillerdeki besi yerleri üzerine ekimi yapılmış ve kapakları kapatılarak miselyum gelişmeye bırakılmıştır. Ekim işleminin tüm süreçleri ekim kabini içerisinde steril bir şekilde yürütülmüştür.

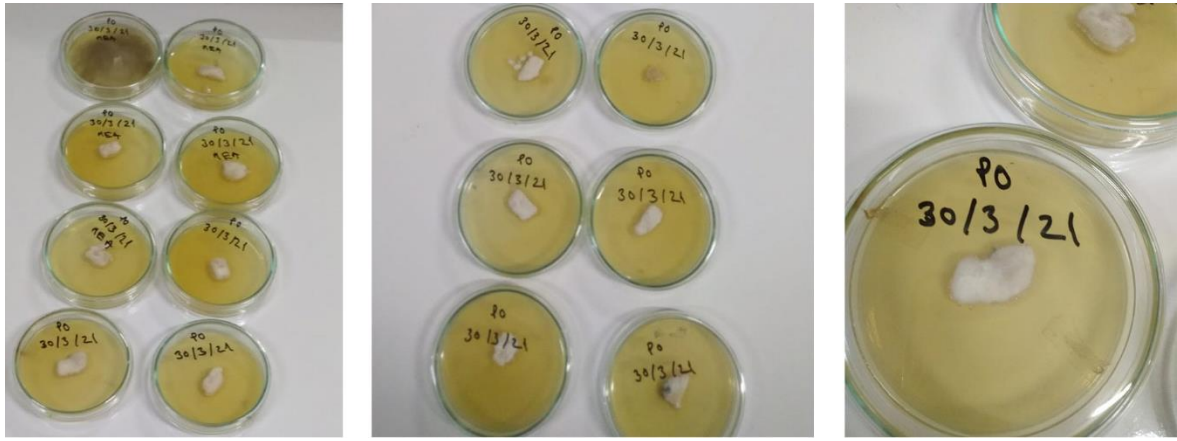
Her iki türün de ilk ekimi aynı gün gerçekleştirilmiştir ancak kontaminasyona bağlı olarak farklı türlere farklı günlerde tekrar ekim yapılması gerektiğinden gelişim süreçleri farklı ilerlemiştir. Bu sebeple, miselyum gelişim süreci türlere göre aşağıda sırayla anlatılmaktadır.

Pleurotus ostreatus kültürü oluşturma süreci

Pleurotus ostreatus ile hazırlanan kültürlerin tamamında onuncu günde bozulma görülmüş, hepsi dökülerek ikinci kez ekim yapılmıştır. Bu turda hazırlanan numunelerin de bir hafta sonrasında tamamında bozulma olması sebebiyle tekrar ekim yapılmıştır. Yapılan üçüncü ekimde kültürlerde bir bozulma gerçekleşmemiş ve üçüncü ekimin 16. gününde yeterli gelişim sağlamaları doğrultusunda tüm kültür kapları buzdolabına kaldırılmıştır. Sürecin fotoğrafları Resim 4.8-11'de verilmiştir.



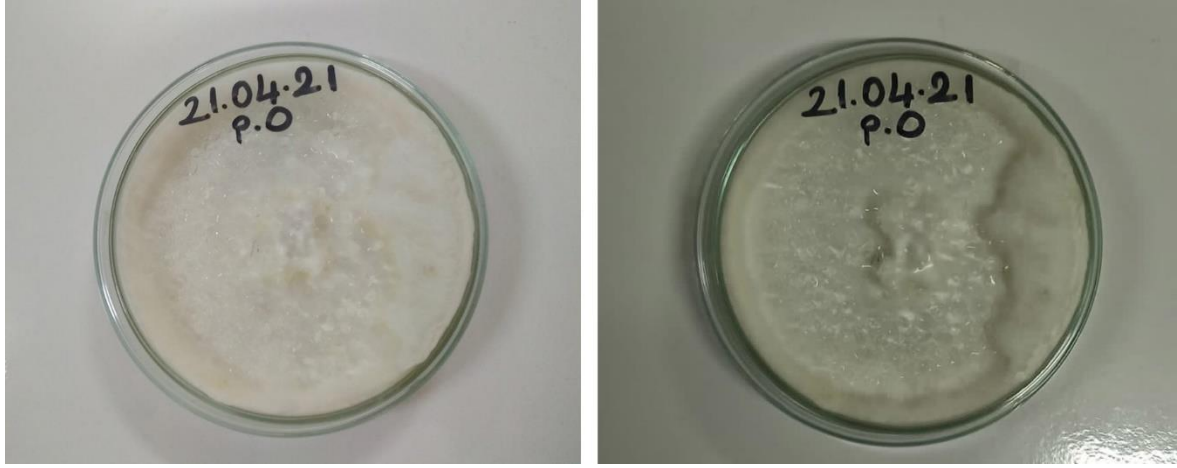
Resim 4.8. *P. ostreatus* birinci ekim birinci gün fotoğrafları



Resim 4.9. *P. ostreatus* birinci ekim sekizinci gün fotoğrafları



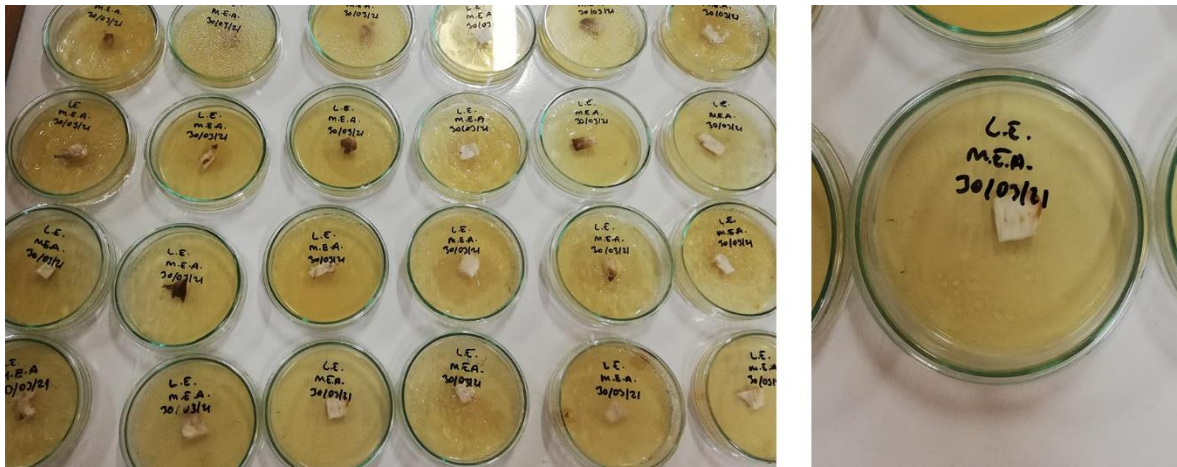
Resim 4.10. *P. ostreatus* üçüncü ekim dördüncü gün fotoğrafları



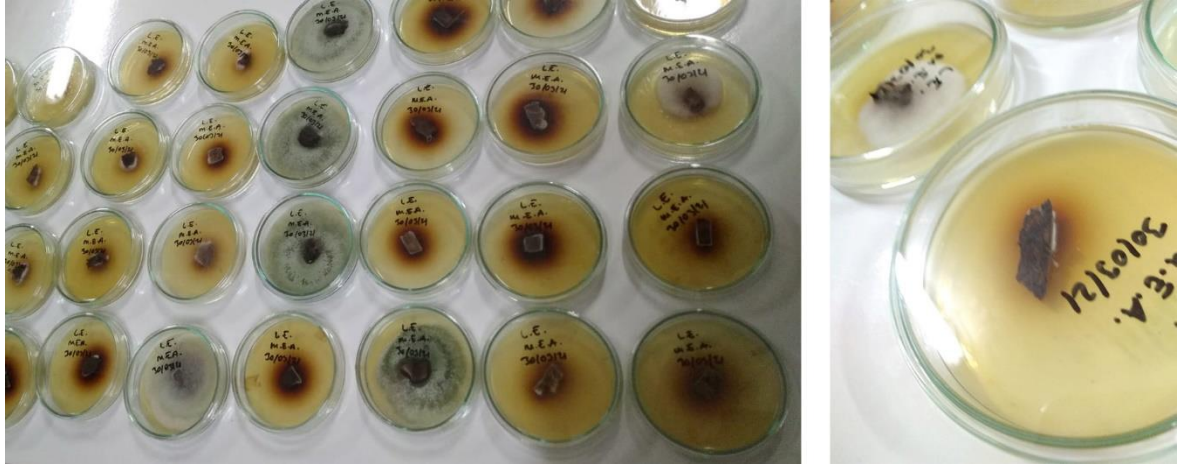
Resim 4.11. *P. ostreatus* üçüncü ekim yeterli gelişimin sağlandığı kültür fotoğrafları

Lentinula edodes kültürü oluşturma süreci

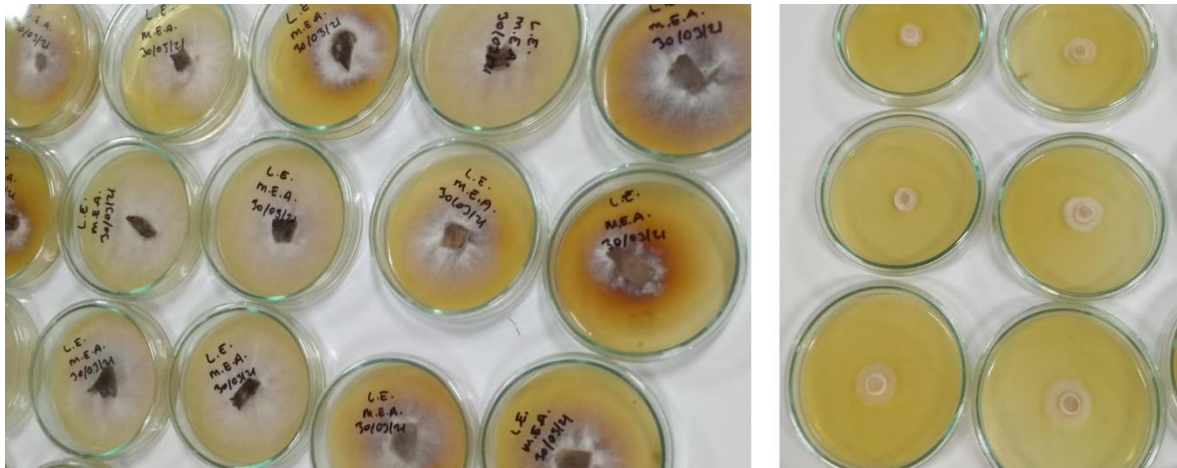
Pleurotus ostreatus ile aynı günde ilk ekimi yapılan *Lentinula edodes* (Resim 4.12) ile hazırlanan kültürlerin birkaçında sekizinci günde bozulma görülmüştür (Resim 4.13). Yalnızca bozulma olanlar dökülerek ilave bir ikinci ekim yapılmış, birinci ekimden bozulma olmayanların gözlenmesine devam edilmiştir. Her iki ekimden de hazırlanan kültürler, düzenli olarak gözlemlenerek gelişime bırakılmıştır. *Pleurotus ostreatus* kültürlerine kıyasla çok yavaş gelişim gösteren *Lentinula edodes* kültürleri, sonrasında daha fazla gelişim göstermediğinin fark edilmesiyle ilk ekimden yaklaşık seksen gün sonra, sonraki aşamalarda kullanılmak üzere buzdolabına kaldırılmıştır. Sürecin fotoğrafları Resim 4.12-18’de verilmiştir.



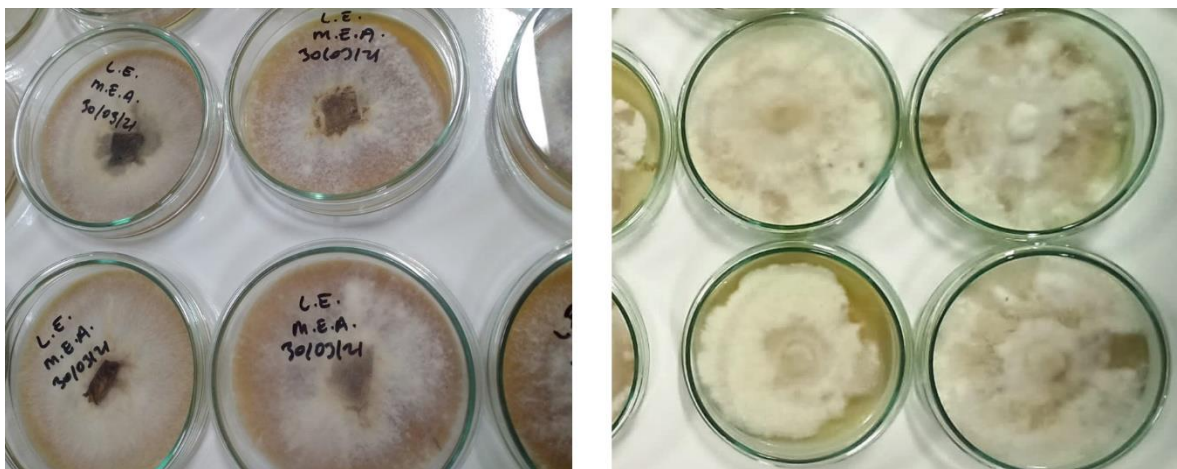
Resim 4.12. *L. edodes* birinci ekim birinci gün fotoğrafları



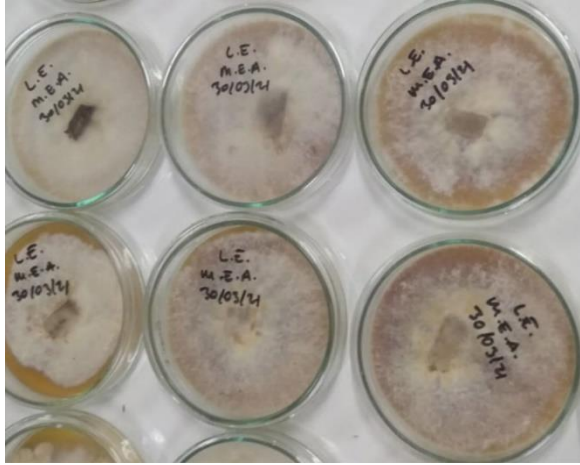
Resim 4.13. *L. edodes* birinci ekim sekizinci gün fotoğrafları



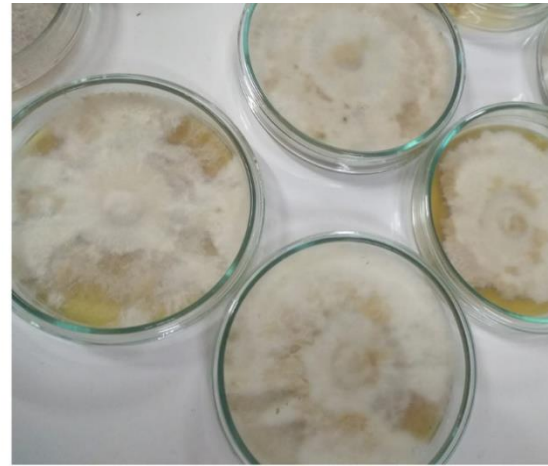
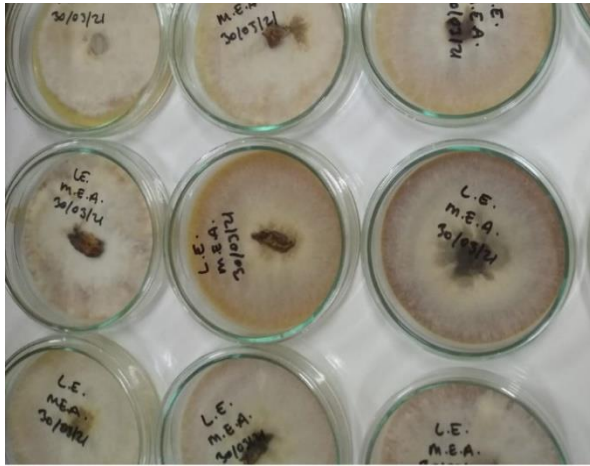
Resim 4.14. *L. edodes* birinci ekim yirmi dördüncü gün (solda) ve ikinci ekim sekizinci gün (sağda) fotoğrafları



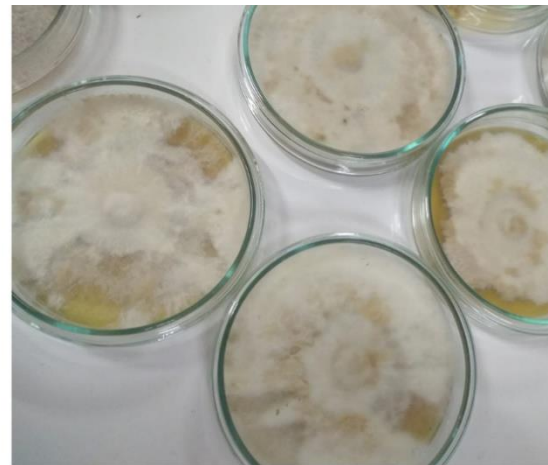
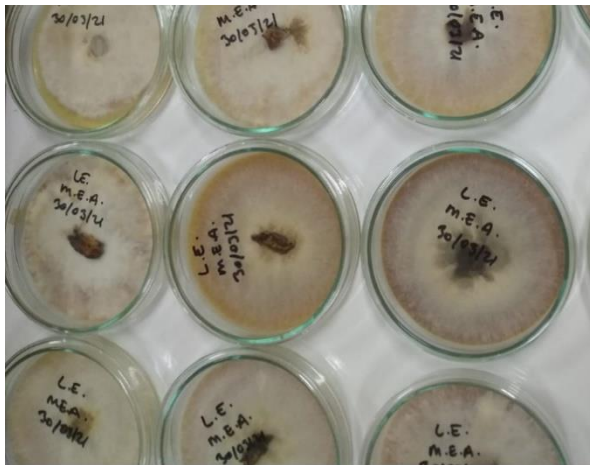
Resim 4.15. *L. edodes* birinci ekim elli sekizinci gün (solda) ve ikinci ekim kırk ikinci gün (sağda) fotoğrafları



Resim 4.16. *L. edodes* birinci ekim yetmiş üçüncü gün (solda) ve ikinci ekim elli yedinci gün (sağda) fotoğrafları



Resim 4.17. *L. edodes* birinci ekim sekseninci gün (solda) ve ikinci ekim altmış dördüncü gün (sağda) fotoğrafları



Resim 4.18. *L. edodes* birinci ekim sekseninci gün (solda) ve ikinci ekim altmış dördüncü gün (sağda) fotoğrafları

4.3.2. Sardırma

Kültür oluşturma sürecinde olduğu gibi sardırma sürecinde de *Pleurotus ostreatus* ile *Lentinula edodes* kültürleriyle yürütülen çalışmalarda gelişimler birbirinden farklı ilerlemiştir. Bu sebeple iki türe ait süreçler aşağıda ayrı ayrı anlatılmaktadır.

Pleurotus ostreatus ile sardırma süreci

Üretim sürecinin sardırma aşamasına geçebilmek için öncelikle substratın hazırlanması gerekmektedir. Bu sebeple hammadde olarak kullanılan buğday samanları yeterli neme sahip olabilmeleri için bir gece boyunca ıslatılmıştır. Nemli kalacak ama su akıtmayacak şekilde süzöldükten sonra saman tartılmış ve pH değerini ayarlamak için üzerine ağırlık olarak %2,5 oranında alçı eklenerek iyice dağılacak şekilde karıştırılmıştır (Resim 4.19).

Daha sonrasında alçı ve saman karışımı, üst kısmında bir miktar boşluk bırakacak şekilde boş cam kavanozlara bastırılarak doldurulmuştur. Toplamda 16 kavanoz bu şekilde doldurulmuş olup ihtiyaç duyulan kavanoz sayısı, yapılacak malzeme testleri için gerekli numunelerin hacimleri hesaplanarak belirlenmiştir.



Resim 4.19. Süzölmüş saman (solda) ve alçı eklenmiş saman (sağda)

Dolum işleminden sonra kavanozların dışı yıkanarak temizlenmiş ve ağızları deliksiz temiz kapaklar ile kapatılmıştır. Sonrasında doldurulmuş tüm kavanozlar sardırma sürecinde kullanılacak delikli ve süngerli kapaklar ile beraber sterilizasyon cihazına alınmış ve 134°C – 20 dk. Katı Isıtma ayarında otoklavlanmıştır. Otoklav bittikten sonra cihazdan

Çıkarılan kavanozlar ve kapaklar soğumaya bırakılmış, yeterli miktarda soğuma sağlandıktan sonra miselyum ekleme işleminin yapılacağı ekim kabini içerisinde UV sterilizasyona konmuştur (Resim 4.20).



Resim 4.20. Otoklava yerleştirilmeleri (solda) ve otoklav sonrası soğumaya alınan samanlar (sağda)

UV sterilizasyon sonrasında daha önceden hazırlanmış *Pleurotus ostreatus* kültürlerinin bulundukları petri kapları da ekim kabinine getirilerek miselyum ekleme aşamasına geçilmiştir. Steril bir şekilde yürütülen bu işlemde, petrilerdeki miselyum küçük kare parçalar halinde kesilip alınarak kavanozlardaki samanın üzerine besi yeri yukarı doğru ve miselyum kısmı samana değecek şekilde, aralıklı ikişer parça olarak yerleştirilmiştir (Resim 4.21).



Resim 4.21. Miselyumun samanın üzerine eklenmesi

Miselyumun eklendiği saman kavanozlarının ağzı delikli ve süngerli kapaklarla sıkıca kapatılarak iklimlendirme kabinine yerleştirilmiş ve böylece miselyumun ilk gelişimini göstereceği sardırma süreci başlamıştır (Resim 4.22).



Resim 4.22. Miselyum eklenmiş ve iklimlendirme kabinine alınmış samanlar

Ortalama 24°C sıcaklık ve yaklaşık %90 nem ortamı sağlayan iklimlendirme kabininde yürütülen sardırma süreci boyunca miselyum gelişimi düzenli olarak takip edilmiştir. Öncelikle üst yüzeyde başlayan gelişim yan yüzeylerden hızlıca alta doğru devam etmiş, iç katmanlardaki gelişim ise daha yavaş seyretmiştir (Resim 4.23).



Resim 4.23. Saman üzerinde *Pleurotus ostreatus* miselyumunun 9. gün (solda), 28. gün (ortada) ve 35. gün (sağda) gelişim fotoğrafları

Pleurotus ostreatus miselyumu, saman üzerinde hızlı ve sağlıklı bir şekilde gelişim göstermiştir. Yaklaşık bir ay süresinde sardırma aşamasını büyük çoğunlukla tamamlayan

miselyum-saman karışımı (Resim 4.24), 39. günde malzeme formunun verileceği kalıplara alınmıştır.



Resim 4.24. *Pleurotus ostreatus* miselyumunun saman üzerinde gelişiminin 39. günü

Lentinula edodes ile Üretim Süreci

Lentinula edodes miselyumu ile üretim süreci de *Pleurotus ostreatus* ile aynı günde ve aynı şekilde yürütölmeye başlanmıştır. Öncelikle substratın hazırlanması ve yeterli neme sahip olması için bir gece boyunca ısıtılmış ve sonrasında nemli kalacak ancak su akıtmayacak şekilde süzölmüştür. Süzölen samanlara ağırlık olarak %2,5 oranında alçı eklenmiş ve iyice dağılmasını sağlayacak şekilde karıştırılmıştır.

Daha sonrasında alçı ve saman karışımı, üst kısmında bir miktar boşluk bırakacak şekilde toplam 16 adet boş cam kavanoza bastırılarak doldurulmuştur. Dolum işleminden sonra kavanozların dışı yıkanarak temizlenmiş, ağızları deliksiz temiz kapaklar ile kapatılmış, sardırma sürecinde kullanılacak delikli ve süngerli kapaklar ile beraber sterilizasyon cihazına alınmış ve 134°C – 20 dk. Katı Isıtma ayarında otoklavlanmıştır. Otoklav bittikten sonra cihazdan çıkarılan kavanozlar ve kapaklar soğumaya bırakılmış, yeterli miktarda soğuma sağlandıktan sonra miselyum ekleme işleminin yapılacağı ekim kabini içerisinde UV sterilizasyona konmuştur.

UV sterilizasyon sonrasında daha önceden hazırlanmış *Lentinula edodes* kültürlerinin bulundukları petri kapları da ekim kabinine getirilerek miselyum ekleme aşamasına geçilmiştir. Steril bir şekilde yürütülen bu işlemde, petrilerdeki miselyum küçük kare parçalar halinde kesilip alınarak kavanozlardaki samanın üzerine besi yeri yukarı doğru ve miselyum kısmı samana değecek şekilde, aralıklı ikişer parça olarak yerleştirilmiştir. Miselyumun eklendiği saman kavanozlarının ağzı delikli ve süngerli kapaklarla sıkıca kapatılarak iklimlendirme kabinine yerleştirilerek sardırma sürecine geçilmiştir (Resim 4.25).



Resim 4.25. *Lentinula edodes* miselyumu eklenmiş ve iklimlendirme kabinine alınmış samanlar

Ortalama 24°C sıcaklık ve yaklaşık %90 nem ortamı sağlayan iklimlendirme kabininde yürütülen sardırma sürecinde miselyum gelişimi düzenli olarak takip edilmiştir. *Pleurotus ostreatus* ile hazırlanan numunelerin aksine, *Lentinula edodes* miselyumu ile hazırlanan numunelerde çok uzun süre hiçbir ilerleme gözlenmemiştir. Bu sebeple bu ilk ekim sürecinin 39. gününde (diğer türe ait numunelerin kalıplara alındığı günde) tüm numuneler dökülerek yeniden ekim yapılmıştır. İkinci kez yapılan bu ekimde ilkinden farklı olarak samanın yanı sıra bu türün üzerinde verimli gelişim gösterdiği meşe talaşı da eklenmiştir.

Substratın hazırlanması için saman ve meşe talaşı ayrı ayrı ıslatılarak nemlendirilmiş, süzölmüştür. Ağırlık olarak 1/1 oranında karıştırılan saman – meşe talaşının üzerine toplam ağırlığın %2'si kadar alçı ilave edilerek iklimlendirme kabinine kadar olan süreç yukarıda anlatıldığı şekliyle tekrarlanmıştır (Resim 4.26).



Resim 4.26. Meşe talaşının süzülmesi (solda) ve kavanozlara saman-talaş karışımının doldurulması (sağda)

İklimlendirme kabinine alınan *Lentinula edodes* eklenmiş saman-talaş karışımlarındaki gelişim düzenli olarak takip edilmiştir. Kimisinde gelişim olmamışken kimisinde *Pleurotus ostreatus* ile hazırlanılanlarınkine kıyasla çok daha yavaş da olsa gelişim olduğu gözlenmiştir.



Resim 4.27. Saman – talaş karışımı üzerinde *L. Edodes* miselyumunun gelişiminin farklı günlerdeki fotoğrafları

Çok yavaş gelişim gösteren bu numuneler (Resim 4.27), daha fazla ilerlemenin olmadığı fark edilmesiyle beraber ikinci ekimin 83. gününde kalıplara aktarılmıştır (Resim 4.28). Kavanozlardan çıkarılıp el ile karıştırıldıktan sonra numuneler dikkatlice kalıplara yerleştirilmiş ve sonrasında yine iklimlendirme kabinine kaldırılmıştır.



Resim 4.28. Numunelerin kalıplara alınması

İklimlendirme kabineine alınan kalıplardaki gelişim düzenli olarak gözlenmeye devam edilmiş, bazılarında bozulma görülmesi üzerine kalıplama sürecinin 6. gününde bozulma olan bu numuneler dökülmüştür. Kalıplama sürecinin 17. gününde ise diğerlerinde de bozulma olduğunun görülmesi üzerine tüm kalıplardaki numuneler dökülmüştür.

Lentinula edodes türü ile ilk kültür oluşturma aşamasından son kalıpların dökülmesi arasında 237 gün geçmiş ve bu zaman zarfındaki tüm süreçlerde ya yavaş ya da olumsuz sonuç vermesi sebebiyle bu tür ile yapılması planlanan çalışmaların daha ileriye götürülmeyerek malzeme çalışması kapsamında değerlendirilmemesine karar verilmiştir.

Pleurotus ostreatus kültürü ile farklı substrat çalışmaları

Lentinula edodes türü ile hem saman üzerinde hem saman – meşe talaşı üzerinde yapılan ekimlerdeki yavaş gelişimin fark edilmesi üzerine aynı dönemlerde farklı substrat türleri üzerinde de miselyum geliştirilmeye çalışılmış ve daha hızlı gelişim gösteriyor olması sebebiyle bu çalışmalarda *Pleurotus ostreatus* miselyumu kullanılmıştır. Bu kapsamda substrat olarak denenecek malzemeler, günlük olarak yoğun organik atık haline gelmesi sebebiyle kahve ve çay olarak seçilmiştir.

Substrat olarak kahve kullanımı

Yaklaşık 3 kg filtre kahve bir gece boyunca suda bekletildikten sonra nemli kalıp su akıtmayacak şekilde süzülerek boş cam kavanozlara doldurulmuştur. Önceki kısımlarda anlatıldığı şekilde sırasıyla temizlenmiş, otoklavlanmış, soğutulmuş, UV sterilizasyon uygulandıktan sonra steril bir şekilde miselyum ekimi yapıldıktan sonra iklimlendirme kabinine alınmıştır. Kahve üzerinde *Pleurotus ostreatus* miselyumunun hızlı gelişim gösterdiği gözlenmesine rağmen tamamında küflenme gerçekleşmiş olması sebebiyle (Resim 4.29) sürecin 12. gününde numunelerin tamamı dökülmüştür.



Resim 4.29. Kahve üzerinde *Pleurotus ostreatus* miselyumu gelişimi ve küf oluşumu

Substrat olarak çay kullanımı

Yaklaşık 3 kg çay bir gece boyunca suda bekletildikten sonra nemli kalıp su akıtmayacak şekilde süzülerek boş cam kavanozlara doldurulmuştur. Önceki kısımlarda anlatıldığı şekilde sırasıyla temizlenmiş, otoklavlanmış, soğutulmuş, UV sterilizasyon uygulandıktan sonra steril bir şekilde miselyum ekimi yapıldıktan sonra iklimlendirme kabinine alınmıştır. Çay üzerinde de *Pleurotus ostreatus* miselyumunun hızlı gelişim gösterdiği gözlenmiş (Resim 4.30), ancak yine gelişim sırasında numunelerin tamamında olmasa da bazılarında bozulma olmuştur. Yalnızca bozulma görülenler 12. günde dökülerek aynı gün çay kullanımı ile ikinci bir ekim yapılarak yenileri eklenmiştir.



Resim 4.30. ay üzerinde üzerinde *Pleurotus ostreatus* miselyumunun farklı günlerdeki gelişim miktarı

ay üzerine yapılan ekimlerin hem ilkinden hem ikincisinden bazı numuneler bozulma sebebiyle dökülmüş olmakla beraber herhangi bir bozulmanın olmadığı numuneler ikinci ekimin 34. gününde kalıba alınmıştır. Ancak bu sefer kalıp içerisinde bozulma olması sebebiyle tüm numuneler kalıplamanın 6. gününde dökülmüştür (Resim 4.31).



Resim 4.31. Kalıplardaki küflenmiş çay-miselyum numuneleri

4.3.3. Kalıplama

Kalıplama süreci için kullanılacak kalıplar, sonrasında yapılacak malzeme testlerinin numune ölçülerine göre hazırlanmış ve tüm kalıplara miselyum gelişiminin sağlanması için delikler açılmıştır. Sardırma sürecinin 39. gününde, kavanozların içinde bulunan miselyum-saman karışımları kavanozlardan çıkarılıp el ile karıştırıldıktan sonra dikkatlice kalıplara yerleştirilmiştir (Resim 4.32). Doldurulan kalıplar, sardırma sürecindekiyle aynı ortam koşullarını sağlayacak şekilde iklimlendirme kabinine kaldırılmıştır ve böylece kalıplama süreci başlamış olmuştur (Resim 4.33).



Resim 4.32. Miselyum-saman karışımlarının kalıplara alınması



Resim 4.33. Kalıplara alınmış miselyum-saman karışımı (solda) ve iklimlendirme kabinine yerleştirilmiş kalıplar (sağda)



Resim 4.34. Kalıp içerisinde 7. gün (solda) ve 11. gün (sağda) gelişim fotoğrafları



Resim 4.35. Kalıp içerisinde yeterli gelişimin sağlandığını 32. gün fotoğrafları

Yaklaşık 24°C sıcaklık ve ortalama %90 nem ortamı sağlayan iklimlendirme kabininde yürütülen kalıplama süreci boyunca da miselyum gelişimi düzenli olarak takip edilmiştir (Resim 4.34). Yaklaşık bir ay süresinde, miselyumun samanları büyük ölçüde bağladığı gözlenmiş ve bu doğrultuda 32. gün itibarıyla (Resim 4.35) ilk fırınlama süreci başlatılmıştır.

4.3.4. Fırınlama

Kalıp içerisindeki gelişimin yeterli seviyeye gelmesiyle kalıplardaki malzemeler, farklı gelişim sürelerinde değerlendirilmek üzere üç farklı grup halinde sırasıyla 32. günde (Resim 4.36), 36. günde (Resim 4.37) ve 40. günde (Resim 4.38) kalıplardan çıkarılarak kurutma fırınlarına alınmıştır.



Resim 4.36. Kurutma fırınına alınan POS1 numuneleri



Resim 4.37. Kurutma fırınına alınan POS2 numuneleri



Resim 4.38. Kurutma fırınına alınan POS3 numuneleri

Gelişimin yeterli seviyeye gelmesinden sonra da hızlı bir şekilde devam etmesi sebebiyle numunelerin meyve vermeden canlılığının sonlandırılabilmesi için grupların fırınlamaya alınması arasındaki süre dörder gün olarak uygulanmıştır.

Saman üzerinde *Pleurotus ostreatus* miselyumunun kullanılmasıyla elde edilen bu numuneler için malzeme grubu ve numune isimlendirmesinde 32. günde fırına alınanlar için “POS1”, 36. günde alınanlar için “POS2” ve 40. günde alınanlar için “POS3” kısaltmaları kullanılmıştır.

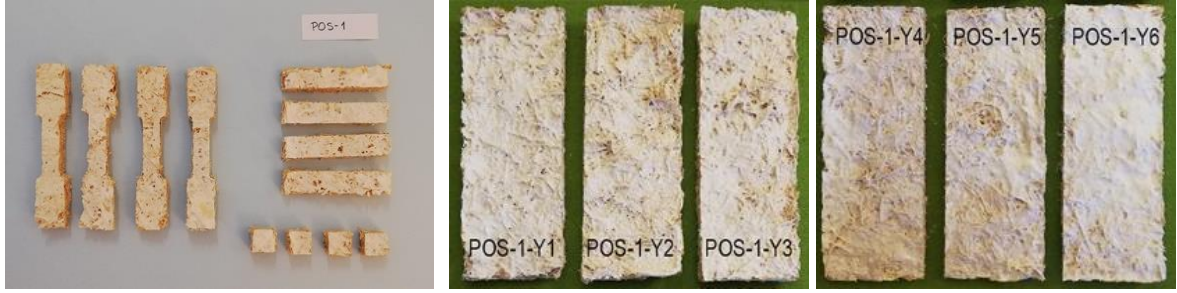
Her POS grubu yaklaşık dört gün boyunca fırında kurutulmuştur. Böylelikle miselyumun geliştirdiği bağ yapısına zarar vermeden canlılığı sonlandırılmıştır. Tüm fırınlama işlemlerinin tamamlanmasıyla beraber tüm parçalar, testler için gerekli numune ebatlarına ve şekillerine göre kesilmiştir.

4.4. Numunelerin Testler için Hazırlanması

Buğday samanı üzerinde *Pleurotus ostreatus* miselyumu ile geliştirilen malzemeler (Resim 4.39), bekleme sürelerine göre gruplara ayrılarak uygulanacak testler için gerekli numune şekillerine göre hazırlanan masterlar yardımıyla kesilerek malzeme testleri için hazırlanmıştır (Resim 4.40-42).



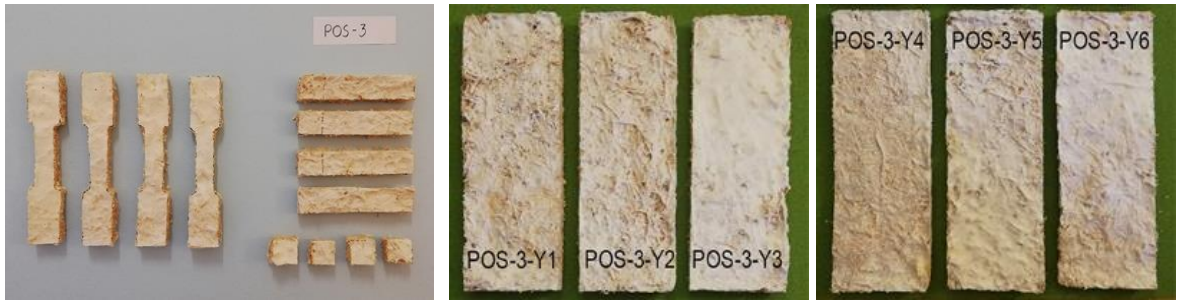
Resim 4.39. Plaka halinde malzemeler



Resim 4.40. POS1 grubu test numuneleri



Resim 4.41. POS2 grubu test numuneleri



Resim 4.42. POS3 grubu test numuneleri

5. BULGULAR

Çalışma kapsamında yürütülen kompozit malzeme geliştirme sürecine ilişkin bulgular ve uygulanan testler sonucunda geliştirilen malzemelerin özelliklerine ilişkin elde edilen bulgular bu bölümde ayrı ayrı verilmiştir.

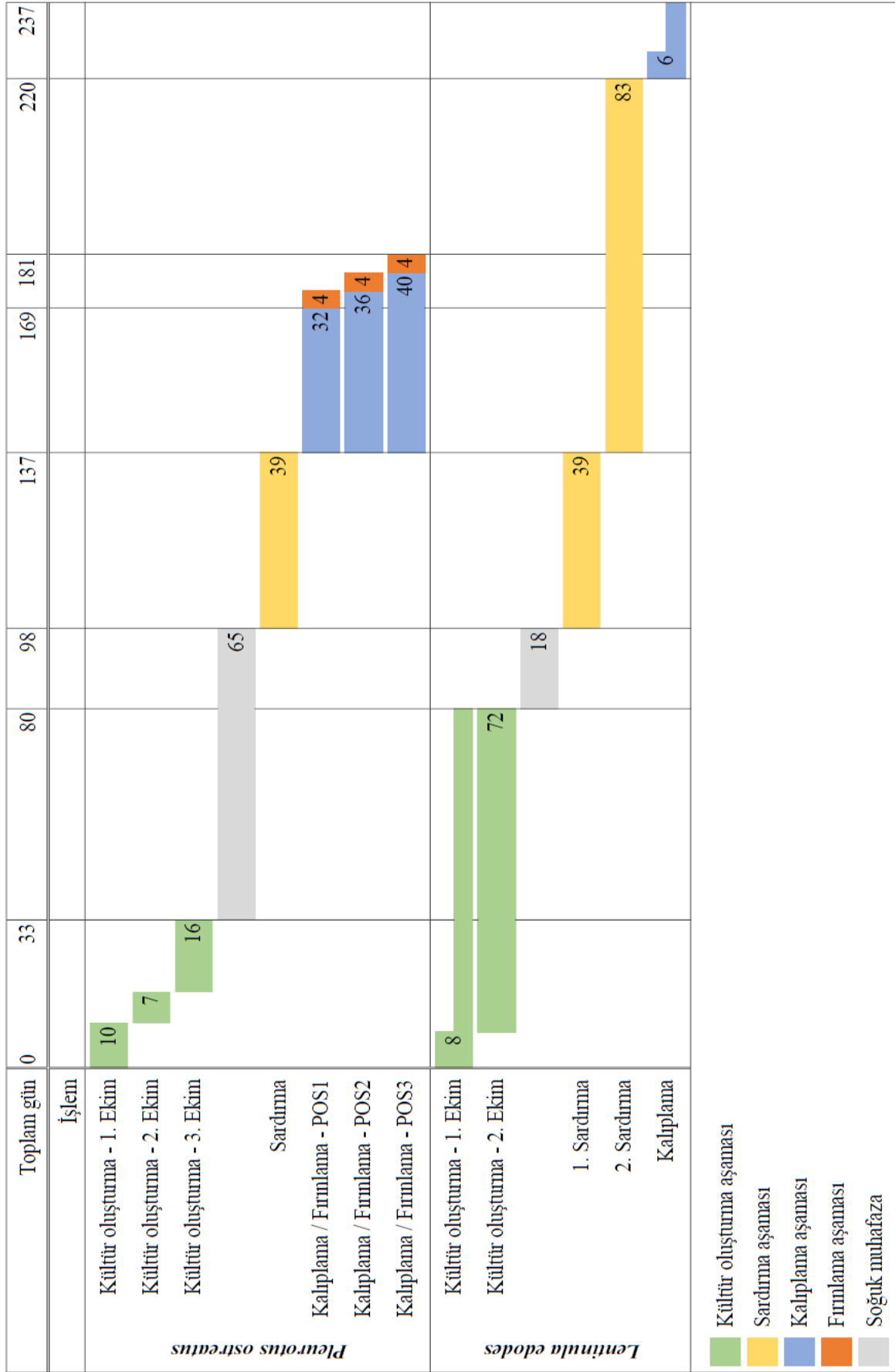
5.1. Miselyum Kompozit Malzeme Gelişimi

Çalışma kapsamında yürütülen miselyum kompozit malzeme geliştirme çalışmasının süreci Şekil 5.1’de tüm aşamalarına ve gerçekleşme sürelerine göre bir arada verilmiştir.

Pleurotus ostreatus mantar türü ile yürütülen çalışmanın kültür oluşturma aşamasında gerçekleştirilen ilk iki ekimin tamamında bozulma olmuş ve kültürler dökülmüş; yapılan üçüncü ekimde ise 16 günde yeterli kültür oluşumu sağlanmış ve bu aşama başlangıcından itibaren 33 gün içerisinde tamamlanmıştır. Bu süre sonunda yeterli gelişim sağlamış olan kültürler, sardırma aşamasına diğer tür ile aynı anda başlanmak üzere soğutucu dolaba kaldırılarak 65 gün süresince burada muhafaza edilmiştir.

Sürecin başından 98 gün sonra *Pleurotus ostreatus* kültürlerinin saman üzerine ekimi yapılarak sardırma aşaması başlatılmış olup 39 gün içerisinde yeterli miselyum gelişimine bağlı olarak bu aşama tamamlanmış ve kalıplama aşamasına geçilmiştir. Kalıplama aşamasında üç farklı kalıpta bekleme süresi uygulanmış olup en kısa süreli grup (POS1) aşamanın 32. gününde fırınlamaya alınmış ve 4 gün fırınlanmış; ikinci grup (POS2) 36. günde ve üçüncü grup (POS3) da 40. günde fırınlamaya alınarak dörder gün boyunca fırınlanmıştır.

Pleurotus ostreatus ile yürütülen bu süreç, diğer tür için beklenen süreyle beraber 181 günde tamamlanmış olup bekleme süresi düşüldüğünde olumsuz sonuç alınan ilk iki kültür ekimi de dahil olmak üzere 116 günde sonuca ulaşabilmiştir.



Şekil 5.1. Malzeme gelişim süreci

Pleurotus ostreatus ile aynı günde ilk kültür oluşturma çalışmasının başlatıldığı *Lentinula edodes* türünde birinci ekimde kısmen bozulma olması sebebiyle 8. günde yalnızca bozulanlar dökülerek kültür oluşturmak için ikinci bir ekim gerçekleştirilmiş ve sonrasında iki ekim de 72 gün daha doku oluşturmaları için beklenmiştir. Gelişimin daha fazla ilerlemediğinin fark edilmesi üzerine kültürler 18 gün soğuk muhafazaya alınmış ve *Pleurotus ostreatus* ile aynı günde saman üzerine ekimi yapılarak sardırma aşaması başlatılmıştır.

Pleurotus ostreatus ile yürütülen sardırma aşamasının tamamlandığı 39. günde, *Lentinula edodes* ile hazırlanan numunelerin tamamında bozulma olması sebebiyle sardırma aşaması yeniden başlatılmıştır. Meşe talaşı eklenmiş saman üzerine ekimi yapılan *Lentinula edodes* grubunun ikinci sardırma aşaması 83. günde sonlandırılarak kalıplama aşamasında geçilmiştir. Kalıplama aşamasının 6. gününde bozulma görülen birkaç numune ile 17. günde ise yine bozulma sebebiyle tüm numuneler dökülmüştür.

Lentinula edodes ile yürütülen çalışmalar toplamda 237 gün sürmüş olup bu süre sonunda malzeme olarak herhangi bir çıktı elde edilememiştir. Sürecin öngörülenden çok daha uzun sürmesi ve aşamaların her birinin yeterli verimde ilerleyememesinin yanı sıra hem miktar hem kalite açısından yeterli kültür bulunmaması sebebiyle de bu türe ait sürecin en baştan tekrar başlatılması yerine çalışma kapsamı dışında tutulmasına karar verilmiştir.

5.2. Miselyum Kompozit Malzeme Özellikleri

Araştırma kapsamında geliştirilen miselyum kompozit malzemelerin mekanik ve fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla malzemelerin yoğunluğu, su alma ve suda kalınlığa şişme oranları incelenmiş; malzemelere çekme, eğme, basma testleri ve tek alev kaynağı testi uygulanmıştır. Çekme, eğme ve basma testleri Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü Mekanik Testler Laboratuvarlarında, Tek alev kaynağı testleri ise Allianz Teknik Deprem & Yangın Test ve Eğitim Merkezinde gerçekleştirilmiştir. Malzeme özelliklerine ilişkin elde edilen veriler bu bölümde verilmektedir.

5.2.1. Malzeme yoğunluğu

Geliştirilen miselyum kompozit malzemenin yoğunluğunun tespit edilebilmesi için her bir POS grubundan farklı numuneler ile ölçüm yapılmıştır. Tüm numuneler fırınlanmış olduğu için tam kuru haldeki ağırlıkları üzerinden yoğunlukları belirlenmiş; ölçümler için 0,01 g hassasiyetli terazi ve 0,1 mm hassasiyetli kumpas kullanılmıştır. POS1 grubu için elde edilen en düşük ve en yüksek yoğunluk değerleri 0,0824 g/cm³ ve 0,0914 g/cm³, POS2 grubu için 0,0774 g/cm³ ve 0,0917 g/cm³, POS3 grubu içinse 0,0767 g/cm³ ve 0,0929 g/cm³ şeklindedir. Bu değerlerden görülmektedir ki değerlendirilen diğer malzeme özelliklerinin aksine, substrat üzerindeki miselyum gelişim süresinin malzeme yoğunluğuna bir etkisi bulunmamaktadır. Çalışma kapsamında geliştirilen miselyum kompozit malzemenin tam kuru haldeki yoğunluğu 0,076 – 0,093 g/cm³ aralığındadır.

Miselyum ile geliştirilen kompozit malzemelerin yoğunlukları genellikle 0,06-0,3 g/cm³ aralığında değişmekle beraber yapısında substrat olarak saman gibi tarımsal yan ürünlerin kullanıldığı kompozitlerin 0,06-0,13 g/cm³ aralığında daha düşük yoğunluğa, talaş gibi ormancılık yan ürünlerinin kullanıldığı kompozitlerin ise 0,09-0,3 g/cm³ aralığında daha yüksek yoğunluğa sahip olduğu görülmüştür (Appels ve diğerleri, 2019; Elsacker ve diğerleri 2019; Jones ve diğerleri, 2020). Jones ve diğerleri (2020) tarafından yapılan kapsamlı bir derleme çalışmasında ise farklı araştırmaların sonuçlarından elde ettikleri verilere göre miselyum kompozit malzemelerinin yoğunluğunun 0,059-0,552 g/cm³ aralığında değiştiği belirtilmiştir. Kutbay ve diğerleri (baskıda) tarafından buğday sapı ve *Pleurotus ostreatus* ile geliştirilen miselyum kompozit malzemenin bu çalışmada buğday samanı ve aynı miselyum türü ile geliştirilen malzemeyle yakın değerde (0,07-0,09 g/cm³) aralığında yoğunluğa sahip olduğu görülmektedir.

5.2.2. Malzemenin su alma ve kalınlığa şişme değerleri

Geliştirilen miselyum kompozit malzemenin su alma değerleri (p) Eşitlik 5.1’de verilen formüle göre hesaplanmış ve elde edilen değerler Çizelge 5.1’de verilmiştir.

$$p (\%) = \left(\frac{M_S - M_K}{M_K} \right) \times 100 \quad (5.1)$$

Su alma değerinin hesaplanması için numunelerin 0,01 g hassasiyetli terazi ile ölçülmüş olan kuru haldeki ağırlıkları (M_K) ve suya daldırma işlemi sonundaki ağırlıkları (M_S) kullanılmıştır. Öncelikle tam kuru haldeki numunelerin ağırlıkları ölçülmüş, sonrasında ise oda sıcaklığında temiz su ile dolu bir kabın içerisine alttan ağırlık desteği ile batırılmıştır. 2 saatlik suya daldırma sonrasında numuneler su içerisinden çıkarılıp suyun fazlası bir bez yardımıyla alınmış ve tekrar ağırlıkları (M_{S2}) ölçülmüştür. Aynı işlem 24 saatlik daldırma sonrasında da (M_{S24}) tekrarlanmıştır.

Çizelge 5.1. Su alma oranları

Malzeme grubu	M_K (g)	M_{S2} (g)	p_2 (%)	M_{S24} (g)	p_{24} (%)
POS1	9,88	64,47	552,5	65,07	558,6
POS2	9,91	72,52	631,7	73,28	639,4
POS3	8,29	62,85	658,1	64,53	678,4

2 saat süreli suya daldırma işleminin sonunda su alma oranları POS1 grubu malzeme için %552,5; POS2 grubu için %631,7 ve POS3 grubu için %658,1 olarak hesaplanmıştır. 24 saat süreli suya daldırma işlemi sonundaki su alma değerleri ise sırayla %558,6; %639,4 ve %678,4 olarak hesaplanmıştır. Buradan görülmektedir ki geliştirilen malzemenin su alma oranı %550 ile %680 arasında bir değerde olup su alma doygunluğuna yaklaşık ilk iki saat içerisinde ulaşmaktadır. Yüksek su alma oranına karşın hiçbir POS grubu malzemede batma olmamış, yüzerlik özellikleri korunmuştur.

Yapılan farklı çalışmalarda (Appels ve diğerleri, 2019; Jones ve diğerleri, 2020) miselyum kompozit malzemelerin su alma oranlarının %40 ile %580 arasında değiştiği gözlenirken bu çalışmalarda da su alma doygunluğuna ilk iki üç saat içerisinde ulaşıldığı belirtilmiştir. Su alma oranları kullanılan miselyum türünden bağımsız olmakla birlikte substratı oluşturan hammaddelerin özelliklerine göre değişkenlik göstermektedir. Ancak miselyumun dış katmanda oluşturduğu yapının ne kadar boşluklu olup olmadığı su alma süresini etkileyebilmektedir. Başka bir ifadeyle, miselyum yüzeylerinin su çekmesi oldukça yavaştır ve böylelikle içyapıyı su almaktan koruyabilmektedir. Ancak yüzeysel bütünlükte herhangi bir açıklık olması durumunda malzeme hızla su çekmektedir.

Malzemenin suda kalınlığa şişme (q) değerlerinin hesaplanması için Eşitlik 5.2'den faydalanılmıştır ve elde edilen değerler Çizelge 5.2'de verilmiştir.

$$q (\%) = \left(\frac{t_s - t_K}{t_K} \right) \times 100 \quad (5.2)$$

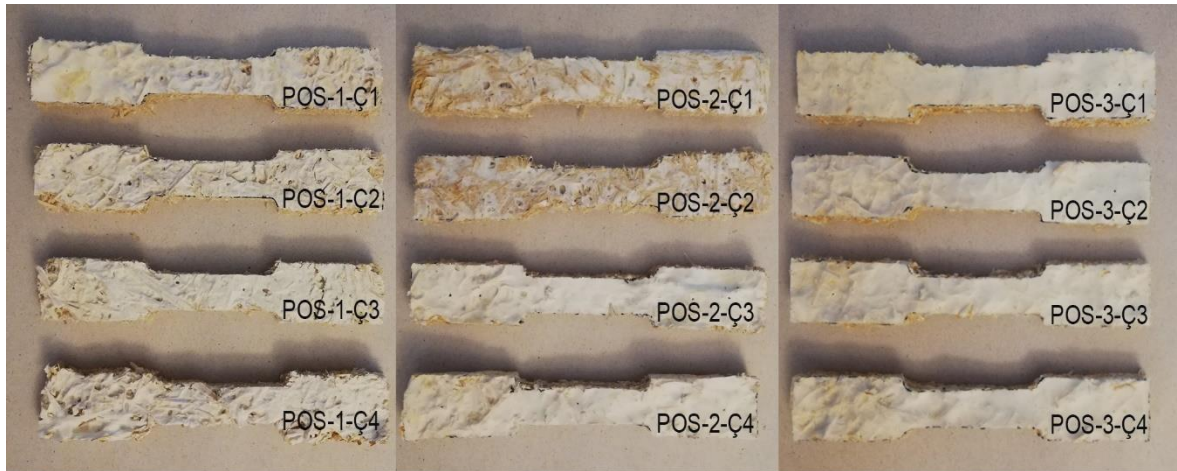
Kalınlıkça şişme oranının belirlenmesi için öncelikle kuru haldeki numunelerin kalınlıkları (t_K) her biri üzerinden işaretlenen dört farklı noktadan ölçülmüş ve sonrasında sırasıyla 2 saatlik ve 24 saatlik suya daldırma işlemine tabi tutulmuştur. Her bir daldırma sonrasında numuneler üzerindeki işaretli noktalardan tekrar kalınlık ölçümü (t_s) yapılmıştır.

Çizelge 5.2. Suda kalınlığa şişme oranları

Malzeme grubu	T_K (mm)	T_{S2} (mm)	q_2 (%)	T_{S24} (mm)	q_{24} (%)
POS1	10,75	11,125	3,48	10,5	-2,32
POS2	9,625	10,375	7,8	9,875	2,5
POS3	10,0	10,25	2,5	9,5	-5

Geliştirilen miselyum kompozit malzemenin suda kalınlığa şişme oranları (Çizelge 5.2) incelendiğinde görülmektedir ki her POS grubu malzeme için 2 saatlik suya daldırma işlemi sonunda kalınlıkta artış gerçekleşmiş ancak 24 saatlik suya daldırma işlemi sonucunda malzeme kalınlığında ya ilk haline göre (POS1 ve POS3) ya da 2 saatlik daldırma işleminden sonraki haline göre (POS2) azalma olmuştur. Çizelgede verilen değerler o POS grubuna ait ortalama değerler olup ölçümler her bir POS grubuna ait numuneler üzerinde işaretlenmiş aynı dörder noktanın ölçülmesi ile yapılmıştır. Aynı POS grubuna ait numune üzerindeki noktalar arasında da kalınlıkça şişme oranları her iki daldırma süresi için de negatif ve pozitif olarak değişkenlik göstermektedir. Numuneler genel olarak incelendiğinde görülmektedir ki 2 saatlik suya daldırma işlemi sonucunda kalınlığa şişme oranlarının pozitif çıkmasını suyun malzeme yapısındaki boşlukları doldurması sağlamakta iken 24 saatlik daldırma işleminin sonunda bu oranlardaki azalmanın sebebi bünyesine su çeken samanların ağırlaşarak boşlukları doldurmasıdır. Buna karşın kalınlıkta artışın olduğu ölçüm noktaları incelendiğinde ise bu noktaların dış yüzeydeki miselyumun katmanının daha yoğun olduğu noktalar olduğu ve suya maruz kaldıkça bu noktalardaki miselyum yapının alt tabakayla arasında boşluk oluşturarak yükseldiği görülmüştür.

5.2.3. Çekme testleri ve test sonuçları



Resim 5.1. Çekme testi numuneleri



Resim 5.2. Çekme testi fotoğrafları

Her bir POS grubu için dörder adet çekme testi uygulanmıştır. Elde edilen test sonuçlarında maksimum çekme gerilmesi en net sonuç alınan değerler Çizelge 5.3'te verilmiştir.

POS1 grubu numunelerde en düşük miselyum miktarına bağlı olarak en düşük dayanımlar elde edilmiştir. Miselyum bu numunede sadece yüzeysel olarak bağ oluşturmuş, derinlere inememiş ve kesit kalınlığında etkisi oldukça az olmuştur.

POS2 grubu numuneler incelendiğinde artan miselyum miktarına bağlı olarak, miselyumun daha derinlere işlediği, buna bağlı olarak da daha fazla bağ oluşturduğu, lif görevi gören samanları daha fazla bir arada tuttuğu ve dayanımının arttığı görülmüştür. En yoğun miktarda miselyum içeren POS3 grubuna ait yapıda ise, miselyum çok daha derinlere işleyerek dayanımı en yükseğe çıkarmıştır.

Çizelge 5.3. Çekme testi sonuçları

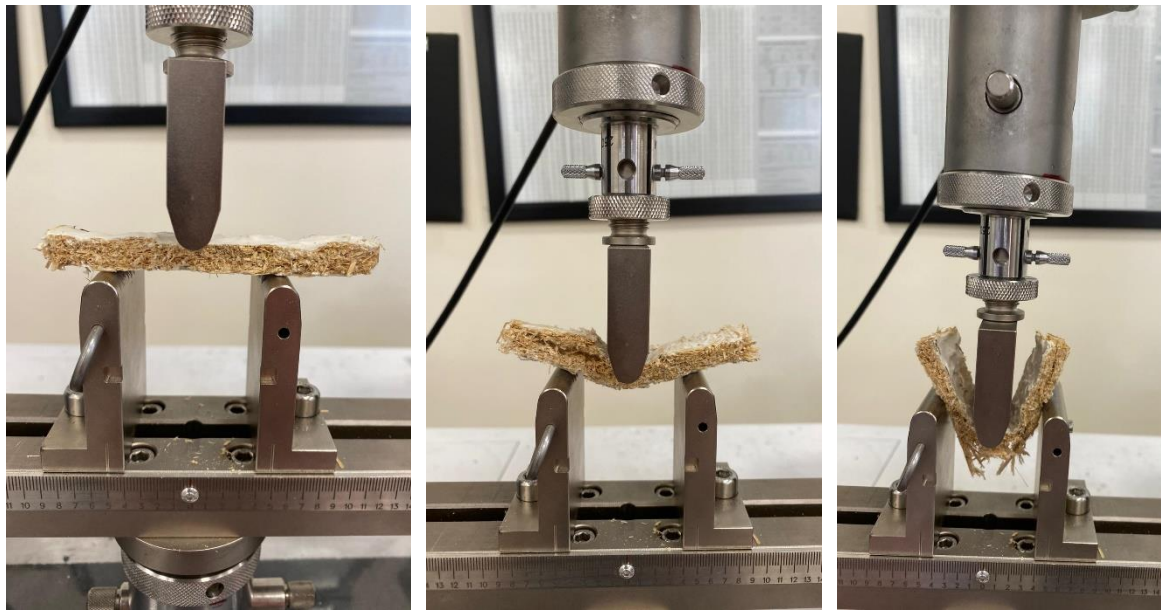
	Maksimum Gerilme Geriliminde Yük (N)	Maksimum Çekme Gerilmesi (MPa)
POS1	0.921	0.00614
POS1	2.106	0.01404
POS1	2.106	0.01404
POS2	3.291	0.02194
POS2	3.686	0.02457
POS2	3.949	0.02633
POS3	3.949	0.02633
POS3	5.002	0.03422
POS3	5.792	0.03861

Numunelere uygulanan test sonuçları bu çizelgede yer alan veriler doğrultusunda genel olarak incelendiğinde malzeme içerisinde bağlayıcı olarak görev yapan miselyum miktarının artmasıyla birlikte maksimum çekme dayanımının arttığı tespit edilmiştir. Maksimum gerilme geriliminde yük değerleri incelendiğinde, en düşük miselyum oranına sahip olan POS1 grubu numunelerde optimal değer 1,71 N, POS2 grubu numunelerde bu değer 3,64 N olduğu ve en yüksek miselyum oranına sahip POS3 grubu numunelerde ise optimal değer 4,91 N'a kadar çıktığı görülmektedir. Numunelerde ana malzeme olan samanlar arasında artan miselyum ile daha fazla bağ kurulduğu, miselyum içerisindeki samanın lif görevi görerek birbirleri ile daha fazla bağ oluşturarak çekme dayanımını arttırdığı tespit edilmiştir.

5.2.4. Eğme testleri ve test sonuçları



Resim 5.3. Eğme testi numuneleri



Resim 5.4. Eğme testi fotoğrafları

Eğme testi için her bir POS grubundan üçer adet numune seçilmiş ve eğme testlerine tabi tutulmuştur. Elde edilen veriler Çizelge 5.4'te verilmiştir. Çizelgede yer alan verilere göre gerilme mukavemetinde eğilme yükü değerleri incelendiğinde, en düşük miselyum oranına sahip olan POS1 grubu numunelerde optimal değer 0,92 N, POS2 grubu numunelerde bu değer 1,45 N olduğu ve en yüksek miselyum oranına sahip POS3 grubu numunelerde ise optimal değer 2,08 N'a kadar çıktığı görülmektedir.

Çizelge 5.4. Eğme testi sonuçları

	Kopmada Gerilme Gerilmesi (Standart) (%)	Gerilme Mukavemetinde Gerilme Gerilmesi (MPa)	Gerilme Mukavemetinde Eğilme Yüğü (N)
POS1	46.113	0.040	0.906
POS1	19.814	0.041	1.009
POS1	29.803	0.033	0.853
POS2	22.940	0.070	1.325
POS2	25.750	0.047	1.466
POS2	37.313	0.045	1.564
POS3	55.929	0.041	1.747
POS3	26.896	0.049	1.849
POS3	51.420	0.062	2.634

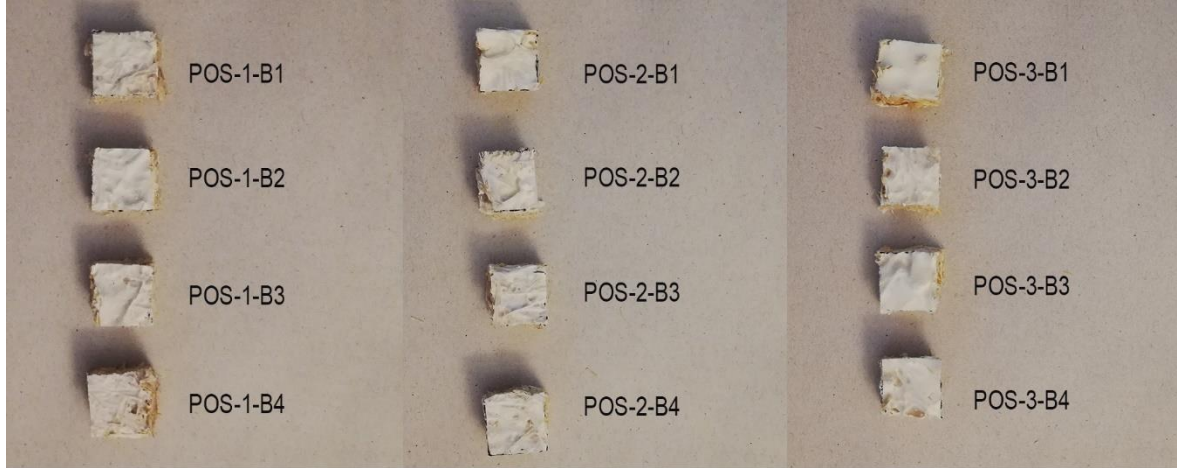
En az miktarda bağlayıcı eleman olan miselyumu içeren POS1 grubuna ait numunelerin test sonuçları incelendiğinde her 3 numunede de en düşük eğme dayanım sonuçlarının elde edildiği görülmektedir. Bağlayıcı malzemenin az olmasına bağlı olarak matris yapıda bağlayıcının çok az olması eğme dayanımını en düşük değerde tutmuştur.

POS2 grubundaki numunelere uygulanan eğme test sonuçları incelendiğinde takviye elamanı olarak kullanılan miselyumun ana malzeme üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Çizelge 5.4'teki değerler incelendiğinde gerilme dayanımında eğilme yüğü değerleri bakımından miselyum miktarının artmasına bağlı olarak eğme yüğü dayanımlarında yaklaşık 1,5 kat artış olduğu görülmektedir. POS3 grubundaki numunelere ait eğme test sonuçları incelendiğinde ise yine artan takviye elamanına bağlı olarak eğme dayanımın POS2 numaralı numunelere göre yaklaşık 1,5 kat; POS1 numaralı numunelere göre ise 2 kat arttığı tespit edilmiştir.

Tüm eğme testler genel olarak değerlendirildiğinde takviye elamanı olarak kullanılan miselyumun oranı arttıkça eğme dayanımlarında artışa sebep olduğu ve bu artışların 1,5 ile 2 kat oranında olduğu tespit edilmiştir. Kullanılan deney numunelerinin kesit oranlarının

düşüklüğü ve buna bağlı olarak da kullanılan miselyum miktarının azlığı dikkate alındığında elde edilen dayanım artışlarının oldukça önemli olduğu söylenebilir.

5.2.5. Basma testleri ve test sonuçları



Resim 5.5. Basma testi numuneleri



Resim 5.6. Basma testi fotoğrafları

Basma testi için her bir POS grubuna ait en az beşer adet numuneye basma testi uygulanmış ve en net sonuç veren üçer adet numunenin sonuçları Çizelge 5.5'te verilmiştir.

Tüm numunelere ait basma testi sonuçları incelendiğinde maksimum basınç gerilimi sonuçları üzerinde takviye elmanı olarak kullanılan miselyumun etkin olarak rol oynadığı ve miselyum miktarının artmasına bağlı olarak da maksimum basma dayanımının arttığı tespit edilmiştir.

Çizelge 5.5. Basma testi sonuçları

	Maksimum Basınç Gerilmesindeki Yük (N)	Maksimum Basınç Gerilimi (MPa)	Maksimum Basınç Gerilimi (%)
POS1	-100.02556	0.40103	67.75652
POS1	-100.00160	0.40093	69.66690
POS1	-100.00400	0.40094	70.30496
POS2	-100.00966	0.40096	74.37456
POS2	-100.05218	0.40113	73.91399
POS2	-100.02370	0.40102	77.08681
POS3	-100.02392	0.40102	81.52820
POS3	-100.00921	0.40096	84.41667
POS3	-100.03896	0.40108	84.71788

En düşük miktarda miselyum ile desteklenen POS1 grubu numunelerde ortalama %69 maksimum basma dayanımı elde edilirken, miselyum oranının bir miktar artırılması ile basma dayanımında da artış tespit edilmiştir. POS2 grubu numunelerde ortalama maksimum basınç gerilimi yaklaşık %75'e çıkmıştır. En fazla miktarda takviye malzemesine sahip olan POS3 grubu numunelerde ise ortalama maksimum basınç gerilimi yaklaşık %83'e ulaşmıştır.

Tüm numunelere ait maksimum basma dayanımları sonuçları incelendiğinde miselyum miktarı arttıkça basma dayanımındaki artış oranın da arttığı tespit edilmiştir. En az miktarda miselyum takviyeli POS1 grubu numunelerden orta miktarda miselyum takviyeli POS2 grubu numunelere geçerken %6 oranında bir artış elde edilirken, POS3 grubu numunelerde ise bu artış %8'e ulaşmıştır.

Matris yapı içerisinde takviye elemanı olarak kullanılan miselyumun malzemelerin mekanik özelliklerinde artışa sebep olduğu tespit edilmiştir. Miselyum miktarındaki artış ile birlikte ana malzeme içerisinde daha fazla alanda yayılarak bağlayıcı görevini üstlenmiş, aynı zamanda yapı içerisinde dayanımı arttırmıştır. Matris yapıdaki samanların birbirleri ile bağ kurmasına, böylelikle lif görevi gören samanların dayanımının artmasına sebep olmaktadır.

5.2.6. Malzemenin makroyapısal değerlendirmesi

POS1 malzeme grubuna ait bir numunenin makroyapı görüntüleri Resim 5.7’de verilmiştir. En az miselyum takviye malzemesi ile üretilmiş POS1 grubu numuneye ait (a) resmi incelendiğinde, beyaz renkli miselyumun yapıda çok az oranda olduğu ve lifler arasında bir bağ oluşturamadığı görülmektedir. (c) resmi incelendiğinde de miselyumun yüzeyde beyaz renkli ince bir tabaka halinde kaldığı görülmektedir.



Resim 5.7. POS1 grubu makroyapı görüntüleri

Resim 5.7’de çekme testi sonrası kopmuş bölgeyi gösteren (b) resmi incelendiğinde; kopma bölgesinde liflerin bir bağlayıcı ile tam olarak bağlanmadığı için talaşların dağılma gösterdiği tespit edilmiştir. Tüm numune incelendiğinde miselyumun ince hat şeklinde dış yüzeyde olduğu, içerilere nüfuz etmediği, buna bağlı olarak ta mekanik testlerde en düşük değerleri verdiği tespit edilmiştir.

POS2 malzeme grubuna ait bir numunenin makroyapı görüntüleri Resim 5.8’de yer almaktadır. Miselyum oranını POS1 grubuna göre daha fazla olan POS2 grubu numunesine ait makroyapı görüntüleri incelendiğinde miselyumun yapıda fazlalaştığı, daha derinlere indiği ve lifler arasında bağlar oluşturduğu görülmektedir. Kopma yüzeyi incelendiğinde artan miselyum miktarına bağlı olarak çok fazla bir dağılma olmadığı görülmektedir.



Resim 5.8. POS2 grubu makroyapı görüntüleri

Resim 5.8’de çekme numunesine ait tüm boy görüntüsü (b) incelendiğinde miselyumun numune içerisinde daha homojen bir dağılım gösterdiği ve lifler arasında bir bağ oluşturduğu görülmektedir.

Artan miselyum miktarının gerek yüzey kaplamada gerekse numunenin tüm kesitinde daha fazla ve homojen olarak dağıldığı, lifler arası bağlar oluşturduğu, böylelikle mekanik özelliklerde de bir artış olduğu tespit edilmiştir.

POS3 malzeme grubuna ait bir numunenin makroyapı görüntüleri Resim 5.9’da verilmiştir. En fazla oranda miselyum takviye elemanına sahip olan POS3 grubu numunelere ait makrayapı görüntüleri incelendiğinde, miselyum oranındaki artışın etkili olduğu ve numunede daha homojen ve fazla miktarda yayılım gösterdiği görülmektedir.



Resim 5.9. POS3 grubu makroyapı görüntüleri

Resim 5.9’da yer alan POS3 grubu kopma bölgesi fotoğrafında (a) ayrılma yüzeyinin daha kısa ve dağınık olduğu, kopma yüzeylerinde daha sünek bir görüntünün olduğu tespit edilmiştir. Kesit görüntüsü (c) ile çekme testi numunesinin tüm görüntüsünde (b) de miselyum artışının net görüldüğü, yapıda etkin ve baskın olarak yer aldığı görülmektedir.

Tüm numunelere ait genel bir değerlendirme yapıldığında; farklı bekleme süreleri neticesinde malzeme içerisinde daha fazla büyüme gösteren miselyumun makroyapı görüntülerinde artış oranının net olarak görüldüğü, kopma görüntülerine de etki ettiği, miselyum arttıkça kopma bölgelerine meydana gelen kırılma, dağılma gibi görüntülerin azaldığı ve daha sünek kopma davranışı sergilediği tespit edilmiştir.

Islam ve diğerleri (2017) tarafından yapılan bir çalışmada Ecovative firması bünyesinde üretilen miselyum bazlı biyokompozitlerin basınç dayanımının kompozitin yoğunluğuna bağlı olarak 0,06 ile 2,00 MPa aralığında değiştiği belirtilmiştir. Yang ve diğerleri (2017) ise bitki kalıntıları üzerinde belirtilmedikleri miselyum türleri ile yürüttükleri çalışmada geliştirdikleri kompozit malzemelerden 0.069 ile 0.400 MPa maksimum basınç dayanımı elde etmiştir. Haneef ve diğerleri (2017) tarafından mantar türüne bağlı olmakla birlikte kültür süresinin artmasının kompozitin mekanik direncini etkilediği gözlemlenmiş olup farklı çalışmalarda miselyum gelişme süresinin artmasının kompozit malzemenin mekanik direncinde %60'a kadar artış sağladığı belirtilmiştir (Yang ve diğerleri, 2017; Teixeira ve diğerleri, 2018).

Attias ve diğerleri (2020) tarafından *Pleurotus ostreatus*, *Volvariella* ve *Polyporus squamosus* miselyumu ile ağaç talaşı ve kenevir lifiyle üretilen miselyum kompozite uygulanan basma testinde malzemenin 0.452MPa dayanım sağladığı görülmektedir. İlgili makalede bu malzemenin tasarım ve mimari için tasarlandığı da göz önüne alındığında tez kapsamında elde edilen basma testinde elde edilen 0.401MPa değerine oldukça yakın olduğu değerlendirilmiştir. Silverman, Cao ve Cobb (2020) tarafından hazırlanan bir çalışmada yer alan verilere göre *P. ostreatus*, *P. citrinopileatus*, *Pleurotus eryngii* ve *G. Lucidum* miselyumu ve *Psyllium* kabuğu, un, tüy ve tekstil talaşı ile elde edilen biyokompozit malzemenin basma testi 0.125-0.340 MPa arasında değerlere dayanabildiği ve elde edilen yapının ayakkabı malzemesi yapımında kullanılabileceği gösterilmiştir. Ayrıca, *Trametes versicolor* miselyumu ve sert ağaç yongaları ve kenevir ile elde edilen yapının basma testi sonuçları incelendiğinde 0.360 ($\pm$ 0.05) MPa - 520 ($\pm$ 0.08) MPa değerler arasında dayanım sağladığı ve inşaat malzemesi olarak kullanılabileceği görülmektedir (Zimele ve diğerleri, 2020). Tez çalışmasında elde edilen basma sonuçları ile literatür sonuçları karşılaştırıldığında elde edilen biyokompozit malzemenin tasarım, mimari, ayakkabı malzemesi, inşaat malzemesi gibi alanlarda kullanılabileceği öngörülmektedir.

Sisti ve diğerkleri (2021) tarafından yürütölen bir çalışmada pamuk ve kenevirden üretilen miselyum kompozitlerinin eğme test sonuçları incelenmiştir. Kullanılan miselyum türünün belirtilmediği bu çalışma kapsamında kenevir lifleri ile gerçekleştirilen biyokompozit malzemenin eğme test sonuçlarında $0.09(\pm 0.01)$ MPa ile $0.19(\pm 0.02)$ MPa arasında dayanım elde edilmiştir. Aynı çalışmada pamuk ile elde edilen miselyum kompozitler için bu test sonuçlarının $0.19 (\pm 0.03)$ MPa ile $0.29 (\pm 0.08)$ MPa arasında olduğu görölmektedir. Bu bağlamda tez kapsamında gerçekleştirilen sonuçlarda elde edilen 0.04-0.07MPa karşılaştırıldığında benzer eğme modöl değerleri elde edilmiştir.

Jones ve diğerkleri (2020) tarafından miselyum kompozit malzemelerin, sentetik köpüklerin ve ağaç ürünlerin malzeme özellikleri üzerine yapılan yirmi dört farklı araştırmadan elde ettikleri veriler, sadeleştirilmiş bir şekilde izelge 5.6’da verilmiştir (PS: polistiren, PU: poliüretan, PF: fenol köpöğü, PW: kontrplak, SW: yumuşak ağşap, HW: sert ağşap; ||: lif yönüne paralel, $\perp$: lif yönüne dik).

Çizelge 5.6’da yer alan veriler doğrultusunda görölmektedir ki miselyum kompozit malzemeler sentetik köpüklerle kıyaslandığında su alma ve üretim süresi bakımından oldukça zayıf kalmakta; çekme, basınç, eğilme dayanımları ve yoğunluk özellikleri bakımından ise rekabet edebilecek düzeye gelmektedir. Üretimde kullanılan hammaddeler, doğaya bırakıldığında göstereceği biyoözünörlölük oranı ve bozunma süresi ile yaşam sonu seçenekleri değerlendirildiğinde ise miselyum kompozitler sentetik köpükler karşısında çevresellik ve sürdürölebilirlik açısından üstönlölük göstermektedir.

Çizelge 5.6. Miselyum kompozitler ile sentetik köpüklerin ve ahşap ürünlerin özellik kıyaslaması (Jones ve diğerleri, 2020: 11)

Malzeme özelliği	Miselyum kompozitler	Sentetik köpükler	Ahşap Ürünler
Yoğunluk (kg/m ³)	59-552	PS: 11-50 PU: 30-100 PF: 35-120	PW: 460-680 SW: 440-600 HW: 850-1030
Çekme dayanımı (MPa)	0,03-0,18	PS: 0,15-0,7 PU: 0,08-103 PF: 0,19-0,46	PW: 10-44 SW: 60-100, ⊥ 3,2-3,9 HW: 132-162, ⊥ 7,1-8,7
Basınç dayanımı (MPa)	0,17-1,1	PS: 0,03-0,69 PU: 0,002-48 PF: 0,2-0,55	PW: 8-25 SW: 35-43, ⊥ 3-9 HW: 68-83, ⊥ 12,7-15,6
Eğilme dayanımı (MPa)	0,05-0,29	PS: 0,07-0,70 PU: 0,21-57 PF: 0,38-0,78	PW: 35-78 SW: 9,9-11,5 HW: 10,3-11,5
Su alma (% ağırlık)	40-580	PS: 0,03-9 PU: 0,01-72 PF: 1-15	PW: 5-49 SW/HW: 5-190
Üretim süresi	Günler/aylar	Dakikalar/günler	Dakikalar/saatler
Hammadde	Atıklar, yan ürünler	PS: stiren PU: izosiyanat, poliol PF: Fenol formaldehit reçine	PW: Ahşap soyma levha, tutkal SW/HW: Ahşap
Biyoçözünürlük	Tüm bileşenler	Hiçbir şey	Ahşap bileşenler
Bozunma süresi	Haftalar/aylar	On yıllar / yüzyıllar	Yıllar / on yıllar
Yaşam sonu	Gübrelendirme	Geri dönüşüm, yakma, gömme, yığma	Geri dönüşüm, yakma, gömme, yığma

5.2.7. Tek alev kaynağı testleri ve test sonuçları

Miselyum bazlı biyokompozitler üzerine yapılan çalışmaları malzeme geliştirme, ürün geliştirme ve uygulama alanı olarak kategorize etmek mümkündür. Malzeme açısından yapılan çalışmalarda farklı miselyum, farklı hammadde, ilave bileşen kullanımı gibi girdi değişimlerinin ve büyüme şartları, üretim sonrası uygulanan işlemler gibi süreçlerdeki değişimlerin nihai malzemedeki etkileri ve bu malzemelerin özellikleri belirlenmeye çalışılmaktadır. Ürün bağlamında yapılan çalışmalar uygulamada çoğunlukla darbe koruyucu ve tek kullanımlık ambalaj ürünleri olarak gerçekleştirilmekte olmakla beraber

seri üretime ya da uzun süreli kullanıma henüz yeterince elverişli olmayan deneyimsel ürünler olarak da karşılık bulmaktadır. Bunların yanı sıra miselyum kompozitlerin akustik yalıtım, ısı yalıtımı sağlamak üzere yapı malzemesi olarak değerlendirilmesi yönünde de çalışmalar yürütülmektedir. Bu doğrultuda, çalışma kapsamında geliştirilen miselyum kompozit malzemenin yapı malzemesi olarak kullanılabilme potansiyelinin değerlendirilebilmesi için temel ısı özelliklerini belirlemek amacıyla yanma deneyleri uygulanmıştır.

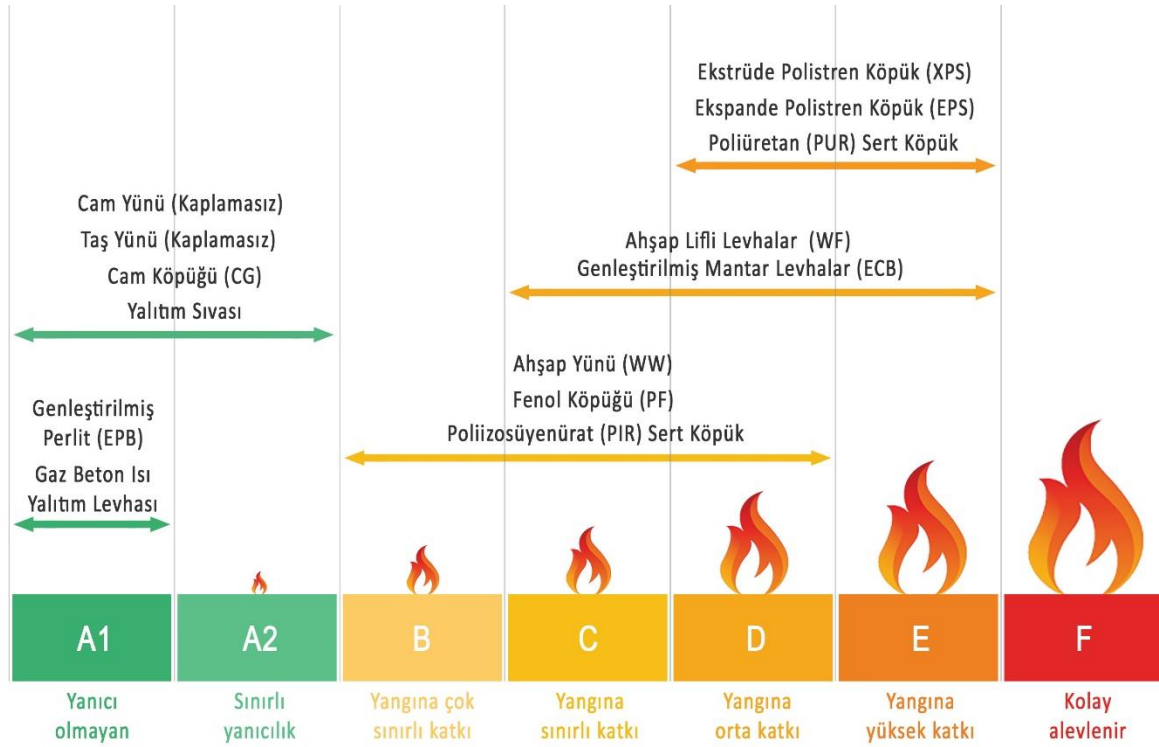
Yapı malzemeleri için yangına tepki standardı olan ve Avrupa ülkelerinde geçerli olan EN 13501-1, ülkemizde de yapı malzemeleri için “Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik” kapsamında kabul edilen yangına tepki sınıflandırması standardıdır (“TS EN 13501-1”, y.y.). Yangına dayanım ve yangına tepki birbirinden farklı kavramlar olup “Yangına dayanım, bir sistemin veya malzemenin yangına direnç gösterme ve idealde iki bağımsız bölüm arasında yangının ve yanma gazlarının geçişini engelleme yeteneklerini belirlemeyi hedefler. Yangına tepki ise bir sistem veya malzemenin, özellikle insan tahliyesinin çok önemli olduğu, yangının ilk çıkış anlarında yangın gelişimine ve yayılmasına katkısını ölçen unsurları içerir.” (“Yangına tepki”, y.y.). Başka bir ifadeyle yangına tepki kavramı, bir yapı malzemesinin yangına karşı dayanımından ya da önleyiciliğinden ziyade katkısıyla ilgilidir.

Çizelge 5.7’de yapı malzemelerinin yangın durumundaki davranışlarına göre TS EN 13501-1 ve DIN 4102 standartlarına göre sınıflandırması yer almaktadır. Verilen sınıflardan yalnızca A1 ve A2 sınıflarında bulunan ürünler yanıcı değildir; B sınıfından F sınıfına doğru gidildikçe yanıcılıkları kademeli olarak artmaktadır (“TS EN 13501-1 Yangına Tepki Yanmazlık Testleri”, y.y.). Sınıfların yanında yer alan ek referans numaralarındaki “s” harfi duman tepkisini (s1: dumanın olmaması ya da çok düşük olması, s3: yoğun duman olması), “d” harfi ise yanan damlaların tanımlanmasını (d0: 60 saniye içinde yanmanın ve damlamanın olmaması) ifade etmek için kullanılmaktadır (“Yangın dayanımı”, y.y.).

Çizelge 5.7. Yangın davranışlarına göre yapı malzemelerinin sınıflandırılması (“Yangın testleri ve sınıflandırma”, y.y.)

Malzemenin yanıcılık özelliği	Duman oluşumu yok	Yama damlaları tanecikleri yok	TS EN 13501-1’e göre yangına tepki sınıfları	DIN 4102’ye göre yangına tepki sınıfları
Hiç yanmaz	✓	✓	A1	A1
Zor yanıcı	✓	✓	A2-s1,d0	A2
Zor Alevlenici	✓	✓	B-s1,d0	B1
			C-s1,d0	
			A2-s2,d0	
			A2-s3,d0	
			B-s2,d0	
			B-s3,d0	
			C-s2,d0	
			C-s3,d0	
	✓	✓	A2-s1,d1	
			A2-s1,d2	
			B-s1,d1	
			B-s1,d2	
			C-s1,d1	
			C-s1,d2	
			A2-s3,d2	
			B-s3,d2	
			C-s3,d2	
Normal Alevlenici		✓	D-s1,d0	B2
			D-s2,d0	
			D-s3,d0	
			E	
			D-s1,d1	
			D-s2,d1	
			D-s3,d1	
			D-s1,d2	
			D-s2,d2	
			D-s3,d2	
			E-d2	
Kolay Alevlenici			F	B3

Şekil 5.2’de ısı yalıtım malzemelerinin hangi yangına tepki sınıfında yer aldıkları ve sınıfların yangına katkı düzeyleri artan doğrultuda gösterilmektedir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2015: 6-9; Knauf Insulation UK & Ireland, 2021).



Şekil 5.2. Sınıfların yangına katkı düzeyleri ve ısı yalıtım malzemelerinin yangına tepki sınıfları

TS EN 13501-1 standardı kapsamında E yangına tepki sınıflarının belirlenmesiyle ilgili deney yöntemi TS EN ISO 11925-2 olup tam adı “Yangına tepki testleri - Doğrudan alev çarpmasına maruz kalan ürünlerin tutuşabilirliği - Bölüm 2: Tek alev kaynağı testi” (Türk Standartları Enstitüsü, 2020) şeklindedir. Yöntem, başka yangına tepki sınıflarının belirlenmesinde de kullanılmaktadır ancak diğer sınıflar için tek başına değil, başka bir deney yöntemi ile beraber değerlendirilmektedir. Bu çalışma kapsamında geliştirilen malzemelere belirtilen deney yöntemi uygulanmış olup çalışma kapsamında kısaca “tek alev kaynağı testi” veya “yanma testi” olarak bahsedilmektedir.

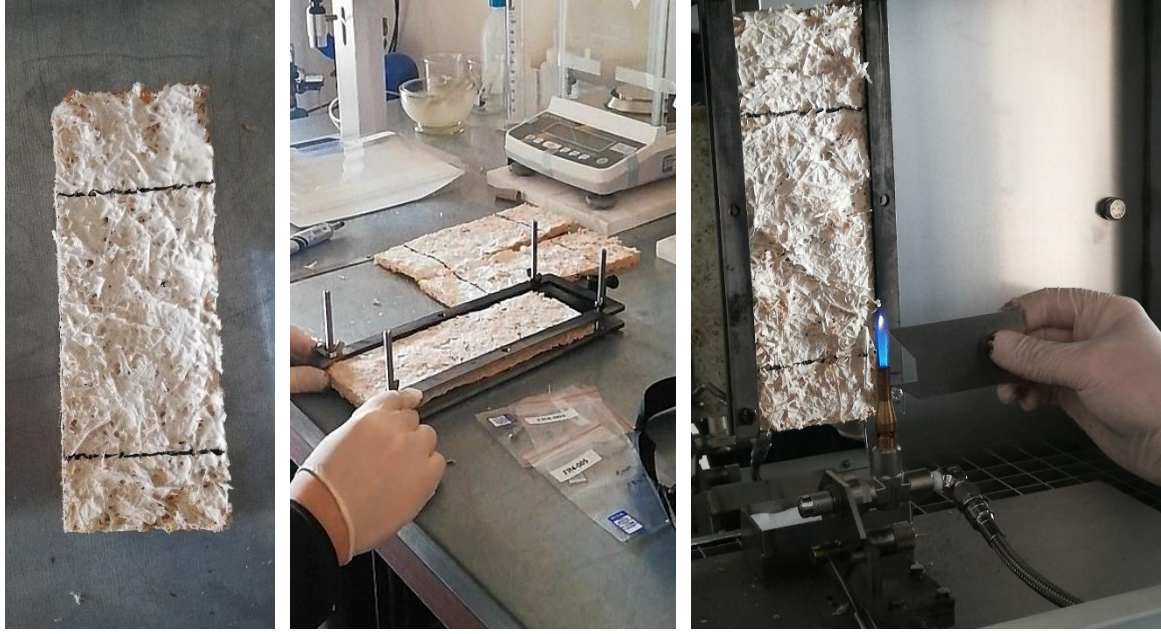
Tek alev kaynağı testlerinde her bir deney için teste tabi tutulacak malzemeden 250 mm uzunluğunda, 90 mm genişliğinde ve 10-60 mm arası kalınlıkta 6 adet numune gerekmektedir. Çalışma kapsamında hazırlanan numuneler Resim 5.10’da verilmiştir. Deney için hazırlanan numuneler sırayla belirlenen süre boyunca doğrudan aleve maruz bırakılarak bu süre içindeki alev boyu ilerlemesinin 150 mm ölçme çizgisine ulaşmış ve numunelerde damlama olup olmadığı, altında konumlandırılan süzgeç kağıdının yanıp yanmadığı konularında raporlandırılır.



Resim 5.10. Yanma testi numuneleri

Test kapsamında öncelikle deney numuneleri, Resim 5.11’de görüldüğü şekilde numunenin en altından 40 mm yukarıda bir çizgiyle ve bu çizgiden 150 mm yukarıda başka bir çizgiyle işaretlenir. Alt hizaya yakın olan 40 mm referans çizgisi alev kaynağının temas edeceği hizayı belirlemekte iken üstteki 150 mm ölçme çizgisi alev yürümesinin standart kapsamındaki sınırını göstermektedir. Deneye tabi tutulacak numune, “U” şeklinde iki paslanmaz çelik parçadan oluşan numune taşıyıcıya düzgün bir şekilde yerleştirilir ve taşıyıcının arka tarafında dört köşeden hareket edemeyecek şekilde kelebek vida ile sabitlenir.

Numune taşıyıcı, test cihazının içine dikey konumda hassas bir şekilde yerleştirildikten sonra cihazın içinde alevin deney başlamadan önce numuneye temas edemeyeceği konumda bulunan bunsen brülörü açılır ve özel bir mastar yardımıyla (Resim 5.11) alev hassas bir şekilde standarda uygun alev boyuna ayarlanır. Alev boyu ayarlandıktan sonra brülör konumu değiştirilmeden 45° açıyla numuneye doğru döndürülür ve test cihazının kapağı kapatılır.



Resim 5.11. Yanma testi numune hazırlık aşamaları

Cihazın ön yüzünde bulunan bir mil ile brülör, ağzı numuneye referans çizgisinden degecek şekilde öne doğru hızla ilerletilir ve alevin numuneye temas ettiği anda kronometre çalıştırılır. Deney numunesi 15 saniye boyunca doğrudan aleve maruz bırakılır, bu sürenin sonunda mil yardımıyla brülör geri çekilerek numune 5 saniye daha gözlemlenir (Resim 5.12).



Resim 5.12. Yanma testi fotoğrafları

Bu deney yönteminde 15 saniye ve 30 saniye olmak üzere iki farklı alev uygulama süresi uygulanabilmektedir. Alev uygulama süresinin 15 saniye seçilmesi durumunda deney

süresi 20 saniye; 30 saniye seçilmesi durumunda ise deney süresi 60 saniye olarak değişmektedir (Efectis, 2020).

Toplam 6 adet numuneye sırayla belirtilen aşamalar doğrultusunda test uygulanır ve numunelerin hiçbirinde 20 saniyelik deney süresi boyunca 150 mm çizgisine alev ilerlemesinin olmaması durumunda malzeme E sınıfına uygun kabul edilir.

Çalışma kapsamında geliştirilen malzemenin tüm POS gruplarından 250 mm uzunluğunda, 90 mm genişliğinde ve 10 mm yüksekliğinde altışar adet numune hazırlanmış ve her bir numuneye tek alev kaynağı testi uygulanmıştır. Çizelge 5.8’de POS1 grubuna, Çizelge 5.9’da POS2 grubuna ve Çizelge 5.10’da POS3 grubuna ait tek alev kaynağı testi sonuçları yer almaktadır.

POS1 malzeme grubundan teste tabi tutulan 6 numunenin tamamında tutuşma gerçekleşmiştir. Numunelerin hiçbirinde deney süresi boyunca alev 150 mm eşiğine ulaşmamıştır. Hiçbir numunede damlama olmamış ve filtre kağıdı tutuşmamıştır (Çizelge 5.8).

Çizelge 5.8. POS1 grubu yanma testi sonuçları

Aleve Maruz Bırakılan Bölge / Alev Uygulama Süresi	Yüzeyden Aleve Maruz Bırakma / Alev Uygulama Süresi: 15 s					
Numune No:	1	2	3	4	5	6
Numunenin tutuşma durumu	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet
Alevin 150 mm eşiğine ulaşma durumu	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır
Alevin 150 mm eşiğine ulaşma süresi	-	-	-	-	-	-
Filtre kağıdı tutuşma durumu	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır

POS2 malzeme grubundan teste tabi tutulan 6 numunenin tamamında tutuşma gerçekleşmiştir. Numunelerin hiçbirinde deney süresi boyunca alev 150 mm eşiğine ulaşmamıştır. Hiçbir numunede damlama olmamış ve filtre kağıdı tutuşmamıştır (Çizelge 5.9).

Çizelge 5.9. POS2 grubu yanma testi sonuçları

Aleve Maruz Bırakılan Bölge / Alev Uygulama Süresi	Yüzeyden Aleve Maruz Bırakma / Alev Uygulama Süresi: 15 s					
Numune No:	1	2	3	4	5	6
Numunenin tutuşma durumu	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet
Alevin 150 mm eşiğine ulaşma durumu	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır
Alevin 150 mm eşiğine ulaşma süresi	-	-	-	-	-	-
Filtre kağıdı tutuşma durumu	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır

POS3 malzeme grubundan teste tabi tutulan 6 numunenin tamamında tutuşma gerçekleşmiştir. Numunelerin hiçbirinde deney süresi boyunca alev 150 mm eşiğine ulaşmamıştır. Hiçbir numunede damlama olmamış ve filtre kağıdı tutuşmamıştır (Çizelge 5.10).

Çizelge 5.10. POS3 grubu yanma testi sonuçları

Aleve Maruz Bırakılan Bölge / Alev Uygulama Süresi	Yüzeyden Aleve Maruz Bırakma / Alev Uygulama Süresi: 15 s					
Numune No:	1	2	3	4	5	6
Numunenin tutuşma durumu	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet
Alevin 150 mm eşiğine ulaşma durumu	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır
Alevin 150 mm eşiğine ulaşma süresi	-	-	-	-	-	-
Filtre kağıdı tutuşma durumu	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır

TS EN ISO 11925-2 deney yöntemi standartları doğrultusunda gerçekleştirilen tek alev kaynağı testlerinin sonuçlarına göre, geliştirilen tüm POS grupları TS EN ISO 13501-1 standartlarına göre E grubu parametrelerini karşılamaktadır. Testin değerlendirmesi kapsamında olan kriterler doğrultusunda malzeme grupları arasında raporlanabilir bir fark tespit edilememekle beraber gözleme dayalı olarak en yoğun miselyum içeren grupta alev yürümesinin daha yavaş ilerlediği söylenebilmektedir. Bu da göstermektedir ki miselyumun yoğunluğu ve kalınlığı arttığında substrata alevin ulaşması geciktirilmekte ve aleve karşı daha uzun süre dayanım sağlanmaktadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın amacı, atık durumuna gelen ürünlerin kendiliğinden ve doğaya zarar vermeden çözünebilmesini sağlamak amacıyla yenilenebilir kaynak ve atıklarının kullanımı ile oluşturulan biyolojik bazlı malzemelerin geliştirilmesi ve geliştirilen bu malzemelerin özelliklerinin belirlenerek potansiyel kullanım alanlarının tanımlanmasıdır. Bu kapsamda kullanılan yenilenebilir hammadde kaynakları; mantarın toprak altında kalan kısımları olan miselyum ve tarımsal ürün kalıntılarının oluşturduğu atıklardır. Araştırma kapsamında hammadde olarak buğday samanı ve bağlayıcı olarak *Pleurotus ostreatus* miselyumunun kullanılmasıyla üç farklı biyokompozit malzeme grubu geliştirilmiştir. Geliştirilen miselyum kompozit malzemelerin mekanik ve fiziksel özellikleri, potansiyel kullanım alanları ve miselyum kompozit malzemeler üzerine yapılacak ileriki çalışmalara yönelik öneriler bu bölümde sırasıyla verilmektedir.

6.1. Miselyum Kompozit Malzemenin Mekanik ve Fiziksel Özellikleri

Çalışma kapsamında *Pleurotus ostreatus* miselyumunun buğday samanı üzerinde geliştirilmesiyle malzeme elde edilmiştir. Malzemenin kendisi kadar üretim sürecinin ve yönteminin de araştırma kapsamında olduğu bu çalışmada farklı miselyum ve substrat türleri de denenmiş olmakla birlikte, bu denemelerden olumlu sonuç alınamamıştır. Kültür oluşturma, sardırma, kalıplama ve fırınlama aşamalarından geçirilerek geliştirilen malzemeler, kalıplama aşamasında farklı gelişim süreleri verilmek suretiyle farklı bağlayıcı yoğunluğu içeren üç grup halinde üretilmiş, malzemelerin mekanik ve fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla farklı testler uygulanmıştır. Bu testler sonucunda elde edilen veriler şu şekildedir:

Geliştirilen malzemenin tam kuru haldeki yoğunluğu bekleme sürelerinden bağımsız olarak 0,076-0,093 g/cm³ aralığındadır.

Uygulanan basma deneyi sonuçlarında en düşük miselyum yoğunluğuna sahip malzeme grubunun gösterdiği basınç dayanımı %69 iken en yüksek miselyum yoğunluğuna sahip grupta bu değer %83'e ulaşmıştır. Çekme deneyi sonuçlarına göre en düşük miselyum yoğunluğuna sahip malzeme grubunun gösterdiği optimal çekme dayanımı 1,71 N olarak

ölçülürken en yüksek miselyum yoğunluğuna sahip grupta bu değer 4,91 N olmuştur. Benzer şekilde eğme deneyi sonuçlarına göre de en düşük eğme dayanımı değeri 0,92 N ile en düşük miselyum yoğunluğuna sahip grupta ölçülmüş olup en yüksek miselyum yoğunluğuna sahip malzeme grubunda ölçülen eğme dayanımı değeri 2,08 N olmuştur. Yapılan bu testler ve malzeme gruplarının makroyapısal incelemesi sonucunda görülmüştür ki malzemenin üretim süresinin miselyumun meyve vermeye başlayacağı noktaya kadar devam ettirilmesi ile miselyumun en yoğun şekilde gelişim göstermesi sağlandığında elde edilen nihai malzemenin mekanik özelliklerinde olumlu farklılıklar olmaktadır.

Geliştirilen miselyum kompozit malzemenin yapı malzemesi olarak kullanımının değerlendirilebilmesi için hazırlanan üç malzeme grubuna tek alev kaynağı testi uygulanmıştır. İlgili standardın belirttiği şekilde yapılan bu testler sonucunda deneye tabi tutulan numunelerin hepsinde tutuşma görülmüş; hiçbirinde alev 150 mm eşik çizgisine ulaşmamış ve filtre kağıdında yanma olmamış, numunelerden kağıda damla düşmemiştir. Ar-Ge niteliğinde gerçekleştirilen bu testlerin sonuçlarında görülmektedir ki teste dahil edilen her üç malzeme grubu da TS EN ISO 13501-1 standartlarına göre E grubu parametrelerini karşılamaktadır. Ekstrüde Polistren Köpük (XPS), Expand Polistren Köpük (EPS) ve Poliüretan Sert Köpük (PUR) malzemelerinin yangına tepki sınıflarının D ve E olması göz önünde bulundurulduğunda, miselyum kompozit malzeme çalışmalarında gerçekleştirilecek her bir ilerleme, belirtilen diğer yapı malzemelerinin yerini almada önemli bir adım olacaktır.

Malzemenin 24 saat suya daldırılması sonucunda su alma oranının kütlece %550 ile %680 arasında değiştiği ve azami doygunluğa yaklaşık ilk iki saat içerisinde ulaştığı görülmüştür. Yüksek su alma oranlarına karşın malzeme batmazlık özelliğini kaybetmemektedir.

Geliştirilen malzemenin suda kalınlığa şişme oranları incelendiğinde, 2 saatlik suya daldırma sonucunda her bir malzeme grubunda pozitif bir değer elde edilmiş olmakla beraber 24 saatlik daldırma işlemi sonrasındaki değerler, zamanla substratın su çekerek ağırlaşması ve yapıdaki boşluklara çökmesi sebebiyle bir önceki ölçüme göre negatif yönde ilerlemiştir.

Malzemenin geliştirilmesi kalıp içerisinde mümkün olmaktadır. Plakalar halinde üretimi yapıldıktan sonra istenilen boyutlarda kesilerek kullanılması mümkün olmakla beraber bu durumda kesim yerleri açık bir şekilde dış yüzey haline gelmekte ve üretim sürecinde miselyumun en yoğun gelişim gösterdiği dış yüzeyler gibi tepki gösterememektedir. Dış yüzeylerde miselyum miktarının yeterince olmaması durumunda malzemenin mekanik özellikleri, tam kapalı haline göre daha düşük seyretmektedir. Bununla beraber miselyumun yüzeyleri tamamen kapatması, hem ısı hem su ile ilişkili faktörlere karşı malzeme bütünlüğü ve direnç sağlamaktadır.

Miselyum ile geliştirilen malzemelerde kullanılan miselyum (mantar türü), kullanılan substrat (saman, pirinç çeltiği, talaş, vb.), üretim koşulları (sıcaklık, nem, ışık; ilave gıda vb.) ve üretim sonrası işlemler (sıcak – soğuk presleme, reçine kaplama vb.) açısından yapılacak her bir değişiklik, elde edilen malzemenin ve özelliklerinin farklı olmasını sağlamaktadır. Bu açıdan yaklaşıldığında, miselyum kompozitler farklı özelliklere sahip geniş bir malzeme çeşitliliği sunmaktadır.

Diğer yandan bu malzemeye ilgili henüz yeni bir alan olması sebebiyle yeterince bilgi birikiminin olmaması, üretim sürecinin pek çok deneme yanılma doğrultusunda ilerlemesi, çalışılan hammaddelerin organik olması sebebiyle bakterilenme gibi dış etkilere çok açık olması, üretim sürecinin doğal bir büyüme süreci olması sebebiyle kontrolün ve süreç planlamasının tam sağlanamaması, üretim sürecinin uzun sürmesi gibi dezavantajları vardır.

6.2. Miselyum Kompozit Malzemelerin Kullanım Alanlarının Değerlendirilmesi

Miselyum kompozitler üzerine yapılan araştırmalar çoğunlukla malzeme özellikleri ve üretim süreçleri yönünde ilerlemekte olup kullanım uygulamaları ambalaj, ses yalıtımı ve ısı yalıtımı ürünleri üzerinde yoğunlaşmaktadır. Farklı tasarımcılar ve mimarlar tarafından lamba, sandalye, vazo, sergi amaçlı yapılar üzerine sınırlı çalışmalar yapılmakla beraber malzemenin yapısal özellikleri göz önünde bulundurulduğunda uzun süreli kullanım ömrü olan ürünler için henüz yeterince geliştirilmediği görülmektedir.

Miselyum bazlı biyokompozitlerin yenilenebilir kaynaklardan oluşma, fosil bazlı kaynak içermeme, üretim sürecinde düşük enerji ve maliyet gerektirme, atık haline dönüştüğünde

doğada tamamen çözünebilme gibi avantajları bulunmaktadır. Malzemenin yapısal özelliklerinin yanı sıra, özellikle yaşam sonu çözümlerinin doğaya gübre olarak katkı sağlamak olması göz önünde bulundurulduğunda mevcut gelişmeler dahilinde miselyum kompozitler için en uygun kullanım alanının kısa kullanım ömrünün yanı sıra tek kullanımdan sonra atık haline dönüşen ambalaj ürünleri olduğunu söylemek mümkündür.

Ambalaj malzemesi olarak kullanımında miselyum kompozit malzeme, bir dış ambalaj içerisinde belirli bir ürüne yönelik olarak veya genel kullanıma uygun olarak koruyucu malzeme olarak kullanılabilir. Genel kullanım amaçlı olarak ele alındığında küçük parçalar veya plakalar halinde üretilen miselyum malzemeler, mevcutta dolgu köpükleri, talaş, sünger parçaları, kırık kağıt gibi malzemelerin yerine ambalaj dolgu malzemesi olarak değerlendirilebilir. Bu amaçla kullanılan malzemelerin doğrudan atık haline gelmesi sebebiyle özellikle köpüklerden ve süngerlerden oluşan dolgu malzemelerinin yerine miselyum kompozit malzeme kullanımının tercih edilmesi çevresel açıdan olumlu katkı sağlayacaktır.

Belirli bir ürüne yönelik olarak tasarlanacak ambalaj ürünlerinde miselyum kompozitler, bir dış ambalajın iç yüzeylerinde plakalar halinde kullanılabileceği gibi, koruyacakları ürünün bütün formuna göre de üretilir. Genel kullanım amaçlı ambalaj dolgu malzemelerindeki gibi bu kapsamdaki ambalajların da doğrudan atık haline gelmesi, miselyum kompozit malzemelere hem maliyet hem çevresellik açısından üstünlük sağlamaktadır. Cam ürünleri, beyaz eşya, elektrikli ev aletleri, televizyon, bilgisayar ve bileşenleri (yazıcı, fare vb.), şarj aleti, cep telefonu, aydınlatma ürünleri, promosyon ürünleri vb. pek çok ürün için o ürüne yönelik koruyucu iç ambalaj malzemesi kullanılmakta; bu ambalaj ürünleri çoğunlukla kağıt ve karton malzemelerden, farklı köpüklerden ve plastiklerden üretilmektedir. Özellikle korunacak ürünün tam formunun sağlanması gereken koruyucu ambalaj ürünlerinde köpük ve plastik malzemelerin kullanılması yerine kalıp içerisinde belirli bir formda üretilen miselyum kompozitlerin kullanımı, bu ürünlerin fosil kaynak kullanımının önüne geçecektir.

Hızlı atık oluşumuna sebep olan bir diğer alan reklamcılık sektörüdür. Miselyum kompozit malzemelerin, üzerine kaplama yöntemlerinin geliştirilmesi ile özellikle fotoblok gibi köpük malzeme ile üretilen ürünlerin yerini alabileceği öngörülmektedir.

Miselyum kompozit malzemeler, mevcutta kullanılan yapı malzemelerine göre daha uzun üretim süresi gerektirmekle beraber, ısı yalıtımı ve yapı malzemesi olarak kullanılma konusunda potansiyele sahiptir. Farklı çalışmalarda farklı miselyum kompozit malzemeler üzerine yapılan çalışmalara benzer şekilde, tez çalışması kapsamında üretilen malzemeler üzerinde gerçekleştirilen yangına tepki sınıflandırması testlerinde de miselyum kompozit malzemenin ekstrüde polistiren köpük, ekspande polistiren köpük ve poliüretan köpük malzemelerle rekabet edebilir düzeye gelmekte olduğu belirlenmiştir.

Üretim endüstrisinde hidrokarbon ve metal içerikli malzemelere olan aşırı bağımlılığı azaltmak adına geliştirilen kompozit malzemelere ilişkin olarak; atık ve endüstriyel yan ürünlerin bolluğu da göz önüne alındığında, düşük karbon ayak izine sahip biyokompozitlerin kullanımı ve önemi gün geçtikçe artmaktadır. Otomotiv endüstrisinde, farklı testlerle belirlenen otomotiv performans kriterlerini karşılayan kompozit malzemelere ihtiyaç duyulmakta; kopma kuvveti, uzama, eğilme, darbe dayanımı, yanıcılık, akustik emilim ve su emme vb. birçok otomotiv standartlarına uygunluk testlerine tabi tutulan biyokompozitler bu sektörde kullanılmaktadır. Günümüzde doğal lif takviyeli biyokompozitler otomotiv sektörlerinde yaygın olarak bulunmakta olup (Bledzki, Jazskiewicz, Murr ve Sperber, 2008; Suddell ve Evans, 2005; Burgueno ve diğerleri, 2004) miselyum biyokompozitler de otomotiv, havacılık, ambalaj, inşaat endüstrileri ve spor aletleri gibi farklı alanlardaki çeşitli uygulamalarda kullanılabilir (Kumar, UI Haq, Raina, Anand, 2019).

Biyokompozit malzemeler ile havacılık sektörüne yönelik yapısal parçaların üretimi ile çalışmalar sürmekte olup (Henschel, 2019), ileride kenaf elyafı gibi malzemeler ve miselyum kullanımı ile de havacılık adına yapısal malzemeler kullanılabileceği öngörülmektedir. Uygun mantar türü seçimi, besleme kontrolü, yetiştirme koşulları ve diğer malzemelerle entegrasyon ile elde edilen biyobazlı kompozit malzemeler, uçak kabininde düşük yoğunluklu yalıtım malzemesi gibi belirli bir uygulamaya göre uyarlanabilir (Travaglini, Parlevliet ve Dharan, 2019). Ek olarak, miselyum malzemelerin poliüretan köpük ve diğer karbon içeren malzemeler gibi güvenli ve ayrıca dairesel bir iyileştirme çözümü sunabileceği ve havacılıkta yapısal olmayan noktalarda da kullanılabileceği değerlendirilmektedir.

6.3. Gelecek Araştırmalara Yönelik Öneriler

Miselyum bazlı kompozitlerin hem çevresel hem ekonomik açıdan potansiyel rekabet gücü, sunduğu farklı malzeme yelpazesi, farklı ülkelerdeki sınırlı sayıdaki ticari girişime karşın ülkemizde henüz sanayide bir karşılığının olmaması gibi hususlar göz önünde bulundurulduğunda, yerel girdilerle çeşitlendirilerek geliştirilen ve değerlendirilen miselyum bazlı malzemelerin ülkemiz ekonomisine ve endüstrisine olumlu katkı sağlayacağı öngörülmektedir. Miselyum kompozit üzerine yapılacak gelecek çalışmalar için öneriler şu şekildedir:

- Değişen hammadde ve miselyum türüne göre malzemenin üretim (gelişme) süresi değişmekte; yani hangi miselyum türünün hangi substrat üzerinde ne kadar sürede ve ne yoğunlukta geliştiği farklılık göstermektedir. Bu sebeple, tek bir hammadde ve miselyum türü belirlemek yerine çalışmanın ilk aşamalarında farklı hammadde ve miselyum türleri ile daha küçük hacimlerde fakat daha çok sayıda numune ile deneme yapılması, çalışmanın devamında hangi türler ile daha verimli ilerleme sağlanacağını belirlenmesinde süre açısından olumlu katkı sağlayacaktır.
- Malzemenin gelişme sürecinde miselyum doğal bir büyüme süreci geçirmekte; başka bir ifadeyle beslenme yapmaktadır. Araştırmada kullanılacak miselyum türünün hangi takviye gıda ile daha yoğun ve hızlı gelişme gösterdiğinin tespiti ve ortama eklenmesi ile hem daha verimli gelişim elde edilmesi hem de sürecin hızlandırılması sağlanabilir.
- Miselyum kompozit üretim sürecinde yapılan her bir değişiklik, nihai malzemede farklılığa sebep olmaktadır. Aynı malzemeyi tekrar elde edebilmek ya da malzemeyi iyileştirebilmek için süreç boyunca yapılan her bir işlemin, ortam şartlarının ve sürelerin düzenli olarak raporlanması önemlidir.
- Üretimin düşük maliyetli olmasının sağlanmasındaki kriterlerden birinin hammadde tedarikinin ve nakliyesinin kolay sağlanması göz önünde bulundurulduğunda, miselyum kompozit malzeme üretimi için kullanılacak substrat türünün çalışmanın yapılacağı bölgede kolay erişilebilir kaynaklardan seçilmesi uygun olacaktır. Bu aynı zamanda, farklı ürünlerin literatüre girmesini sağlayacaktır.
- Malzeme üretiminde kullanılacak hammaddenin parça boyutlarında ve lif dizilimlerinde yapılacak değişiklikler ile malzemelerin mekanik özellikleri geliştirilebilir.

- Miselyum kompozit malzemeler genellikle talaş, çeltik, saman, tohum vb. küçük ve ince parçalı hammaddeler ile geliştirilmektedir. Bu yapıların içerisine o malzemede kullanılan miselyum türünün gelişim gösterebileceği şekilde daha kalın ve uzun organik parçaların eklenmesi ile malzemenin dayanım özelliklerinin artırılması ve yapısal bütünlüğünü daha uzun süre korunması sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- Abhijith, R., Ashok, A. and Rejeesh, C. R. (2018). Sustainable packaging applications from mycelium to substitute polystyrene: a review. *Materials Today: Proceedings*, 5(1), 2139–2145.
- Adamović, M., Grubić, G., Milenković, I., Jovanović, R., Protić, R., Sretenović, L. and Stoićević, L. (1998). The biodegradation of wheat straw by *Pleurotus ostreatus* mushrooms and its use in cattle feeding. *Animal Feed Science and Technology*, 71(3–4), 357–362.
- Andersen, M. S. (2007). An introductory note on the environmental economics of the circular economy. *Sustainability Science*, 2(1), 133–140.
- Appels, F. V. W., Camere, S., Montalti, M., Karana, E., Jansen, K. M. B., Dijksterhuis, J., Krijgsheld, P., and Wösten, H. A. B. (2019). Fabrication factors influencing mechanical, moisture- and water-related properties of mycelium-based composites. *Materials & Design*, 161, 64–71.
- Appels, F. V. W., Dijksterhuis, J., Lukasiewicz, C. E., Jansen, K. M. B., Wösten, H. A. B. and Krijgsheld, P. (2018). Hydrophobin gene deletion and environmental growth conditions impact mechanical properties of mycelium by affecting the density of the material. *Scientific Reports*, 8, 1–7.
- Appels, F. V. W. and Wosten, H. (2021). Mycelium Materials. In Ó. Zaragoza and A. Casadevall (Eds.), *Encyclopedia of Mycology*. Elsevier. pp. 710–718.
- Arifin, Y. H. and Yusuf, Y. (2013). Mycelium fibers as new resource for environmental sustainability. *Procedia Engineering*, 53, 504–508.
- Atak, Ş. ve Fidan, E. T. (2014). Bütüncül ve Önleyici Bir Çevre Yönetimi Yaklaşımı Olarak Temiz Üretim Yaklaşımı ve Türkiye’de Uygulanması. *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar*, 51(596), 59–69.
- Attias, N., Danai, O., Abitbol, T., Tarazi, E., Ezov, N., Pereman, I. and Grobman, Y. J. (2020). Mycelium bio-composites in industrial design and architecture: Comparative review and experimental analysis. *Journal of Cleaner Production*, 246, 119037.
- Attias, N., Danai, O., Ezov, N., Tarazi, E. and Grobman, J. Y. (2017). *Developing novel applications of mycelium based bio-composite materials for design and architecture*. In Proceedings of Building with Biobased Materials: Best practice and Performance Specification. pp. 1–10.
- Azizi, A., Fazaeli, H. and Jelan, Z. A. (1999). *The Effect of Growing Pleurotus Fungi on the Chemical Composition and in Vitro Digestibility of Wheat Straw*. In Proceedings of 99 International Conference on Agricultural Engineering. Beijing, China.

- Bakker, C. A., Wever, R., Teoh, C. and De Clercq, S. (2010). Designing cradle-to-cradle products: a reality check. *International Journal of Sustainable Engineering*, 3(1), 2–8.
- Bayazıt Hayta, A. (2009). Sürdürülebilir tüketim davranışının kazanılmasında tüketici eğitiminin rolü. *Ahi Evran Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 10(3), 143–151.
- Bhat, T., Jones, M., Kandare, E., Yuen, R., C.H. Wang, S. and John, S. (2018). *Biomass and Waste-derived Sustainable Mycelium Composite Construction Materials with Enhanced Fire Safety*. In ECCM18 - 18th European Conference on Composite Materials. Athens, Greece. pp. 1-8.
- Bledzki, A. K., Jaszkievicz, A., Murr, M., Sperber, V. E. and Faruk, O. (2008). Natural fibre in automotive applications. *Bioplastics Magazine*, 3(2), 18-20.
- Block, D. (1999). Executive Order and Proposed Bill Will Boost Biobased Products and Bioenergy. *BioCycle*, 59–62.
- Bovea, M. D., Serrano, J., Bruscas, G. M. and Gallardo, A. (2006). Application of life cycle assessment to improve the environmental performance of a ceramic tile packaging system. *Packaging Technology and Science*, 19(2), 83–95.
- Burgueno, R., Quagliata, M. J., Mohanty, A. K., Mehta, G., Drzal, L. T. and Misra, M. (2004). Load-bearing natural fiber composite cellular beams and panels. *Composites Part A: applied science and manufacturing*, 35(6), 645-656.
- Camere, S. and Karana, E. (2017). *Growing materials for product design*. In Proceedings of Alive. Active. Adaptive International Conference on Experiential Knowledge and Emerging Materials EKSIG2017. Rotterdam, The Netherlands. pp. 101-115.
- Camere, S. and Karana, E. (2018). Fabricating materials from living organisms: An emerging design practice. *Journal of Cleaner Production*. 186, 570-584.
- Chertow, M. R. (2000). Industrial symbiosis: Literature and Taxonomy. *Annual Review of Energy and the Environment*, 25(1), 313–337.
- Cobut, A., Beauregard, R. and Blanchet, P. (2015). Reducing the environmental footprint of interior wood doors in non-residential buildings - Part 2: Ecodesign. *Journal of Cleaner Production*, 109, 247–259.
- Coşkun Kasap, G. ve Peker, D. (2011). Çevreci Bir Yaklaşım: Yeşil Tasarım. *Business and Economics Research Journal*, 2(2), 101–116.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2015). *Isı yalıtım uygulama kılavuzu*. Ankara, 6-9.
- Elsacker, E., Vandelook, S., Brancart, J., Peeters, E. and De Laet, L. (2019). Mechanical, physical and chemical characterisation of mycelium-based composites with different types of lignocellulosic substrates. *PLoS ONE*, 14(7), 1-20.

- Erlhoff, M. and Marshall, T. (Eds.). (2008). *Design Dictionary: Perspectives on Design Terminology*. Birkhauser, 380.
- European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, (2012). *Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe*. Brussel: EU Publications, 1-9.
- European Environment Agency. (2014). *EEA Signals 2014: Well-being and the environment: Building a resource-efficient and circular economy in Europe*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 1-52.
- European Environment Agency. (2017). Circular by design: Products in the circular economy. *EEA Report No 6/2017*. Denmark, 1-54.
- Gaitán-Hernández, R., Esqueda, M., Gutiérrez, A., Sánchez, A., Beltrán-García, M. and Mata, G. (2006). Bioconversion of agrowastes by *Lentinula edodes*: The high potential of viticulture residues. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 71(4), 432–439.
- Geyer, R., Jambeck, J. R. and Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), e1700782.
- Ghisellini, P., Cialani, C. and Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, 11–32.
- Girometta, C., Picco, A. M., Baiguera, R. M., Dondi, D., Babbini, S., Cartabia, M., Pellegrini, M. and Savino, E. (2019). Physico-Mechanical and Thermodynamic Properties of Mycelium-Based Biocomposites: A Review. *Sustainability*, 11(1), 281.
- Glavič, P. and Lukman, R. (2007). Review of sustainability terms and their definitions. *Journal of Cleaner Production*, 15(18), 1875–1885.
- Gülenç, İ. F. (2004). *Sürdürülebilir Üretime Geçişte İşletmelerdeki Değişim Gerekliliği*. Ulusal XXIV. YA/EM Kongresi, s. 15–18.
- Grimm, D. and Wösten, H. A. B. (2018). Mushroom cultivation in the circular economy. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 102(18), 7795–7803.
- Gutberlet, J. (2016). Ways Out of the Waste Dilemma: Transforming Communities in the Global South. C. Mauch (Ed.), *A Future Without Waste? Zero Waste in Theory and Practice* içinde (ss. 55–68). RCC Perspectives: Transformations in Environment and Society.
- Haneef, M., Ceseracciu, L., Canale, C., Bayer, I. S., Heredia-Guerrero, J. J. and Athanassiou, A. (2017). Advanced Materials From Fungal Mycelium: Fabrication and Tuning of Physical Properties. *Scientific Reports*, 7, 1–11.
- Henschel, K. A. (2019). *Biocomposites in Aviation Structures on the Example of Flax and its Hybrids*. Doktora Tezi, Technische Universität München, Münih.

- Holt, G. A., McIntyre, G., Flagg, D., Bayer, E., Wanjura, J. D. and Pelletier, M. G. (2012). Fungal mycelium and cotton plant materials in the manufacture of biodegradable molded packaging material: Evaluation study of select blends of cotton byproducts. *Journal of Biobased Materials and Bioenergy*, 6(4), 431–439.
- Ingrao, C., Bacenetti, J., Bezama, A., Blok, V., Geldermann, J., Goglio, P., Koukios, E. G., Lindner, M., Nemecek, T., Siracusa, V., Zabaniotou, A. and Huisingh, D. (2016). Agricultural and forest biomass for food, materials and energy: bio-economy as the cornerstone to cleaner production and more sustainable consumption patterns for accelerating the transition towards equitable, sustainable, post fossil-carbon societies. *Journal of Cleaner Production*, 117(February), 4–6.
- Iordache, O., Perdum, E., Mitran, E. C., Chivu, A., Dumitrescu, I., Ferdeş, M. and Săndulache, I.-M. (2018). *Novel Myco-Copmposite Material Obtained with Fusarium Oxysporum*. In ICAMS 2018-7th International Conference on Advanced Materials and Systems. pp. 111–116.
- Islam, M. R., Tudryn, G., Bucinell, R., Schadler, L., and Picu, R. C. (2017). Morphology and mechanics of fungal mycelium. *Scientific reports*, 7(13070), 1-12.
- Islam, M. R., Tudryn, G., Bucinell, R., Schadler, L. and Picu, R. C. (2018). Mechanical behavior of mycelium-based particulate composites. *Journal of Materials Science*, 53, 16371–16382.
- Ismail, T. N. H. T., Don, R. A. M., Diman, S. F. and Wijeyesekera, D. C. (2013). Innovative Green Technology and Products Meeting Geo-Environmental Challenges. *Procedia Engineering*, 53, 104–115.
- İnternet: About The Growing Pavilion. (y.y.). Web: <https://thegrowingpavilion.com/about/> 11 Aralık 2021’de alınmıştır.
- İnternet: Ashkin, S. P. (2018). Sustainability: History of the Word & Its Meaning Today. Web: <https://www.randrmagonline.com/articles/88041-sustainability-history-of-the-word-and-its-meaning-today> 12 Nisan 2021’de alınmıştır.
- İnternet: Baylan, O. (2015). Eğme deneyi. Web: <https://www.metaluzmani.com/egme-deneyi/> 18 Kasım 2021’de alınmıştır.
- İnternet: Biofabrik. (y.y.). Web: <https://www.instagram.com/p/CM-0fV-HJtE/> 11 Aralık 2021’de alınmıştır.
- İnternet: Biomateriales - biofabrik. (2021). Web: <https://mushroomsfabrik.com/biomateriales-biofabrik/> 11 Aralık 2021’de alınmıştır.
- İnternet: Boland, S. (2017). Can I carve the mycelium into a shape? Web: <https://grow.bio/blogs/learn/can-i-carve-the-mycelium-material-into-a-shape> 11 Aralık 2021’de alınmıştır.

İnternet: Boyer, M. (2014). Phillip Ross Molds Fast-Growing Fungi Into Mushroom Building Bricks That Are Stronger than Concrete. Web: <https://inhabitat.com/phillip-ross-molds-fast-growing-fungi-into-mushroom-building-bricks-that-are-stronger-than-concrete/> 11 Aralık 2021'de alınmıştır.

İnternet: Break away corner. (y.y.). Web: <https://www.grown.bio/product/break-away-corner/> 10 Aralık 2021'de alınmıştır.

İnternet: Breakaway Rails. (y.y.). Web: <https://www.paradisepackaging.co/store/p/breakaway-corners-nark2> 10 Aralık 2021'de alınmıştır.

İnternet: Centre of Expertise Biobased Economy. (2020). *Biocomposites*. Web: <https://materialdistrict.com/material/biocomposites/> 10 Aralık 2021'de alınmıştır.

İnternet: Chino, M. (2017). 14 spectacular lamps unveiled at the London Design Festival. *Inhabitat*. Web: <https://inhabitat.com/14-spectacular-lamps-unveiled-at-the-london-design-festival/mushroom-mycelium-lamps-by-sebastian-cox-and-ninela-ivanova/> 11 Aralık 2021'de alınmıştır.

İnternet: CR Bench. (y.y.). Web: <https://www.grown.bio/product/cr-bench/> 10 Aralık 2021'de alınmıştır.

İnternet: Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Sıfır Atık ve ve Atık İşleme Dairesi Başkanlığı Sıfır Atık Uygulamaları Şube Müdürlüğü. (2015). Ambalaj Bülteni Ambalaj ve Ambalaj Atıkları İstatistikleri 2012. Ankara. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Web: <https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/editordosya/2012.pdf> 6 Mayıs 2022'de alınmıştır.

İnternet: Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Sıfır Atık ve ve Atık İşleme Dairesi Başkanlığı Sıfır Atık Uygulamaları Şube Müdürlüğü. (2016). Ambalaj Bülteni Ambalaj ve Ambalaj Atıkları İstatistikleri 2013. Ankara. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Web: [https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/editordosya/2013_ambalaj_bulteni\(1\).pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/editordosya/2013_ambalaj_bulteni(1).pdf) 6 Mayıs 2022'de alınmıştır.

İnternet: Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Sıfır Atık ve ve Atık İşleme Dairesi Başkanlığı Sıfır Atık Uygulamaları Şube Müdürlüğü. (2017). Ambalaj Bülteni Ambalaj ve Ambalaj Atıkları İstatistikleri 2014. Ankara. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Web: <https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/editordosya/2014ambalajbultenRev.pdf> 6 Mayıs 2022'de alınmıştır.

İnternet: Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Sıfır Atık ve ve Atık İşleme Dairesi Başkanlığı Sıfır Atık Uygulamaları Şube Müdürlüğü. (2018a). Ambalaj Bülteni Ambalaj ve Ambalaj Atıkları İstatistikleri 2015. Ankara. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Web: <https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/icerikler/2015-ambalaj-bulten--20180301145905.pdf> 6 Mayıs 2022'de alınmıştır.

İnternet: Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Sıfır Atık ve ve Atık İşleme Dairesi Başkanlığı Sıfır Atık Uygulamaları Şube Müdürlüğü. (2018b). Ambalaj Bülteni Ambalaj ve Ambalaj Atıkları İstatistikleri 2016. Ankara. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Web: <https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/icerikler/2016ambalajbulten-20180402162429.pdf> 6 Mayıs 2022’de alınmıştır.

İnternet: Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Sıfır Atık ve ve Atık İşleme Dairesi Başkanlığı Sıfır Atık Uygulamaları Şube Müdürlüğü. (2019). Ambalaj Bülteni Ambalaj ve Ambalaj Atıkları İstatistikleri 2017. Ankara. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Web: <https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/icerikler/2017ambalajbulten-20190301-20190301190947.pdf> 6 Mayıs 2022’de alınmıştır.

İnternet: Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Sıfır Atık ve ve Atık İşleme Dairesi Başkanlığı Sıfır Atık Uygulamaları Şube Müdürlüğü. (2020). Ambalaj Bülteni Ambalaj ve Ambalaj Atıkları İstatistikleri 2018. Ankara. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Web: https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/icerikler/2018ambalajbulten_20200303-20200303123731.pdf 6 Mayıs 2022’de alınmıştır.

İnternet: Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Sıfır Atık ve ve Atık İşleme Dairesi Başkanlığı Sıfır Atık Uygulamaları Şube Müdürlüğü. (2021). Ambalaj Bülteni Ambalaj ve Ambalaj Atıkları İstatistikleri 2019. Ankara. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Web: <https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/icerikler/2019ambalajbulten-20210228125844.pdf> 6 Mayıs 2022’de alınmıştır.

İnternet: Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Sıfır Atık ve ve Atık İşleme Dairesi Başkanlığı Sıfır Atık Uygulamaları Şube Müdürlüğü. (2022). Ambalaj Bülteni Ambalaj ve Ambalaj Atıkları İstatistikleri 2020. Ankara. Web: <https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/icerikler/ambalajbulten-2020-20220226105845.pdf> 6 Mayıs 2022’de alınmıştır.

İnternet: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2019). Sıfır Atık Yönetmeliği Türkiye. Web: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/07/20190712-9.htm> 24 Aralık 2020’de alınmıştır.

İnternet: Drink Can Holder. (y.y.). Web: <https://www.grown.bio/product/drink-can-holder-set-of-4/> 10 Aralık 2021’de alınmıştır.

İnternet: Ecovative. (2017). How it works. Web: <https://www.ecovativedesign.com/how-it-works> 15 Kasım 2017’de alınmıştır.

İnternet: Efectis. (2020). The ignitability test EN ISO 11925-2:2020. Web: https://efectis.com/app/uploads/2022/03/Ignitability_test_11925_2_2020_alg.pdf 28 Nisan 2022’de alınmıştır.

- İnternet: Fehrenbacher, J. (2017). Interview: Architect David Benjamin on Building The World's First Mushroom Tower at PS1. Web: <https://inhabitat.com/interview-architect-david-benjamin-on-building-the-worlds-first-mushroom-tower-at-ps1/> 10 Aralık 2021'de alınmıştır.
- İnternet: Frearson, A. (2014). Tower of "grown" bio-bricks by The Living opens at MoMA PS1. Web: <https://www.dezeen.com/2014/07/01/tower-of-grown-bio-bricks-by-the-living-opens-at-moma-ps1-gallery/> 11 Aralık 2021'de alınmıştır.
- İnternet: General Kinematics. (2014). When Will it Decompose? – *Infographic General Kinematics*. Web: <https://www.generalkinematics.com/blog/when-will-it-decompose-infographic/> 22 Aralık 2020'de alınmıştır.
- İnternet: Grow table lamp. (y.y.). Web: <https://www.grown.bio/product/grow-table-lamp/> 10 Aralık 2021'de alınmıştır.
- İnternet: Günel, Ç. M. (2019). Mantar Miselyumundan Tasarlanan Sürdürülebilir Aydınlatmalar. Web: <https://www.icmimarlikdergisi.com/2019/01/14/mantar-miselyumundan-tasarlanan-surdurulebilir-aydinlatmalar/> 10 Aralık 2021'de alınmıştır.
- İnternet: Knauf Insulation UK & Ireland. (2021). *A beginner's guide to insulation – fire safety*. Web: <https://www.knaufinsulation.co.uk/media/news/a-beginners-guide-to-insulation-fire-safety> 24 Mayıs 2022'de alınmıştır.
- İnternet: Küçük, İ. (2019). *Çekme deneyi*. Web: <https://argevetasarim.com/cekme-deneyi/> 18 Kasım 2021'de alınmıştır.
- İnternet: Magical Mushroom Company. (y.y.). Web: <https://www.magicalmushroom.com/> 11 Aralık 2021'de alınmıştır.
- İnternet: Mantarlar laboratuvara girdiğinde: büyüyen tasarım. (2018). Web: <https://ichi.pro/tr/mantarlar-laboratuvara-girdiginde-buyuyen-tasarim-149722549664424> 12 Ekim 2020'de alınmıştır.
- İnternet: Mason Jar End Caps. (y.y.). Web: <https://www.paradisepackaging.co/store/p/mason-jar-end-caps> 10 Aralık 2021'de alınmıştır.
- İnternet: MaterialDistrict. (2014). Nabasco. Web: <https://materialdistrict.com/material/nabasco/> 7 Temmuz 2021'de alınmıştır.
- İnternet: McQuarrie, L. (2020). Mushroom-Based Skincare Packaging: Compostable Box. Web: <https://www.trendhunter.com/trends/compostable-box> 10 Aralık 2021'de alınmıştır.
- İnternet: Miselyum. (2015). *Microbiology*. Web: <https://www.tipacilar.com/miselyum/> 23 Eylül 2019'da alınmıştır.

İnternet: Mogu acoustics. (y.y.). Web: <https://mogu.bio/acoustic/> 10 Aralık 2021'de alınmıştır.

İnternet: Mok, K. (2018). Mycotecture: Building With Mushrooms? This Inventor Says Yes. Web: <https://www.treehugger.com/mycotecture-mushroom-bricks-philip-ross-4857225> 11 Aralık 2021'de alınmıştır.

İnternet: Mush-Lume Lighting Collection. (y.y.). Web: <https://designawards.core77.com/Furniture-Lighting/30307/Mush-Lume-Lighting-Collection> 10 Aralık 2021'de alınmıştır.

İnternet: MushLume Cup Light Pendant. (y.y.). Web: <https://www.grown.bio/product/pendant-lamp/> 10 Aralık 2021'de alınmıştır.

İnternet: MushLume Hemi Pendant. (y.y.). Web: <https://www.grown.bio/product/mush-lume-hemi-pendant-lamp/> 10 Aralık 2021'de alınmıştır.

İnternet: Mushroom Packaging. (2021). Material Specifications. Web: <https://static1.squarespace.com/static/5c33b1a3c3c16a25b5b770db/t/6197ece6025cf d1cb039fe91/1637346534872/MP-SpecSheet-2021-web.pdf> 11 Aralık 2021'de alınmıştır.

İnternet: Mycelium hemp box. (y.y.). Web: <https://au.lush.com/products/mycelium-hemp-box> 10 Aralık 2021'de alınmıştır.

İnternet: Mycelium Stool. (y.y.). Web: <https://www.gsd.harvard.edu/project/mycelium-stool/> 10 Aralık 2021'de alınmıştır.

İnternet: No Title. (y.y.). Web: <https://www.vogue.co.uk/beauty/gallery/directors-cut-4-march-2020?image=5e5fc5d48cbeaa0008b024c8> 10 Aralık 2021'de alınmıştır.

İnternet: Paradise Packaging. (y.y.). Web: <https://www.paradisepackaging.co/> 10 Aralık 2021'de alınmıştır.

İnternet: Pownall, A. (2019). Pavilion grown from mycelium acts as pop-up performance space at Dutch Design Week. Web: <https://www.dezeen.com/2019/10/29/growing-pavilion-mycelium-dutch-design-week/> 10 Aralık 2021'de alınmıştır.

İnternet: Round Planter. (y.y.). Web: <https://www.paradisepackaging.co/store/p/round-planter> 10 Aralık 2021'de alınmıştır.

İnternet: Single Bottle Wine Shipper. (y.y.). Web: <https://www.paradisepackaging.co/store/p/single-bottle-wine-shipper> 10 Aralık 2021'de alınmıştır.

İnternet: Square planter. (y.y.). Web: <https://www.grown.bio/product/square-planter/> 10 Aralık 2021'de alınmıştır.

İnternet: Stack table. (y.y.). Web: <https://www.grown.bio/product/stack-table/> 10 Aralık 2021'de alınmıştır.

İnternet: Standard Cooler. (y.y.). Web: <https://www.paradisepackaging.co/store/p/cooler-69gxw> 10 Aralık 2021'de alınmıştır.

İnternet: Sustainability at Seedlip: Mycelium Packaging. (y.y.). Web: <https://www.seedlipdrinks.com/en-gb/journal/mycelium-technology/> 10 Aralık 2021'de alınmıştır.

İnternet: Table. (y.y.). Web: <https://www.grown.bio/product/table/> 10 Aralık 2021'de alınmıştır.

İnternet: Tear-A-Terra 16 Cell Seedling Transfer Planter. (y.y.). Web: <https://www.paradisepackaging.co/store/p/square-planter-w26jn> 10 Aralık 2021'de alınmıştır.

İnternet: The Roots of Seedlip. (y.y.). Web: <https://www.seedlipdrinks.com/en-gb/our-story/> 10 Aralık 2021'de alınmıştır.

İnternet: TS EN 13501-1. (y.y.). Web: <https://www.tse.org.tr/IcerikDetay?ID=2761&ParentID=8975> 13 Nisan 2022'de alınmıştır.

İnternet: TS EN 13501-1 Yangına Tepki Yanmazlık Testleri. (y.y.). Web: <https://www.eurolab.com.tr/sektorel-test-ve-analizler/yapi-malzemeleri-testleri/ts-en-13501-1-test-laboratuvari> 13 Nisan 2022'de alınmıştır.

İnternet: Yangın dayanımı. (y.y.). Web: <https://www.temmuzmuhendislik.com/uploads/fire.pdf> 13 Nisan 2022'de alınmıştır.

İnternet: Türk Standartları Enstitüsü. (2020). *Yangına tepki testleri - Doğrudan alev çarpmasına maruz kalan ürünlerin tutuşabilirliği - Bölüm 2: Tek alev kaynağı testi*. (TS EN ISO 11925-2). Web: <https://intweb.tse.org.tr/Standard/Standard/Standard.aspx?081118051115108051104119110104055047105102120088111043113104073084121101110118090097052053113109> 11 Haziran 2022 tarihinde alınmıştır.

İnternet: Yangın testleri ve sınıflandırma. (y.y.). Web: <http://www.marmaraaluminyum.com.tr/urunler/assan/7/Yangin-Testleri-ve-Siniflandirma.pdf> 13 Nisan 2022'de alınmıştır.

İnternet: Yangına tepki. (y.y.). Web: <https://www.tse.org.tr/IcerikDetay?ID=2761&ParentID=8953> 13 Nisan 2022'de alınmıştır.

İnternet: Wine cooler. (y.y.). Web: <https://www.grown.bio/product/wine-cooler/> 10 Aralık 2021'de alınmıştır.

İnternet: Worldenergy. (2014). A Brief History of Sustainability. Web: <https://theworldenergyfoundation.org/a-brief-history-of-sustainability/> 13 Ocak 2021'de alınmıştır.

- Jayal, A. D., Badurdeen, F., Dillon, O. W. and Jawahir, I. S. (2010). Sustainable manufacturing: Modeling and optimization challenges at the product, process and system levels. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 2(3), 144–152.
- Jerusik, R. J. (2010). Fungi and paper manufacture. *Fungal Biology Reviews*, 24(1–2), 68–72.
- Jiang, L., Walczyk, D. and McIntyre, G. (2014). *A New Process for Manufacturing Biocomposite Laminate and Sandwich Parts using Mycelium as a Binder*. In American Society for Composites 29th Technical Conference 16th US-Japan Conference on Composite Materials ASTM-D30 Meeting. La Jolla, CA, pp. 10-11.
- Jiang, L., Walczyk, D., McIntyre, G., Bucinell, R. and Tudryn, G. (2017). Manufacturing of biocomposite sandwich structures using mycelium-bound cores and preforms. *Journal of Manufacturing Processes*, 28, 50–59.
- Jiang, L., Walczyk, D., McIntyre, G. and Chan, W. K. (2016). Cost modeling and optimization of a manufacturing system for mycelium-based biocomposite parts. *Journal of Manufacturing Systems*, 41, 8–20.
- Jiang, L., Walczyk, D., Mooney, L. and Putney, S. (2013). *Manufacturing of mycelium-based biocomposites*. In SAMPE 2013 Proc. pp. 1944–1955.
- Jones, D., Hale, M. and Omed, H. (2006). *Cultivation of Oyster Mushrooms (Pleurotus species) to Improve the in Vitro Dry Matter Digestibility of Wheat Straw for Feeding to Ruminants*. In Proceedings of the British Society of Animal Science. British Society of Animal Science, p. 174.
- Jones, M., Bhat, T., Huynh, T., Kandare, E., Yuen, R., Wang, C. H. and John, S. (2018). Waste-derived low-cost mycelium composite construction materials with improved fire safety. *Fire and Materials*, 42(7), 816–825.
- Jones, M., Bhat, T., Wang, C. H., Moinuddin, K. and John, S. (2017). *Thermal degradation and fire reaction properties of mycelium composites*. In Proceedings of the 21st International Conference on Composite Materials. Xi'an, China. pp. 1-9.
- Jones, M., Mautner, A., Luenco, S., Bismarck, A. and John, S. (2020). Engineered mycelium composite construction materials from fungal biorefineries: A critical review. *Materials and Design*, 187, 108397.
- Joshi, K., Venkatachalam, A. and Jawahir, I. S. (2006). *A new methodology for transforming 3R concept into 6R concept for improved product sustainability*. In IV global conference on sustainable product development and life cycle engineering. pp. 3–6).
- Kakkar, V. and Dhanda, S. (1999). Comparative evaluation of wheat and paddy straws for mushroom production and feeding residual straws to ruminants. *Bioresource Technology*, 66(2), 175–177.

- Kannan, M. B. and Ronan, K. (2017). Conversion of biowastes to biomaterial: An innovative waste management approach. *Waste Management*, 67, 67–72.
- Karalar, R. ve Kiracı, H. (2011). Çevresel Sorunlara Karşı Bir Çözüm Önerisi Olarak Sürdürülebilir Tüketim Düşüncesi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. 30, 63-76.
- Karana, E., Barati, B., Rognoli, V. and Zeeuw van der Laan, A. (2015). Material Driven Design (MDD): A Method to Design for Material Experiences. *International Journal of Design*, 9(2), 35–54.
- Karana, E., Blauwhoff, D., Hultink, E. J. and Camere, S. (2018). When the material grows: A case study on designing (with) mycelium-based materials. *International Journal of Design*, 12(2), 119–136.
- Karana, E. and Van Kesteren, I. (2008). Materials affect: The role of materials in product experience. *Design and Emotion Moves*. 221-245.
- Kaşık, G., Öztürk, C., Doğan, H., Aktaş, S. ve Demirel, G. (2005). *Mikoloji Laboratuvarı*. Konya: Marifet Ofset Matbaa & Kağıtçılık, 1.
- Kavanagh, K. (Ed.). (2014). *Mantarlar: Biyoloji ve Uygulamalar*. (Çev. Ed. D. Ünal Özakça) (2. Basımdan çeviri). Nobel Akademik Yayıncılık. (Eserin orijinali 2011’de yayımlandı), 26-27, 29, 73.
- Koukios, E. G. (2015). Knowledge-Based Greening as a New Bioeconomy Strategy for Development: Agroecological Utopia or Revolution? In M. Monteduro (Ed.), *Law and Agroecology: A Transdisciplinary Dialogue*. pp. 439–494.
- Kumar, R., Ul Haq, M. I., Raina, A., & Anand, A. (2019). Industrial applications of natural fibre-reinforced polymer composites—challenges and opportunities. *International Journal of Sustainable Engineering*, 12(3), 212-220.
- Kurt, Ş. (2008). *Değişik Tarımsal Artıkların Kayın Mantarı (Pleurotus ostreatus, Pleurotus sajor-caju) Yetiştiriciliğinde Kullanım Olanakları*. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Kutbay, N. H., Yavuzcan, H. G. ve Aktaş, S. (Baskıda). Mantarın Bağlayıcı Olarak Kullanıldığı Bir Kompozit Malzemenin Üretilmesi ve Tutuşma Süresi ile Su Alma Özelliklerinin Tespiti. *Journal of Polytechnic*.
- Kutlu Bülbül, H. ve Özdal, B. (2015). Avrupa Birliği Sürecinde Türkiye’de Ambalaj Atıklarının Yönetimi. *Çağdaş Yerel Yönetimler*, 24(3), 73–91.
- Kutlu, H., Özcan, N., Büyükalaca, S., Baykal, L., Görgülü, M. ve Öztürkcan, O. (1996). *Buğday Samanının Yem değerinin Arttırılmasında Biyoteknolojik Yöntemlerin Kullanılma Olanakları*. Hayvancılık’ 96 Ulusal Kongresi. İzmir, Türkiye. s. 834–839.

- Lainez, M., González, J. M., Aguilar, A. and Vela, C. (2018). Spanish strategy on bioeconomy: Towards a knowledge based sustainable innovation. *New Biotechnology*, 40, 87–95.
- Lange, L. (2010). The importance of fungi for a more sustainable future on our planet. *Fungal Biology Reviews*, 24(3–4), 90–92.
- Lokko, M. J., Rowell, M., Dyson, A. and Rempel, A. (2016). *Development of Affordable Building Materials Using Agricultural Waste By-Products and Emerging Pith, Soy and Mycelium Biobinders*. In P. La Roche and M. Schiler (Eds.), 32nd International Conference on Passive and Low Energy Architecture Proceedings. Los Angeles, pp. 881–887.
- Manukovsky, N., Kovalev, V. and Gribovskaya, I. (1999). Utilization of Substrate When Growing Oyster Mushroom *Pleurotus florida* Fovose. *Horticultural Abstracts*, 69(8), 7038.
- Mauch, C. (2016). The Call for Zero Waste. In C. Mauch (Ed.), *A Future Without Waste? Zero Waste in Theory and Practice*. RCC Perspectives: Transformations in Environemt and Society, pp. 5–12.
- McManus, M. C. and Taylor, C. M. (2015). The changing nature of life cycle assessment. *Biomass and Bioenergy*, 82, 13–26.
- Moyson, E. and Verachtert, H. (1991). Growth of higher fungi on wheat straw and their impact on the digestibility of the substrate. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 36(3), 421–424.
- Ness, D. A. and Xing, K. (2017). Toward a Resource-Efficient Built Environment: A Literature Review and Conceptual Model. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 572–592.
- Niero, M., Hauschild, M. Z., Hoffmeyer, S. B. and Olsen, S. I. (2017). Combining Eco-Efficiency and Eco-Effectiveness for Continuous Loop Beverage Packaging Systems: Lessons from the Carlsberg Circular Community. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 742–753.
- Özkan, A., Günkaya, Z., Özdemir, A. ve Banar, M. (2018). Sanayide Temiz Üretim ve Döngüsel Ekonomiye Geçişte Endüstriyel Simbiyoz Yaklaşımı: Bir Değerlendirme. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi B -Teorik Bilimler*, 6(1), 84–97.
- Parisi, S., Rognoli, V. and Ayala Garcia C. (2016). *Designing materials experiences through passing of time – Material driven design method applied to mycelium-based composites*. Proceedings of the 10th International Conference on Design and Emotion. 239-255.
- Pelletier, M. G., Holt, G. A., Wanjura, J. D., Bayer, E. and McIntyre, G. (2013). An evaluation study of mycelium based acoustic absorbers grown on agricultural by-product substrates. *Industrial Crops and Products*, 51, 480–485.

- Pelletier, M. G., Holt, G. A., Wanjura, J. D., Lara, A. J., Tapia-Carillo, A., McIntyre, G. and Bayer, E. (2017). An evaluation study of pressure-compressed acoustic absorbers grown on agricultural by-products. *Industrial Crops and Products*, 95, 342–347.
- Philippoussis, A., Diamantopoulou, P., Zervakis, G. and Ioannidou, S. (2000). *Potential for the cultivation of exotic mushroom species by exploitation of Mediterranean agricultural wastes*. In L. J. L. D. Van Griensven (Ed.), *Science and cultivation of edible fungi*. Proceedings of the 15th International Congress on the Science and Cultivation of Edible Fungi. Maastricht, Netherlands: A.A.Balkema, pp. 523–530.
- Philippoussis, A., Zervakis, G. and Diamantopoulou, P. (2001). Bioconversion of agricultural lignocellulosic wastes through the cultivation of the edible mushrooms *Agrocybe aegerita*, *Volvariella volvacea* and *Pleurotus* spp. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 17(2), 191–200.
- Popp, J., Lakner, Z., Harangi-Rákos, M. and Fári, M. (2014). The effect of bioenergy expansion: Food, energy, and environment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 32, 559–578.
- Richards, D. J., Allenby, B. R. and Frosch, R. A. (1994). The Greening of Industrial Ecosystems: Overview and Perspective. In B. Allenby and D. Richards (Eds.), *The Greening of Industrial Ecosystems*. Washington, DC: National Academy Press, pp. 1–19.
- RSA Action and Research Centre. (2013). Investigating the role of design in the circular economy. *RSA 2013 Report 01*, London, 1-45.
- Sampathrajan, A., Vijayaraghavan, N. . and Swaminathan, K. . (1991). Acoustic aspects of farm residue-based particle boards. *Bioresource Technology*, 35(1), 67–71.
- Saraç, B. ve Alptekin, N. (2017). Türkiye’de İllerin Sürdürülebilir Kalkınma Göstergelerine Göre Değerlendirilmesi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 13(1), 19–49.
- Schiffman, R. (2013). Packing materials grown from mushrooms. *New Scientist*, 218(2921), 29.
- Shah, Z. A., Ashraf, M. and Ishtiaq Ch, M. (2004). Comparative Study on Cultivation and Yield Performance of Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on Different Substrates (Wheat Straw, Leaves, Saw Dust). *Pakistan Journal of Nutrition*, 3(3), 158–160.
- Silverman, J., Cao, H. and Cobb, K. (2020). Development of mushroom mycelium composites for footwear products. *Clothing and Textiles Research Journal*, 38(2), 119-133.
- Singh, A. and Sharma, S. (2002). Composting of a crop residue through treatment with microorganisms and subsequent vermicomposting. *Bioresource Technology*, 85(2), 107–111.

- Singh, M. P. (2000). *Biodegradation of lignocellulosic wastes through cultivation of Pleurotus sajor-caju*. In L. J. L. D. van Griensven (Ed.), *Science and cultivation of edible fungi*. Proceedings of the 15th International Congress on the Science and Cultivation of Edible Fungi. Maastricht, Netherlands: A.A.Balkema, pp. 517–521.
- Sisti, L., Gioia, C., Totaro, G., Verstichel, S., Cartabia, M., Camere, S. and Celli, A. (2021). Valorization of wheat bran agro-industrial byproduct as an upgrading filler for mycelium-based composite materials. *Industrial Crops & Products*, 170, 113742.
- Song, T. (2016). An Impossible Ideal: The Use and Misuse of Zero Waste. In C. Mauch (Ed.), *A Future Without Waste? Zero Waste in Theory and Practice*. RCC Perspectives: Transformations in Environment and Society, pp. 15–26.
- Song, Y., Youn, J. and Gutowski, T. (2009). Life cycle energy analysis of fiber-reinforced composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 40(8), 1257–1265.
- Spindler, E. A. (2013). The History of Sustainability The Origins and Effects of a Popular Concept. In *Sustainability in Tourism*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, pp. 9–31.
- Stahel, W. R. (1994). The Utilization-Focused Service Economy: Resource Efficiency and Product-Life Extension. In B. R. Allenby and D. J. Richards (Eds.), *The Greening of Industrial Ecosystems*. Washington, DC: National Academy Press, pp. 178–190.
- Stamets, P. (2005). *Mycelium running: How mushrooms can help save the world*. New York: Ten Speed Press, 160-161.
- Steenis, N. D., van Herpen, E., van der Lans, I. A., Ligthart, T. N. and van Trijp, H. C. M. (2017). Consumer response to packaging design: The role of packaging materials and graphics in sustainability perceptions and product evaluations. *Journal of Cleaner Production*, 162, 286–298.
- Suddell, B. C. and Evans, W. J. (2005). Natural fiber composites in automotive applications. In *Natural fibers, biopolymers, and biocomposites*. CRC Press, pp. 253–282.
- Teixeira, J. L., Matos, M. P., Nascimento, B. L., Griza, S., Holanda, F. S. R., & Marino, R. H. (2018). Production and mechanical evaluation of biodegradable composites by white rot fungi. *Ciência e Agrotecnologia*, 42(6), 676-684.
- Thompson, R. C., Moore, C. J., vom Saal, F. S. and Swan, S. H. (2009). Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2153–2166.
- Topel Zeren, E., Akşit, A. ve Sergin, E. (2018). Hidrofobinler: Çevre Dostu Kimyasallar ve Tekstilde Uygulamaları. *Tekstil ve Mühendis*, 25(112), 362–369.

- Topoyan, M. (2005). *Yeniden Üretim Sistemleri İçin Sürdürülebilir Ürün Tasarımlarının Oluşturulması*. V. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu, İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, s. 259–264.
- Travaglini, S., Parlevliet, P. P., Dharan, C. K. H. (2019). *Bio-Based Mycelium Materials for Aerospace Applications*. In Proceedings of the American Society for Composites—4th Technical Conference, ASC 2019. Atlanta, GA, USA. 31327.
- Tsang, L. J., Reid, I. D. and Coxworth, E. C. (1987). Delignification of Wheat Straw by *Pleurotus* spp. under Mushroom-Growing Conditions. *Applied and environmental microbiology*, 53(6), 1304–6.
- Vallas, T. and Courard, L. (2017). Using nature in architecture: Building a living house with mycelium and trees. *Frontiers of Architectural Research*, 6(3), 318–328.
- Van Weenen, J. C. (1995). Towards sustainable product development. *Journal of Cleaner Production*, 3(1–2), 95–100.
- Vilaplana, F., Strömberg, E. and Karlsson, S. (2010). Environmental and resource aspects of sustainable biocomposites. *Polymer Degradation and Stability*, 95(11), 2147–2161.
- Wernick, I. K., Herman, R., Govind, S. and Ausubel, J. H. (1996). Materialization and Dematerialization: Measures and Trends. *Daedalus*, 125(3), 171–198.
- Winans, K., Kendall, A. and Deng, H. (2017). The history and current applications of the circular economy concept. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 825–833.
- World Commission on Environment and Development. (1987). *Our Common Future (Brundtland Report)*. Oxford University Press, 16.
- Wyk, H. Van. (2001). Biotechnology and the utilization of biowaste as a resource for bioproduct. *Trends in Biotechnology*, 19(5), 172–177.
- Yang, H. S., Kim, D. J. and Kim, H. J. (2003). Rice straw–wood particle composite for sound absorbing wooden construction materials. *Bioresource Technology*, 86(2), 117–121.
- Yang, Z., Zhang, F., Still, B., White, M., & Amstislavski, P. (2017). Physical and mechanical properties of fungal mycelium-based biofoam. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 29(7), 1–9.
- Yıldırım, Z. ve Akkaya, M. A. (2020). Kütüphaneler ve Sürdürülebilirlik İlişkisi: Genel Bir Değerlendirme. *ÇAKÜ Edebiyat Fakültesi Dergisi*, 8(1), 18–46.
- Zeren, D. ve Nakıboğlu, G. (2009). Sürdürülebilir Ürün Tasarımında Tanım ve Yöntemler. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18(2), 458–480.

- Zervakis, G., Philippoussis, A., Ioannidou, S. and Dlamantopoulou, P. (2001). Mycelium growth kinetics and optimal temperature conditions for the cultivation of edible mushroom species on lignocellulosic substrates. *Folia Microbiologica*, 46(3), 231–234.
- Zhen, F., Yang, R. and Liu, R. (1995). Effects of Different C:N Ratios in Compost on Nutrient Transformation and on Yield and Quality of *Agaricus bisporus*. *Horticultural Abstracts*, 67(6), 5080.
- Ziegler, A. R., Bajwa, S. G., Holt, G. A., McIntyre, G. and Bajwa, D. S. (2016). Evaluation of physico-mechanical properties of mycelium reinforced green biocomposites made from cellulosic fibers. *Applied Engineering in Agriculture*, 32(6), 931–938.
- Zimele, Z., Irbe, I., Grinins, J., Bikovens, O., Verovkins, A. and Bajare, D. (2020). Novel mycelium-based biocomposites (MBB) as building materials. *Journal of Renewable Materials*, 8(9), 1067-1076.

EKLER

EK-1. POS1 tek alev kaynağı testi test raporu

	
ALLIANZ TEKNİK DEPREM & YANGIN TEST VE EĞİTİM MERKEZİ Türk-Alman Üniversitesi, Şahinkaya Cad. No:90, 34820 Beykoz / İSTANBUL Tel: 0216 556 6351 E-posta: allianzteknik@allianz.com.tr Web: www.allianzteknik.com.tr	
TEST RAPORU TEST REPORT	
Müşterinin Adı/Adresi Customer Name/Address	: Gazî Üniversitesi / Etil Mah. Yükseliş Sok. No: 5 06570 Maltepe, Ankara
Teklif Numarası Order No.	: AZTEK-21-014
Numunenin Adı Ve Tanımı Name And Identity Of Test Item	: Miselyum bağlayıcılı saman kompozit
Numunenin Kabul Tarihi The Date Of Receipt Of Test Item	: 04.01.2022
Uygulanan Standart / Metot Applied Standard / Method	: TS EN ISO 11925-2:2020 Yangına tepki testleri - Doğrudan alev çarpmasına maruz kalan ürünlerin tutuşabilirliği - Bölüm 2: Tek alev kaynağı testi
Açıklamalar Remarks	: -
Deneyin Yapıldığı Tarih Date Of Test	: 04.01.2022
Raporun Sayfa Sayısı Number Of Pages Of The Report	: 3 (Üç)
<i>Bu rapor özel deney talebine istinaden düzenlenmiş olup, Standartlara Uygunluk Belgesi niteliğinde değildir. Parthi temsil etmez, ayrıca ilan, reklam ve ihalelerde uygunluk belgesi niteliğinde kullanılmaz.</i> This test report was prepared upon customer's request, can not be used as certificate of conformity to standards, does not represent a batch and can not be used as conformity documents for advertisements and procurements. <i>Bu rapor özel deney talebine istinaden düzenlenmiş olup, Standartlara Uygunluk Belgesi niteliğinde değildir. Parthi temsil etmez, ayrıca ilan, reklam ve ihalelerde uygunluk belgesi niteliğinde kullanılmaz.</i> This test report was prepared upon customer's request, can not be used as certificate of conformity to standards, does not represent a batch and can not be used as conformity documents for advertisements and procurements. <i>Beykoz Gayrimenkul Yatırım İnşaat Turizm Sanayi ve Tic. A.Ş. bundan böyle rapor içeriğinde "Allianz Teknik" olarak anılacaktır.</i> Beykoz Gayrimenkul Yatırım İnşaat Turizm Sanayi ve Tic. A.Ş. hereinafter to be briefly referred to as "Allianz Teknik" in the content of the report. <i>"Allianz Teknik" Allianz SE'nin tescilli bir markasıdır. Bu Rapor Allianz Teknik'in yazılı izni olmadan kopyalanamaz veya çoğaltılamaz. Belirtilen yönde görülen herhangi bir işlem gerekli yasal olmaksızın geçersiz olacaktır. İmzasız ve kaşesiz raporlar geçerlidir. Bu rapor yalnızca rapor içeriğinde belirtilen test numuneleri için geçerlidir.</i> "Allianz Teknik" is a registered trademark of Allianz SE. This Report cannot be copied or reproduced without Allianz Teknik's written permission. Any such purported operation shall be void without such written consent. Reports without signature and stamp are not valid. This report is valid exclusively only for mentioned test samples.	

EK-1. (devam) POS1 tek alev kaynağı testi test raporu


**Allianz Teknik Deprem & Yangın
Test ve Eğitim Merkezi**
FT-AZTEK-21-
014-1

01-22

TEST RAPORU
**TS EN ISO 11925-2 Yangına Tepki Testleri - Doğrudan Alev Çarpmasına Maruz Kalan
Ürünlerin Tutuşabilirliği - Bölüm 2: Tek Alev Kaynağı Testi**

Test Sponsoru (İsim / Adres)	Gazi Üniversitesi / Eti Mah. Yükseliş Sok. No: 5 06570 Maltepe, Ankara
Üretici Firma (İsim / Adres)	Gazi Üniversitesi / Eti Mah. Yükseliş Sok. No: 5 06570 Maltepe, Ankara
Testi Gerçekleştiren Laboratuvar (İsim / Adres)	Allianz Teknik Deprem&Yangın Test ve Eğitim Merkezi / Türk-Alman Üniversitesi, Şahinkaya Cad. No:90, 34820 Beykoz / İSTANBUL

Ürün ve Test Detayları

Ürün Adı (Tip / Kod)	Miselyum bağlayıcı saman kompozit / POS-1
Ürün Bileşimi	Pleurotus ostreatus miselyumu ve buğday samanı
Ürün Özellikleri (Renk / Kalınlık / Yoğunluk)	Renk: beyaz-sarı, Kalınlık: 10mm, Yoğunluk: 0,082 gr/cm ³
Numune Teslim Tarihi	04.01.2022
Şartlandırma Metodu	Şartlandırma yapılmadı.
Test Metodu	TS EN ISO 11925-2:2020
Test Tarihi	04.01.2022

Test Sonuçları ve Ölçülen Değerler

Aleve Maruz Bırakılan Bölge / Alev Uygulama Süresi	Yüzeyden Aleve Maruz Bırakma / Alev Uygulama Süresi: 15 s					
Numune No:	1	2	3	4	5	6
Numunenin Tutuşma Durumu	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet
Alevin 150 mm Eşliğine Ulaşma Durumu	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır
Alevin 150 mm Eşliğine Ulaşma Süresi	-	-	-	-	-	-
Filtre Kağıdı Tutuşma Durumu	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır

Değerlendirme: Arge testi niteliğinde gerçekleştirilen çalışmalarda test numuneleri şartlandırma periyoduna tabi tutulmadan teste alınmıştır. Test sonuç verileri TS EN 13501-1 standardı kapsamında "E" sınıfı parametrelerini karşılamaktadır. Testler sırasında ürün yüzeyinden damlama gerçekleşmemiştir. İlgili ürünün gerçek yangına tepki sınıflandırmasının yapılabilmesi için akredite test koşullarına göre test edilmesi gerekmektedir.

"Allianz Teknik" Allianz SE'nin tescilli bir markasıdır. Bu Rapor Allianz Teknik'in yazılı izni olmadan kopyalanamaz veya çoğaltılamaz. Belirtilen yönde görünen herhangi bir işlem gerekli yazılı izin olmaksızın geçersiz olacaktır. İmzasız ve kağıtsız raporlar geçersizdir. Bu rapor yalnızca rapor içerisinde belirtilen test numuneleri için geçerlidir.

"Allianz Teknik" is a registered trademark of Allianz SE. This Report cannot be copied or reproduced without Allianz Teknik's written permission. Any such purported operation shall be void without such written consent. Reports without signature and stamp are not valid. This report is valid exclusively only for mentioned test samples.

EK-1. (devam) POS1 tek alev kaynağı testi test raporu


**Allianz Teknik Deprem & Yangın
Test ve Eğitim Merkezi**

 FT-AZTEK-21-
014-1

01-22

Açıklamalar:

Bu deney sonucu, deneyin uygulandığı özel şartlar altında bir mamulün deney numunesinin davranışıyla ilgilidir; gerçek kullanım şartlarındaki bir mamulün potansiyel yangın tehlikesinin değerlendirilmesi için yegâne bir kriter değildir.

Rapor, test laboratuvarının yazılı onayı olmaksızın bölümler halinde kopyalanamaz yalnızca bütün olarak kopyalanabilir.

Marka, tip ve ürün özellikleri müşteri beyanına göre bu rapor içerisinde belirtilmiştir. Bu bilgilerin doğruluğu ile ilgili sorumluluklar müşteriye aittir. Numuneler müşterinin teslim ettiği şekliyle (laboratuvarın numune almadığı durumda) deneye tabi tutulmuştur.

"Allianz Teknik" Allianz SE'nin tescilli bir markasıdır. Bu Rapor Allianz Teknik'in yazılı izni olmadan kopyalanamaz veya çoğaltılamaz. Belirtilen yönde görünen herhangi bir işlem gerekli yazılı izin olmaksızın geçersiz olacaktır. İmzasız ve kaşesiz raporlar geçersizdir. Bu rapor yalnızca rapor içeriğinde belirtilen test numuneleri için geçerlidir.

"Allianz Teknik" is a registered trademark of Allianz SE. This Report cannot be copied or reproduced without Allianz Teknik's written permission. Any such purported operation shall be void without such written consent. Reports without signature and stamp are not valid. This report is valid exclusively only for mentioned test samples.

FR1107/Rev.01/22.12.2020

3 / 3

EK-2. POS2 tek alev kaynağı testi test raporu

	
ALLIANZ TEKNİK DEPREM & YANGIN TEST VE EĞİTİM MERKEZİ Türk-Alman Üniversitesi, Şahinkaya Cad. No:90, 34820 Beykoz / İSTANBUL Tel: 0216 536 6351 E-posta: allianzteknik@allianz.com.tr Web: www.allianzteknik.com.tr	
TEST RAPORU TEST REPORT	
Müşterinin Adı/Adresi Customer Name/Address	: Gazi Üniversitesi / Etil Mah. Yökseliş Sok. No: 5 06570 Maltepe, Ankara
Teklif Numarası Order No.	: AZTEK-21-014
Numunenin Adı Ve Tanımı Name And Identity Of Test Item	: Miselyum bağlayıcısı saman kompozit
Numunenin Kabul Tarihi The Date Of Receipt Of Test Item	: 04.01.2022
Uygulanan Standart / Metot Applied Standard / Method	: TS EN ISO 11925-2:2020 Yangına tepki testleri - Doğrudan alev çarpmasına maruz kalan ürünlerin tutuşabilirliği - Bölüm 2: Tek alev kaynağı testi
Açıklamalar Remarks	: -
Deneyin Yapıldığı Tarih Date Of Test	: 04.01.2022
Raporun Sayfa Sayısı Number Of Pages Of The Report	: 3 (Üç)
<i>Bu rapor özel deney talebine istinaden düzenlenmiş olup, Standartlara Uygunluk Belgesi niteliğinde değildir. Parthyl temsil etmez, ayrıca ilan, reklam ve ihalelerde uygunluk belgesi niteliğinde kullanılmaz.</i> This test report was prepared upon customer's request, can not be used as certificate of conformity to standards, does not represent a batch and can not be used as conformity documents for advertisements and procurements. <i>Bu rapor özel deney talebine istinaden düzenlenmiş olup, Standartlara Uygunluk Belgesi niteliğinde değildir. Parthyl temsil etmez, ayrıca ilan, reklam ve ihalelerde uygunluk belgesi niteliğinde kullanılmaz.</i> This test report was prepared upon customer's request, can not be used as certificate of conformity to standards, does not represent a batch and can not be used as conformity documents for advertisements and procurements. <i>Beykoz Gayrimenkul Yatırım İnşaat Turizm Sanayi ve Tic. A.Ş. bundan böyle rapor içeriğinde "Allianz Teknik" olarak anılacaktır.</i> Beykoz Gayrimenkul Yatırım İnşaat Turizm Sanayi ve Tic. A.Ş. hereinafter to be briefly referred to as "Allianz Teknik" in the content of the report. <i>"Allianz Teknik" Allianz SE'nin tescilli bir markasıdır. Bu Rapor Allianz Teknik'in yazılı izni olmadan kopyalanamaz veya çoğaltılamaz. Belirtilen yönde görülen herhangi bir işlem gerekli yazılı izin alınmaksızın geçersiz olacaktır. İmzasız ve kaşesiz raporlar geçersizdir. Bu rapor yalnızca rapor içeriğinde belirtilen test numuneleri için geçerlidir.</i> "Allianz Teknik" is a registered trademark of Allianz SE. This Report cannot be copied or reproduced without Allianz Teknik's written permission. Any such purported operation shall be void without such written consent. Reports without signature and stamp are not valid. This report is valid exclusively only for mentioned test samples.	
FR1107/Rev.01/22.12.2020	
1 / 3	

EK-2. (devam) POS2 tek alev kaynağı testi test raporu


**Allianz Teknik Deprem & Yangın
Test ve Eğitim Merkezi**

 FT-AZTEK-21-
014-2

01-22

TEST RAPORU
**TS EN ISO 11925-2 Yangına Tepki Testleri - Doğrudan Alev Çarpmasına Maruz Kalan
Ürünlerin Tutuşabilirliği - Bölüm 2: Tek Alev Kaynağı Testi**

Test Sponsoru (İsim / Adres)	Gazi Üniversitesi / Eti Mah. Yükseliş Sok. No: 5 06570 Maltepe, Ankara
Üretici Firma (İsim / Adres)	Gazi Üniversitesi / Eti Mah. Yükseliş Sok. No: 5 06570 Maltepe, Ankara
Testi Gerçekleştiren Laboratuvar (İsim / Adres)	Allianz Teknik Deprem&Yangın Test ve Eğitim Merkezi / Türk-Alman Üniversitesi, Şahinkaya Cad. No:90, 34820 Beykoz / İSTANBUL

Ürün ve Test Detayları

Ürün Adı (Tip / Kod)	Miselyum bağlayıcı saman kompozit / POS-2
Ürün Bileşimi	Pleurotus ostreatus miselyumu ve buğday samanı
Ürün Özellikleri (Renk / Kalınlık / Yoğunluk)	Renk: beyaz-sarı, Kalınlık: 10mm, Yoğunluk: 0,077 gr/cm ³
Numune Teslim Tarihi	04.01.2022
Şartlandırma Metodu	Şartlandırma yapılmadı.
Test Metodu	TS EN ISO 11925-2:2020
Test Tarihi	04.01.2022

Test Sonuçları ve Ölçülen Değerler

Aleve Maruz Bırakılan Bölge / Alev Uygulama Süresi	Yüzeyden Aleve Maruz Bırakma / Alev Uygulama Süresi: 15 s					
Numune No:	1	2	3	4	5	6
Numunenin Tutuşma Durumu	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet
Alevin 150 mm Eşiğine Ulaşma Durumu	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır
Alevin 150 mm Eşiğine Ulaşma Süresi	-	-	-	-	-	-
Filtre Kağıdı Tutuşma Durumu	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır

Değerlendirme: Arge testi niteliğinde gerçekleştirilen çalışmalarda test numuneleri şartlandırma periyoduna tabi tutulmadan teste alınmıştır. Test sonuç verileri TS EN 13501-1 standardı kapsamında "E" sınıfı parametrelerini karşılamaktadır. Testler sırasında ürün yüzeyinden damlama gerçekleşmemiştir. İlgili ürünün gerçek yangına tepki sınıflandırmasının yapılabilmesi için akredite test koşullarına göre test edilmesi gerekmektedir.

"Allianz Teknik" Allianz SE'nin tescilli bir markasıdır. Bu Rapor Allianz Teknik'in yazılı izni olmadan kopyalanamaz veya çoğaltılamaz. Belirtilen yönde görünen herhangi bir işlem gerekli yazılı izin alınmaksızın geçersiz olacaktır. İmzasız ve kağıtsız raporlar geçerlidir. Bu rapor yalnızca rapor içeriğinde belirtilen test numuneleri için geçerlidir.

"Allianz Teknik" is a registered trademark of Allianz SE. This Report cannot be copied or reproduced without Allianz Teknik's written permission. Any such purported operation shall be void without such written consent. Reports without signature and stamp are not valid. This report is valid exclusively only for mentioned test samples.

FR1107/Rev.01/22.12.2020

2 / 3

EK-2. (devam) POS2 tek alev kaynağı testi test raporu


**Allianz Teknik Deprem & Yangın
Test ve Eğitim Merkezi**

 FT-AZTEK-21-
014-2

01-22

Açıklamalar:

Bu deney sonucu, deneyin uygulandığı özel şartlar altında bir mamulün deney numunesinin davranışıyla ilgilidir; gerçek kullanım şartlarındaki bir mamulün potansiyel yangın tehlikesinin değerlendirilmesi için yegâne bir kriter değildir.

Rapor, test laboratuvarının yazılı onayı olmaksızın bölümler halinde kopyalanamaz yalnızca bütün olarak kopyalanabilir.

Marka, tip ve ürün özellikleri müşteri beyanına göre bu rapor içerisinde belirtilmiştir. Bu bilgilerin doğruluğu ile ilgili sorumluluklar müşteriye aittir. Numuneler müşterinin teslim ettiği şekliyle (laboratuvarın numune almadığı durumda) deneye tabi tutulmuştur.

"Allianz Teknik" Allianz SE'nin tescilli bir markasıdır. Bu Rapor Allianz Teknik'in yazılı izni olmadan kopyalanamaz veya çoğaltılamaz. Belirtilen yönde görünen herhangi bir işlem gerekli yazılı izni olmaksızın geçersiz olacaktır. İmzasız ve kaşesiz raporlar geçersizdir. Bu rapor yalnızca rapor içeriğinde belirtilen test numuneleri için geçerlidir.
"Allianz Teknik" is a registered trademark of Allianz SE. This Report cannot be copied or reproduced without Allianz Teknik's written permission. Any such purported operation shall be void without such written consent. Reports without signature and stamp are not valid. This report is valid exclusively only for mentioned test samples.

EK-3. POS3 tek alev kaynağı testi test raporu

	
ALLIANZ TEKNİK DEPREM & YANGIN TEST VE EĞİTİM MERKEZİ Türk-Alman Üniversitesi, Şahinkaya Cad. No:90, 34820 Beykoz / İSTANBUL Tel: 0216 556 6351 E-posta: allianztekni@allianz.com.tr Web: www.allianztekni.com.tr	
TEST RAPORU TEST REPORT	
Müşterinin Adı/Adresi Customer Name/Address	: Gazi Üniversitesi / Eti Mah. Yükseliş Sok. No: 5 06570 Maltepe, Ankara
Teklif Numarası Order No.	: AZTEK-21-014
Numunenin Adı Ve Tanımı Name And Identity Of Test Item	: Miselyum bağlayıcıli saman kompozit
Numunenin Kabul Tarihi The Date Of Receipt Of Test Item	: 04.01.2022
Uygulanan Standart / Metod Applied Standard / Method	: TS EN ISO 11925-2:2020 Yangına tepki testleri - Doğrudan alev çarpmasına maruz kalan ürünlerin tutuşabilirliği - Bölüm 2: Tek alev kaynağı testi
Açıklamalar Remarks	: -
Deneyin Yapıldığı Tarih Date Of Test	: 04.01.2022
Raporun Sayfa Sayısı Number Of Pages Of The Report	: 3 (Üç)
<i>Bu rapor özel deney talebine istinaden düzenlenmiş olup, Standartlara Uygunluk Belgesi niteliğinde değildir. Partiyi temsil etmez, ayrıca ilan, reklam ve ihalelerde uygunluk belgesi niteliğinde kullanılmaz.</i> This test report was prepared upon customer's request, can not be used as certificate of conformity to standards, does not represent a batch and can not be used as conformity documents for advertisements and procurements. <i>Bu rapor özel deney talebine istinaden düzenlenmiş olup, Standartlara Uygunluk Belgesi niteliğinde değildir. Partiyi temsil etmez, ayrıca ilan, reklam ve ihalelerde uygunluk belgesi niteliğinde kullanılmaz.</i> This test report was prepared upon customer's request, can not be used as certificate of conformity to standards, does not represent a batch and can not be used as conformity documents for advertisements and procurements. <i>Beykoz Gayrimenkul Yatırım İnşaat Turizm Sanayi ve Tic. A.Ş. bundan böyle rapor içerisinde "Allianz Teknik" olarak anılacaktır.</i> Beykoz Gayrimenkul Yatırım İnşaat Turizm Sanayi ve Tic. A.Ş. hereinafter to be briefly referred to as "Allianz Teknik" in the content of the report. <i>"Allianz Teknik" Allianz SE'nin tescilli bir markasıdır. Bu Rapor Allianz Teknik'in yazılı izni olmadan kopyalanamaz veya çoğaltılamaz. Belirtilen yönde görünen herhangi bir işlem gerekli yazılı izni alınmaksızın geçersiz olacaktır. İmzasız ve kaşesiz raporlar geçersizdir. Bu rapor yalnızca rapor içerisinde belirtilen test numuneleri için geçerlidir.</i> "Allianz Teknik" is a registered trademark of Allianz SE. This Report cannot be copied or reproduced without Allianz Teknik's written permission. Any such purported operation shall be void without such written consent. Reports without signature and stamp are not valid. This report is valid exclusively only for mentioned test samples.	

EK-3. (devam) POS3 tek alev kaynağı testi test raporu


**Allianz Teknik Deprem & Yangın
Test ve Eğitim Merkezi**

 FT-AZTEK-21-
014-3

01-22

TEST RAPORU
**TS EN ISO 11925-2 Yangına Tepki Testleri - Doğrudan Alev Çarpmasına Maruz Kalan
Ürünlerin Tutuşabilirliği - Bölüm 2: Tek Alev Kaynağı Testi**

Test Sponsoru (İsim / Adres)	Gazi Üniversitesi / Eti Mah. Yükseliş Sok. No: 5 06570 Maltepe, Ankara
Üretici Firma (İsim / Adres)	Gazi Üniversitesi / Eti Mah. Yükseliş Sok. No: 5 06570 Maltepe, Ankara
Testi Gerçekleştiren Laboratuvar (İsim / Adres)	Allianz Teknik Deprem&Yangın Test ve Eğitim Merkezi / Türk-Alman Üniversitesi, Şahinkaya Cad. No:90, 34820 Beykoz / İSTANBUL

Ürün ve Test Detayları

Ürün Adı (Tip / Kod)	Miselyum bağlayıcılı saman kompozit / POS-3
Ürün Bileşimi	Pleurotus ostreatus miselyumu ve buğday samanı
Ürün Özellikleri (Renk / Kalınlık / Yoğunluk)	Renk: beyaz-sarı, Kalınlık: 10mm, Yoğunluk: 0,093 gr/cm ³
Numune Teslim Tarihi	04.01.2022
Şartlandırma Metodu	Şartlandırma yapılmadı.
Test Metodu	TS EN ISO 11925-2:2020
Test Tarihi	04.01.2022

Test Sonuçları ve Ölçülen Değerler

Aleve Maruz Bırakılan Bölge / Alev Uygulama Süresi	Yüzeyden Alev Maruz Bırakma / Alev Uygulama Süresi: 15 s					
Numune No:	1	2	3	4	5	6
Numunenin Tutuşma Durumu	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet
Alevin 150 mm Eşiğine Ulaşma Durumu	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır
Alevin 150 mm Eşiğine Ulaşma Süresi	-	-	-	-	-	-
Filtre Kağıdı Tutuşma Durumu	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır

Değerlendirme: Arge testi niteliğinde gerçekleştirilen çalışmalarda test numuneleri şartlandırma periyoduna tabi tutulmadan teste alınmıştır. Test sonuç verileri TS EN 13501-1 standardı kapsamında "E" sınıfı parametrelerini karşılamaktadır. Testler sırasında ürün yüzeyinden damlama gerçekleşmemiştir. İlgili ürünün gerçek yangına tepki sınıflandırmasının yapılabilmesi için akredite test koşullarına göre test edilmesi gerekmektedir.

"Allianz Teknik" Allianz SE'nin tescilli bir markasıdır. Bu Rapor Allianz Teknik'in yazılı izni olmadan kopyalanamaz veya çoğaltılamaz. Belirtilen yönde görülen herhangi bir işlem gerekli yazılı izin alınmaksızın geçersiz olacaktır. İmzasız ve kaşesiz raporlar geçersizdir. Bu rapor yalnızca rapor içerisinde belirtilen test numuneleri için geçerlidir.

"Allianz Teknik" is a registered trademark of Allianz SE. This Report cannot be copied or reproduced without Allianz Teknik's written permission. Any such purported operation shall be void without such written consent. Reports without signature and stamp are not valid. This report is valid exclusively only for mentioned test samples.

EK-3. (devam) POS3 tek alev kaynağı testi test raporu


**Allianz Teknik Deprem & Yangın
Test ve Eğitim Merkezi**

 FT-AZTEK-21-
014-3

01-22

Açıklamalar:

Bu deney sonucu, deneyin uygulandığı özel şartlar altında bir mamulün deney numunesinin davranışıyla ilgilidir; gerçek kullanım şartlarındaki bir mamulün potansiyel yangın tehlikesinin değerlendirilmesi için yegâne bir kriter değildir.

Rapor, test laboratuvarının yazılı onayı olmaksızın bölümler halinde kopyalanamaz yalnızca bütün olarak kopyalanabilir.

Marka, tip ve ürün özellikleri müşteri beyanına göre bu rapor içerisinde belirtilmiştir. Bu bilgilerin doğruluğu ile ilgili sorumluluklar müşteriye aittir. Numuneler müşterinin teslim ettiği şekliyle (laboratuvarın numune almadığı durumda) deneye tabi tutulmuştur.

"Allianz Teknik" Allianz SE'nin tescilli bir markasıdır. Bu Rapor Allianz Teknik'in yazılı izni olmadan kopyalanamaz veya çoğaltılamaz. Belirtilen yönde görünen herhangi bir işlem gerekli yazılı izin olmaksızın geçersiz olacaktır. İmzasız ve kağıtsız raporlar geçersizdir. Bu rapor yalnızca rapor içeriğinde belirtilen test numuneleri için geçerlidir.

"Allianz Teknik" is a registered trademark of Allianz SE. This Report cannot be copied or reproduced without Allianz Teknik's written permission. Any such purported operation shall be void without such written consent. Reports without signature and stamp are not valid. This report is valid exclusively only for mentioned test samples.

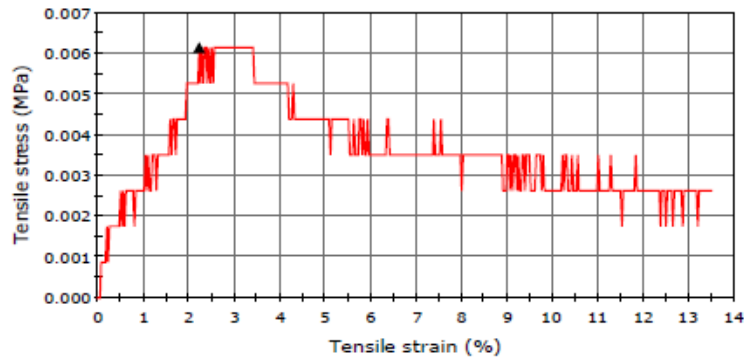
FR1107/Rev.01/22.12.2020

3 / 3

EK-4. POS1 çekme testi Numune-1 test sonucu

Export Results: Export results	True
Export Raw Data: Export raw data	True

Specimen 1 to 1



	Load at Maximum Tensile stress (N)	Maximum Tensile stress (MPa)	Tensile extension at Maximum Tensile stress (mm)
1	0.921	0.00614	1.23020

	Load at Break (Standard) (N)	Tensile strain at Break (Standard) (%)	Tensile extension at Break (Standard) (mm)
1	0.395	13.49345	7.42140

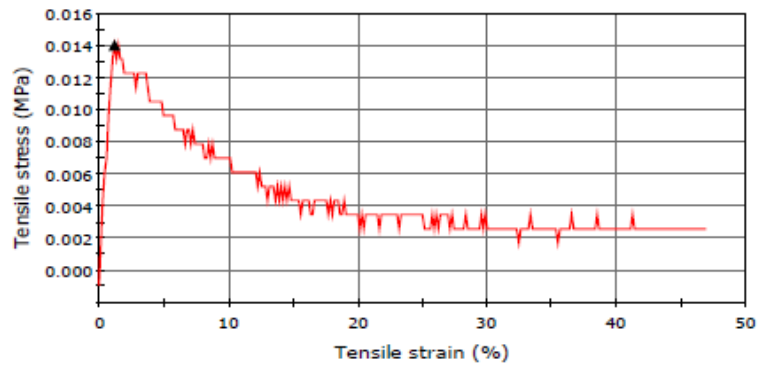
	Geometry	Diameter (mm)	Length (mm)
1	Rectangular		55.00000

	Area (mm ²)	Rate 1 (mm/min)
1	150.000	10.00000

EK-5. POS1 çekme testi Numune-2 test sonucu

Export Results: Export results	True
Export Raw Data: Export raw data	True

Specimen 1 to 1



	Load at Maximum Tensile stress (N)	Maximum Tensile stress (MPa)	Tensile extension at Maximum Tensile stress (mm)
1	2.106	0.01404	0.65160

	Load at Break (Standard) (N)	Tensile strain at Break (Standard) (%)	Tensile extension at Break (Standard) (mm)
1	0.395	46.86364	25.77500

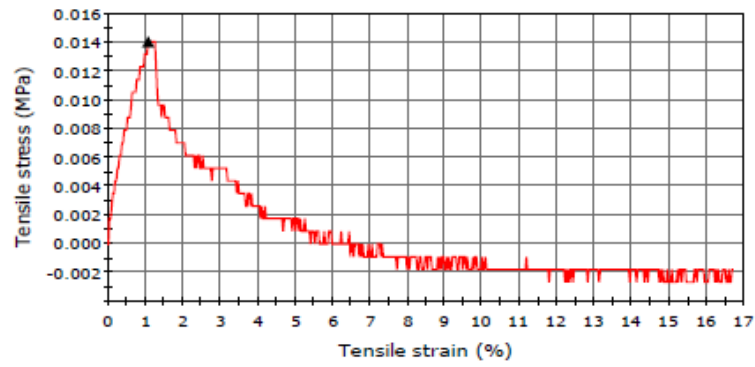
	Geometry	Diameter (mm)	Length (mm)
1	Rectangular		55.00000

	Area (mm ²)	Rate 1 (mm/min)
1	150.000	50.00000

EK-6. POS1 çekme testi Numune-3 test sonucu

Export Results: Export results	True
Export Raw Data: Export raw data	True

Specimen 1 to 1



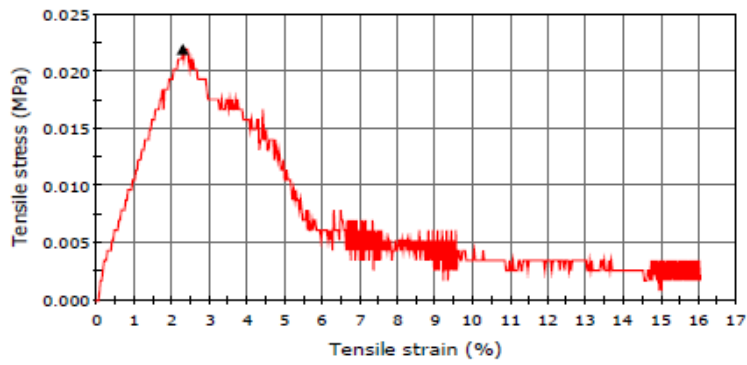
Specimen #
1

	Load at Maximum Tensile stress (N)	Maximum Tensile stress (MPa)	Tensile extension at Maximum Tensile stress (mm)
1	2.106	0.01404	0.59690
	Load at Break (Standard) (N)	Tensile strain at Break (Standard) (%)	Tensile extension at Break (Standard) (mm)
1	-0.263	16.69018	9.17960
	Geometry	Diameter (mm)	Length (mm)
1	Rectangular		55.00000
	Area (mm ²)	Rate 1 (mm/min)	
1	150.000	10.00000	

EK-7. POS2 çekme testi Numune-1 test sonucu

Export Results: Export results	True
Export Raw Data: Export raw data	True

Specimen 1 to 1



	Load at Maximum Tensile stress (N)	Maximum Tensile stress (MPa)	Tensile extension at Maximum Tensile stress (mm)
1	3.291	0.02194	1.26390

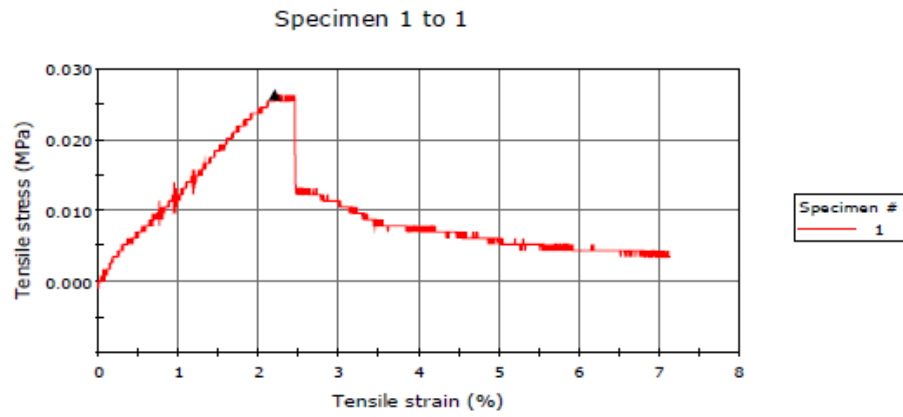
	Load at Break (Standard) (N)	Tensile strain at Break (Standard) (%)	Tensile extension at Break (Standard) (mm)
1	0.527	15.99400	8.79670

	Geometry	Diameter (mm)	Length (mm)
1	Rectangular		55.00000

	Area (mm ²)	Rate 1 (mm/min)
1	150.000	10.00000

EK-8. POS2 çekme testi Numune-2 test sonucu

Export Results: Export results	True
Export Raw Data: Export raw data	True



	Load at Maximum Tensile stress (N)	Maximum Tensile stress (MPa)	Tensile extension at Maximum Tensile stress (mm)
1	3.949	0.02633	1.20960

	Load at Break (Standard) (N)	Tensile strain at Break (Standard) (%)	Tensile extension at Break (Standard) (mm)
1	0.527	7.13673	3.92520

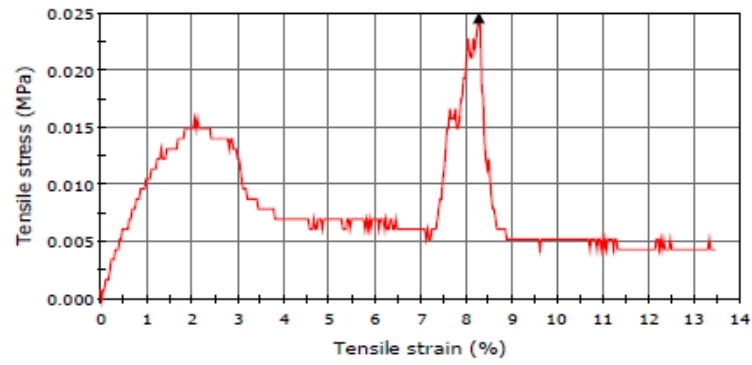
	Geometry	Diameter (mm)	Length (mm)
1	Rectangular		55.00000

	Area (mm ²)	Rate 1 (mm/min)
1	150.000	1.00000

EK-9. POS2 çekme testi Numune-3 test sonucu

Export Results: Export results	True
Export Raw Data: Export raw data	True

Specimen 1 to 1



	Load at Maximum Tensile stress (N)	Maximum Tensile stress (MPa)	Tensile extension at Maximum Tensile stress (mm)
1	3.686	0.02457	4.54670

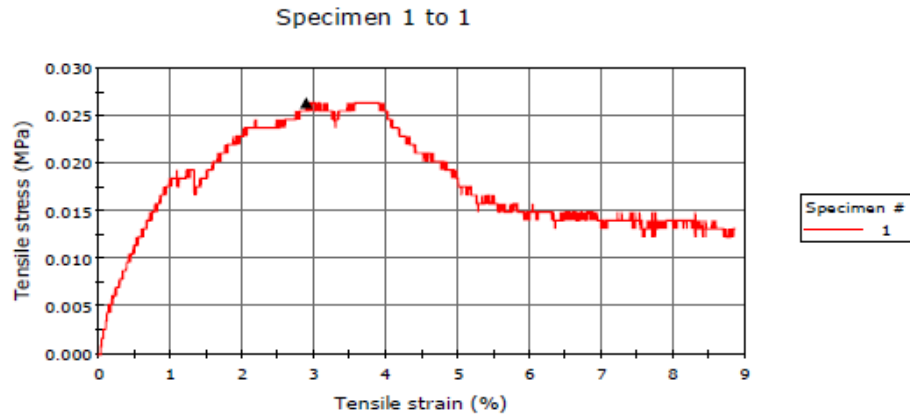
	Load at Break (Standard) (N)	Tensile strain at Break (Standard) (%)	Tensile extension at Break (Standard) (mm)
1	0.658	13.43291	7.38810

	Geometry	Diameter (mm)	Length (mm)
1	Rectangular		55.00000

	Area (mm ²)	Rate 1 (mm/min)
1	150.000	10.00000

EK-10. POS3 çekme testi Numune-1 test sonucu

Export Results: Export results	True
Export Raw Data: Export raw data	True



	Load at Maximum Tensile stress (N)	Maximum Tensile stress (MPa)	Tensile extension at Maximum Tensile stress (mm)
1	3.949	0.02633	1.58960

	Load at Break (Standard) (N)	Tensile strain at Break (Standard) (%)	Tensile extension at Break (Standard) (mm)
1	1.974	8.86073	4.87340

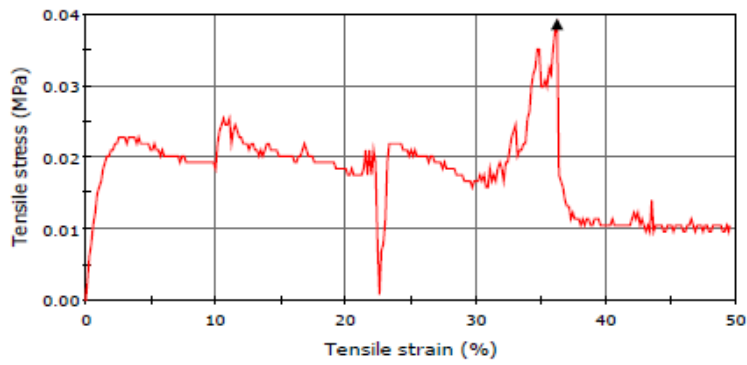
	Geometry	Diameter (mm)	Length (mm)
1	Rectangular		55.00000

	Area (mm ²)	Rate 1 (mm/min)
1	150.000	1.00000

EK-11. POS3 çekme testi Numune-2 test sonucu

Export Results: Export results	True
Export Raw Data: Export raw data	True

Specimen 1 to 1



	Load at Maximum Tensile stress (N)	Maximum Tensile stress (MPa)	Tensile extension at Maximum Tensile stress (mm)
1	5.792	0.03861	19.89870

	Load at Break (Standard) (N)	Tensile strain at Break (Standard) (%)	Tensile extension at Break (Standard) (mm)
1	1.580	49.43618	27.18990

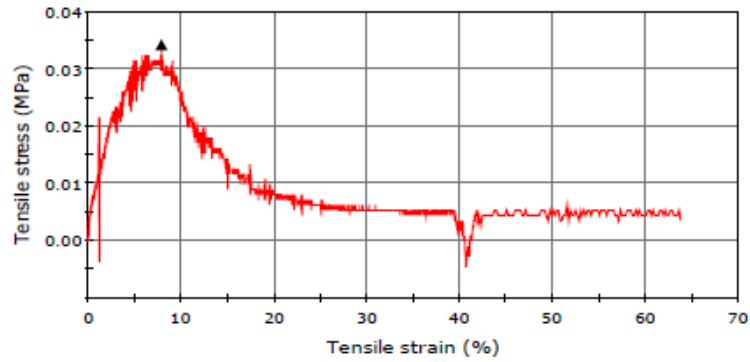
	Geometry	Diameter (mm)	Length (mm)
1	Rectangular		55.00000

	Area (mm ²)	Rate 1 (mm/min)
1	150.000	50.00000

EK-12. POS3 çekme testi Numune-3 test sonucu

Export Results: Export results	True
Export Raw Data: Export raw data	True

Specimen 1 to 1



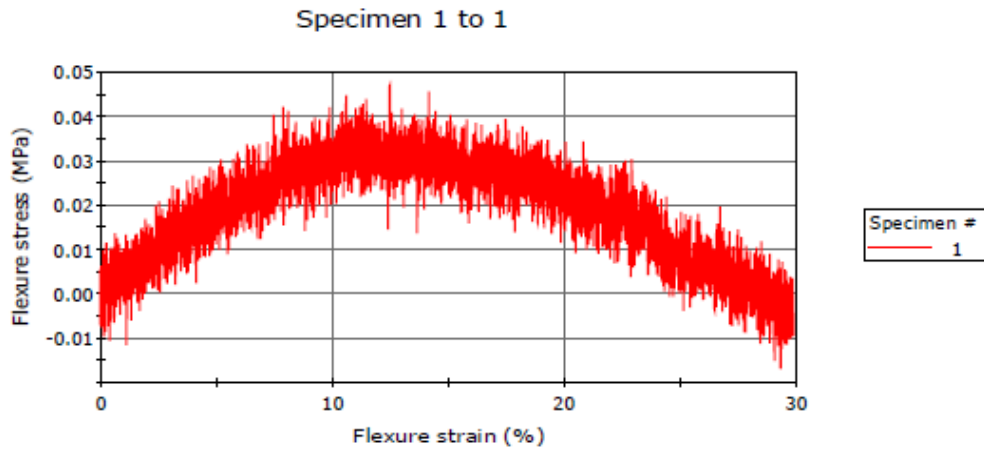
	Load at Maximum Tensile stress (N)	Maximum Tensile stress (MPa)	Tensile extension at Maximum Tensile stress (mm)
1	5.002	0.03422	3.55580

	Load at Break (Standard) (N)	Tensile strain at Break (Standard) (%)	Tensile extension at Break (Standard) (mm)
1	0.790	63.50933	28.57920

	Geometry	Diameter (mm)	Length (mm)
1	Rectangular		45.00000

	Area (mm ²)	Rate 1 (mm/min)
1	146.160	50.00000

EK-13. POS1 eğme testi Numune-1 test sonucu



	Flexure load at Yield (Zero Slope) (N)	Flexure stress at Yield (Zero Slope) (MPa)	Flexure load at Tensile Strength (N)
1	0.888	0.03435	0.853
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	0.888	0.03435	0.853

	Load at Tensile Strength (N)	Flexure stress at Tensile Strength (MPa)	Flexure strain at Tensile Strength (%)
1	-0.85285	0.033	11.306
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	-0.85285	0.033	11.306

	Flexure extension at Tensile Strength (mm)	Flexure load at Break (Standard) (N)	Flexure stress at Break (Standard) (MPa)
1	4.783	0.000	0.000
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	4.783	0.000	0.000

	Flexure strain at Break (Standard) (%)	Flexure extension at Break (Standard) (mm)	Time at Break (Standard) (sec)
1	29.803	12.607	151.280
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	29.803	12.607	151.280

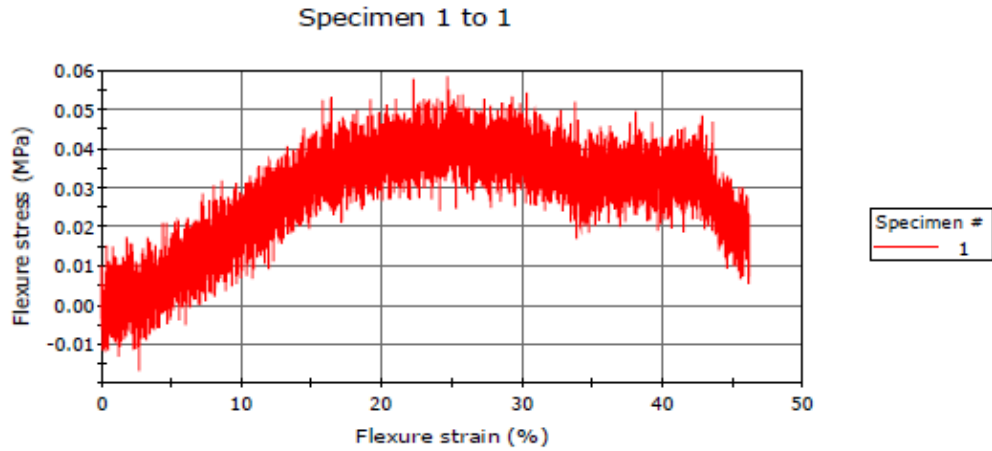
	Geometry	Support span (mm)	Thickness (mm)
1	Rectangular	50.000	9.850
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	-----	50.000	9.850

	Width (mm)	Load at Break (Standard) (N)	Extension at Break (Standard) (mm)
1	19.990	0.00000	-12.60694
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	19.990	0.00000	-12.60694

	Extension at Tensile Strength (mm)	Load at Yield (Zero Slope) (N)	Extension at Yield (Zero Slope) (mm)
1	-4.78256	-0.88816	-3.04188
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	-4.78256	-0.88816	-3.04188

	Flexure extension at Yield (Zero Slope) (mm)	Flexure strain at Yield (Zero Slope) (mm/mm)
1	3.04188	0.07191
Standard Deviation	-----	-----
Mean	3.04188	0.07191

EK-14. POS1 eğme testi Numune-2 test sonucu



	Flexure load at Yield (Zero Slope) (N)	Flexure stress at Yield (Zero Slope) (MPa)	Flexure load at Tensile Strength (N)
1	1.340	0.05862	0.906
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	1.340	0.05862	0.906

	Load at Tensile Strength (N)	Flexure stress at Tensile Strength (MPa)	Flexure strain at Tensile Strength (%)
1	-0.90608	0.040	23.571
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	-0.90608	0.040	23.571

	Flexure extension at Tensile Strength (mm)	Flexure load at Break (Standard) (N)	Flexure stress at Break (Standard) (MPa)
1	10.338	0.532	0.023
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	10.338	0.532	0.023

	Flexure strain at Break (Standard) (%)	Flexure extension at Break (Standard) (mm)	Time at Break (Standard) (sec)
1	46.113	20.225	242.700
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	46.113	20.225	242.700

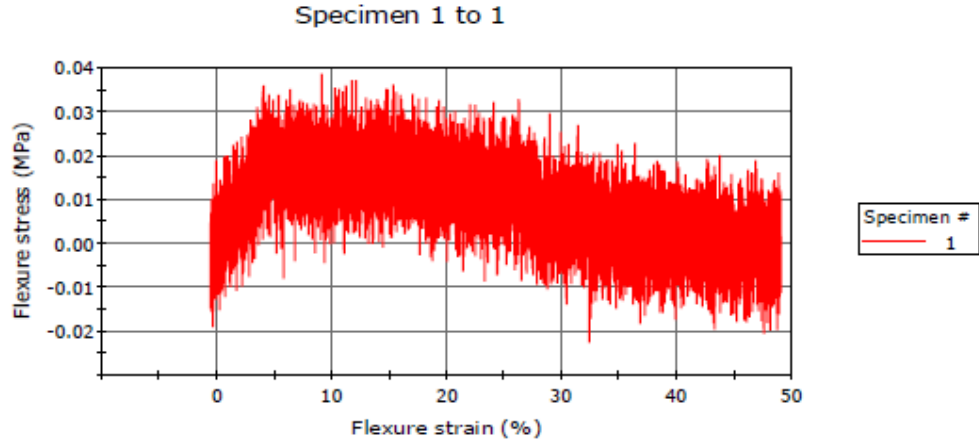
	Geometry	Support span (mm)	Thickness (mm)
1	Rectangular	50.000	9.500
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	-----	50.000	9.500

	Width (mm)	Load at Break (Standard) (N)	Extension at Break (Standard) (mm)
1	19.000	-0.53163	-20.22500
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	19.000	-0.53163	-20.22500

	Extension at Tensile Strength (mm)	Load at Yield (Zero Slope) (N)	Extension at Yield (Zero Slope) (mm)
1	-10.33838	-1.34016	-10.81331
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	-10.33838	-1.34016	-10.81331

	Flexure extension at Yield (Zero Slope) (mm)	Flexure strain at Yield (Zero Slope) (mm/mm)
1	10.81331	0.24654
Standard Deviation	-----	-----
Mean	10.81331	0.24654

EK-15. POS1 eğme testi Numune-3 test sonucu



	Flexure load at Yield (Zero Slope) (N)	Flexure stress at Yield (Zero Slope) (MPa)	Flexure load at Tensile Strength (N)
1	0.615	0.03604	0.224
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	0.615	0.03604	0.224

	Load at Tensile Strength (N)	Flexure stress at Tensile Strength (MPa)	Flexure strain at Tensile Strength (%)
1	-0.22350	0.013	5.776
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	-0.22350	0.013	5.776

	Flexure extension at Tensile Strength (mm)	Flexure load at Break (Standard) (N)	Flexure stress at Break (Standard) (MPa)
1	3.008	0.030	0.002
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	3.008	0.030	0.002

	Flexure strain at Break (Standard) (%)	Flexure extension at Break (Standard) (mm)	Time at Break (Standard) (sec)
1	48.976	25.508	308.998
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	48.976	25.508	308.998

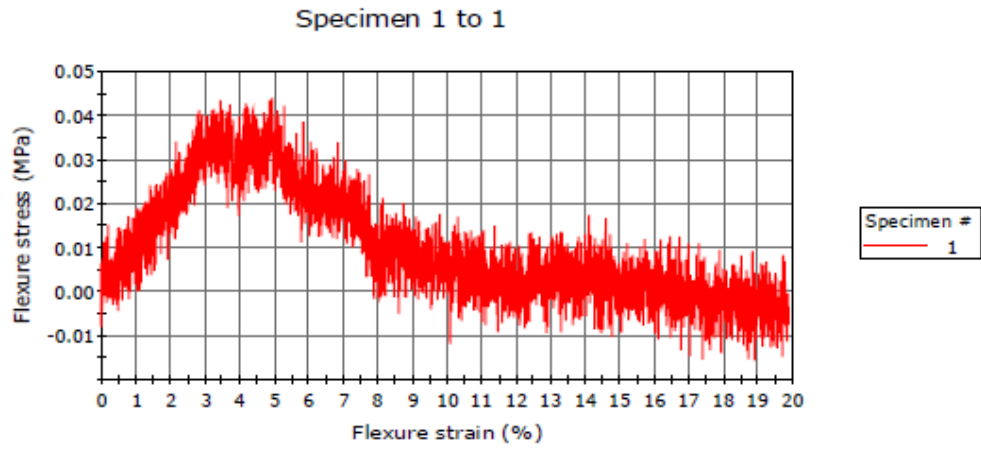
	Geometry	Support span (mm)	Thickness (mm)
1	Rectangular	50.000	8.000
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	-----	50.000	8.000

	Width (mm)	Load at Break (Standard) (N)	Extension at Break (Standard) (mm)
1	20.000	-0.02952	-25.50813
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	20.000	-0.02952	-25.50813

	Extension at Tensile Strength (mm)	Load at Yield (Zero Slope) (N)	Extension at Yield (Zero Slope) (mm)
1	-3.00831	-0.61504	-2.16156
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	-3.00831	-0.61504	-2.16156

	Flexure extension at Yield (Zero Slope) (mm)	Flexure strain at Yield (Zero Slope) (mm/mm)
1	2.16156	0.04150
Standard Deviation	-----	-----
Mean	2.16156	0.04150

EK-16. POS1 eğme testi Numune-4 test sonucu



	Flexure load at Yield (Zero Slope) (N)	Flexure stress at Yield (Zero Slope) (MPa)	Flexure load at Tensile Strength (N)
1	1.060	0.04350	1.009
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	1.060	0.04350	1.009

	Load at Tensile Strength (N)	Flexure stress at Tensile Strength (MPa)	Flexure strain at Tensile Strength (%)
1	-1.00862	0.041	4.240
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	-1.00862	0.041	4.240

	Flexure extension at Tensile Strength (mm)	Flexure load at Break (Standard) (N)	Flexure stress at Break (Standard) (MPa)
1	1.834	-0.004	0.000
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	1.834	-0.004	0.000

	Flexure strain at Break (Standard) (%)	Flexure extension at Break (Standard) (mm)	Time at Break (Standard) (sec)
1	19.814	8.573	102.880
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	19.814	8.573	102.880

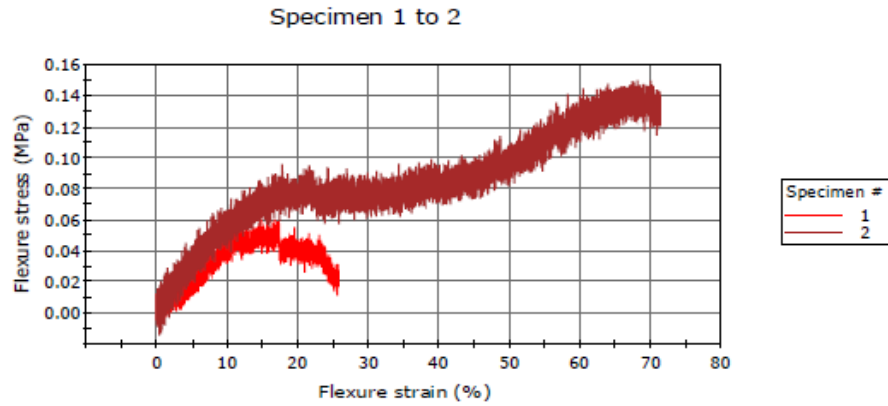
	Geometry	Support span (mm)	Thickness (mm)
1	Rectangular	50.000	9.630
Standard Deviation		-----	-----
Mean		50.000	9.630

	Width (mm)	Load at Break (Standard) (N)	Extension at Break (Standard) (mm)
1	19.700	0.00365	-8.57325
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	19.700	0.00365	-8.57325

	Extension at Tensile Strength (mm)	Load at Yield (Zero Slope) (N)	Extension at Yield (Zero Slope) (mm)
1	-1.83437	-1.05968	-1.48919
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	-1.83437	-1.05968	-1.48919

	Flexure extension at Yield (Zero Slope) (mm)	Flexure strain at Yield (Zero Slope) (mm/mm)
1	1.48919	0.03442
Standard Deviation	-----	-----
Mean	1.48919	0.03442

EK-17. POS2 eğme testi Numune-1 test sonucu



	Flexure load at Yield (Zero Slope) (N)	Flexure stress at Yield (Zero Slope) (MPa)	Flexure load at Tensile Strength (N)
1	1.884	0.06066	1.466
2	2.038	0.09611	3.181
Standard Deviation	0.10917	0.02507	1.21234
Mean	1.961	0.07838	2.324

	Load at Tensile Strength (N)	Flexure stress at Tensile Strength (MPa)	Flexure strain at Tensile Strength (%)
1	-1.46641	0.047	15.259
2	-3.18092	0.150	68.032
Standard Deviation	1.21234	0.07268	37.316
Mean	-2.32366	0.099	41.645

	Flexure extension at Tensile Strength (mm)	Flexure load at Break (Standard) (N)	Flexure stress at Break (Standard) (MPa)
1	5.780	0.710	0.023
2	30.156	2.867	0.135
Standard Deviation	17.23639	1.52513	0.07943
Mean	17.968	1.789	0.079

	Flexure strain at Break (Standard) (%)	Flexure extension at Break (Standard) (mm)	Time at Break (Standard) (sec)
1	25.750	9.754	117.046
2	71.282	31.597	379.160
Standard Deviation	32.19618	15.44529	185.34260
Mean	48.516	20.675	248.103

	Geometry	Support span (mm)	Thickness (mm)
1	Rectangular	50.000	11.000

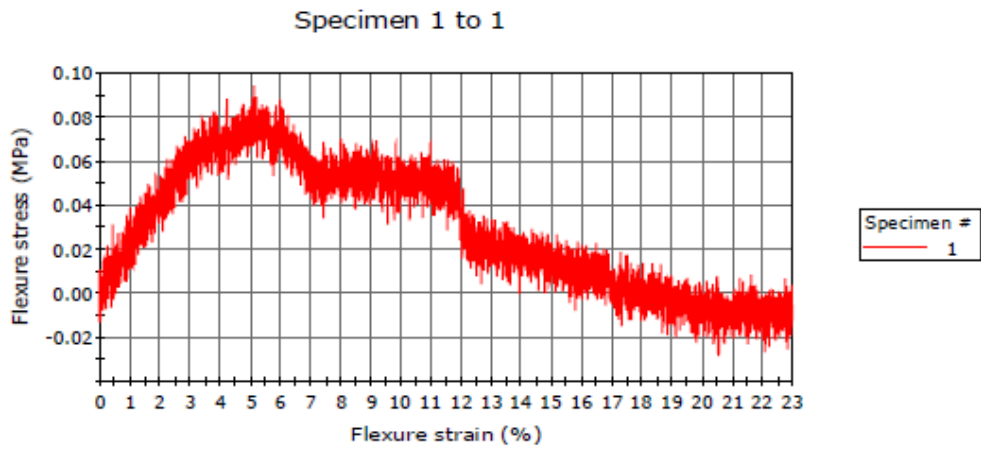
	Geometry	Support span (mm)	Thickness (mm)
2	Rectangular	50.000	9.400
Standard Deviation		0.00000	1.13137
Mean		50.000	10.200

	Width (mm)	Load at Break (Standard) (N)	Extension at Break (Standard) (mm)
1	19.250	-0.71047	-9.75363
2	18.000	-2.86733	-31.59656
Standard Deviation	0.88388	1.52513	15.44529
Mean	18.625	-1.78890	-20.67509

	Extension at Tensile Strength (mm)	Load at Yield (Zero Slope) (N)	Extension at Yield (Zero Slope) (mm)
1	-5.77988	-1.88375	-4.51562
2	-30.15581	-2.03814	-7.86919
Standard Deviation	17.23639	0.10917	2.37133
Mean	-17.96784	-1.96095	-6.19241

	Flexure extension at Yield (Zero Slope) (mm)	Flexure strain at Yield (Zero Slope) (mm/mm)
1	4.51562	0.11921
2	7.86919	0.17753
Standard Deviation	2.37133	0.04124
Mean	6.19241	0.14837

EK-18. POS2 eğme testi Numune-2 test sonucu



	Flexure load at Yield (Zero Slope) (N)	Flexure stress at Yield (Zero Slope) (MPa)	Flexure load at Tensile Strength (N)
1	1.795	0.09429	1.325
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	1.795	0.09429	1.325

	Load at Tensile Strength (N)	Flexure stress at Tensile Strength (MPa)	Flexure strain at Tensile Strength (%)
1	-1.32464	0.070	5.155
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	-1.32464	0.070	5.155

	Flexure extension at Tensile Strength (mm)	Flexure load at Break (Standard) (N)	Flexure stress at Break (Standard) (MPa)
1	2.438	0.074	0.004
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	2.438	0.074	0.004

	Flexure strain at Break (Standard) (%)	Flexure extension at Break (Standard) (mm)	Time at Break (Standard) (sec)
1	22.940	10.849	130.190
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	22.940	10.849	130.190

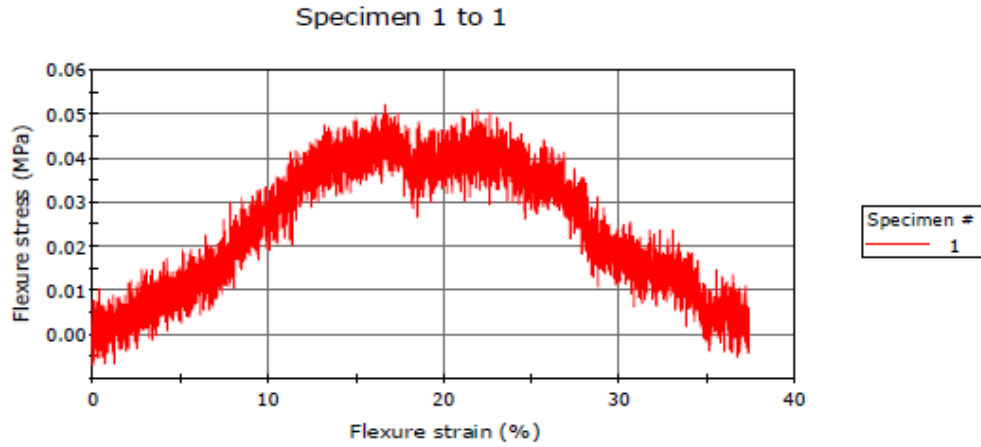
	Geometry	Support span (mm)	Thickness (mm)
1	Rectangular	50.000	8.810
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean		50.000	8.810

	Width (mm)	Load at Break (Standard) (N)	Extension at Break (Standard) (mm)
1	18.400	-0.07440	-10.84919
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	18.400	-0.07440	-10.84919

	Extension at Tensile Strength (mm)	Load at Yield (Zero Slope) (N)	Extension at Yield (Zero Slope) (mm)
1	-2.43825	-1.79542	-2.42319
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	-2.43825	-1.79542	-2.42319

	Flexure extension at Yield (Zero Slope) (mm)	Flexure strain at Yield (Zero Slope) (mm/mm)
1	2.42319	0.05124
Standard Deviation	-----	-----
Mean	2.42319	0.05124

EK-19. POS2 eğme testi Numune-3 test sonucu



	Flexure load at Yield (Zero Slope) (N)	Flexure stress at Yield (Zero Slope) (MPa)	Flexure load at Tensile Strength (N)
1	1.800	0.05226	1.564
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	1.800	0.05226	1.564

	Load at Tensile Strength (N)	Flexure stress at Tensile Strength (MPa)	Flexure strain at Tensile Strength (%)
1	-1.56355	0.045	16.241
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	-1.56355	0.045	16.241

	Flexure extension at Tensile Strength (mm)	Flexure load at Break (Standard) (N)	Flexure stress at Break (Standard) (MPa)
1	5.926	0.213	0.006
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	5.926	0.213	0.006

	Flexure strain at Break (Standard) (%)	Flexure extension at Break (Standard) (mm)	Time at Break (Standard) (sec)
1	37.313	13.614	163.366
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	37.313	13.614	163.366

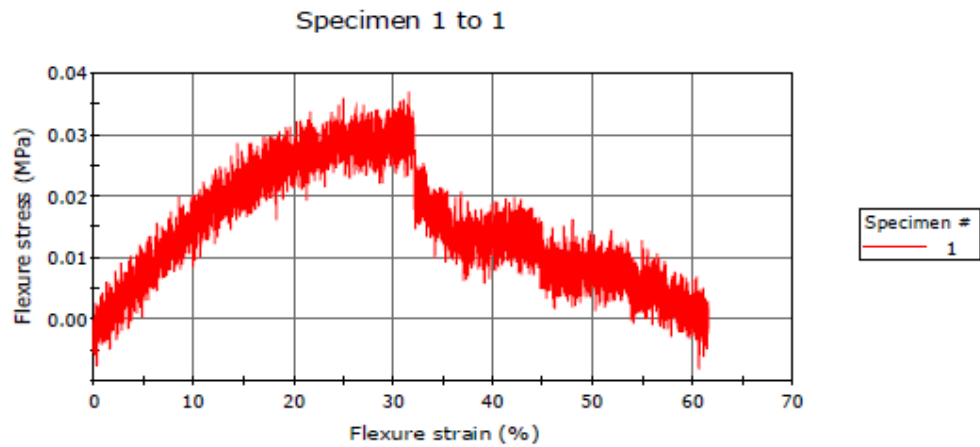
	Geometry	Support span (mm)	Thickness (mm)
1	Rectangular	50.000	11.420
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean		50.000	11.420

	Width (mm)	Load at Break (Standard) (N)	Extension at Break (Standard) (mm)
1	19.810	-0.21347	-13.61381
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	19.810	-0.21347	-13.61381

	Extension at Tensile Strength (mm)	Load at Yield (Zero Slope) (N)	Extension at Yield (Zero Slope) (mm)
1	-5.92569	-1.80032	-6.06825
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	-5.92569	-1.80032	-6.06825

	Flexure extension at Yield (Zero Slope) (mm)	Flexure strain at Yield (Zero Slope) (mm/mm)
1	6.06825	0.16632
Standard Deviation	-----	-----
Mean	6.06825	0.16632

EK-20. POS2 eğme testi Numune-4 test sonucu



	Flexure load at Yield (Zero Slope) (N)	Flexure stress at Yield (Zero Slope) (MPa)	Flexure load at Tensile Strength (N)
1	1.733	0.03696	1.299
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	1.733	0.03696	1.299

	Load at Tensile Strength (N)	Flexure stress at Tensile Strength (MPa)	Flexure strain at Tensile Strength (%)
1	-1.29935	0.028	29.674
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	-1.29935	0.028	29.674

	Flexure extension at Tensile Strength (mm)	Flexure load at Break (Standard) (N)	Flexure stress at Break (Standard) (MPa)
1	6.167	0.093	0.002
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	6.167	0.093	0.002

	Flexure strain at Break (Standard) (%)	Flexure extension at Break (Standard) (mm)	Time at Break (Standard) (sec)
1	61.489	12.778	153.340
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	61.489	12.778	153.340

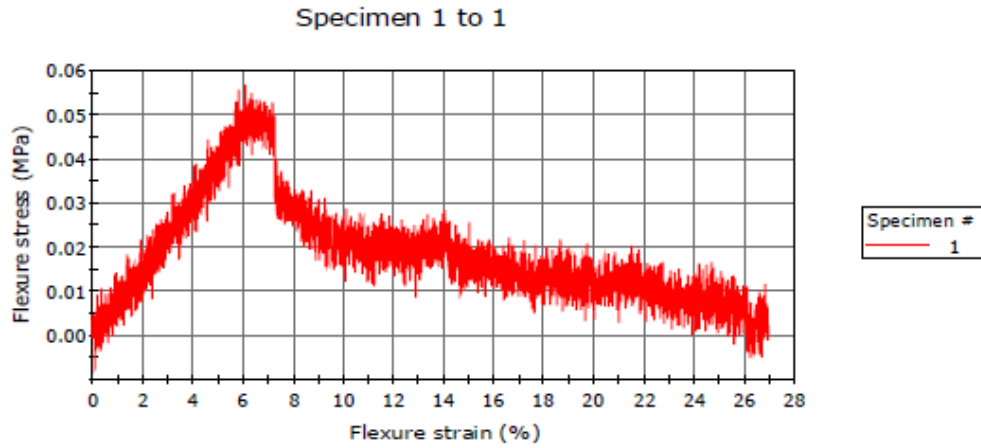
	Geometry	Support span (mm)	Thickness (mm)
1	Rectangular	50.000	20.050
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean		50.000	20.050

	Width (mm)	Load at Break (Standard) (N)	Extension at Break (Standard) (mm)
1	8.750	-0.09334	-12.77819
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	8.750	-0.09334	-12.77819

	Extension at Tensile Strength (mm)	Load at Yield (Zero Slope) (N)	Extension at Yield (Zero Slope) (mm)
1	-6.16669	-1.73348	-6.54994
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	-6.16669	-1.73348	-6.54994

	Flexure extension at Yield (Zero Slope) (mm)	Flexure strain at Yield (Zero Slope) (mm/mm)
1	6.54994	0.31518
Standard Deviation	-----	-----
Mean	6.54994	0.31518

EK-21. POS3 eğme testi Numune-1 test sonucu



	Flexure load at Yield (Zero Slope) (N)	Flexure stress at Yield (Zero Slope) (MPa)	Flexure load at Tensile Strength (N)
1	2.141	0.05688	1.849
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	2.141	0.05688	1.849

	Load at Tensile Strength (N)	Flexure stress at Tensile Strength (MPa)	Flexure strain at Tensile Strength (%)
1	-1.84926	0.049	6.121
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	-1.84926	0.049	6.121

	Flexure extension at Tensile Strength (mm)	Flexure load at Break (Standard) (N)	Flexure stress at Break (Standard) (MPa)
1	2.131	0.097	0.003
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	2.131	0.097	0.003

	Flexure strain at Break (Standard) (%)	Flexure extension at Break (Standard) (mm)	Time at Break (Standard) (sec)
1	26.896	9.362	112.350
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	26.896	9.362	112.350

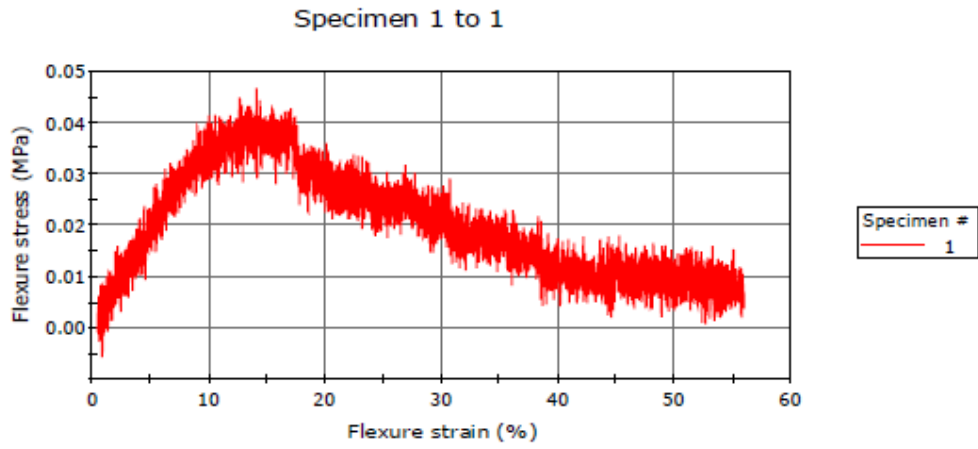
	Geometry	Support span (mm)	Thickness (mm)
1	Rectangular	50.000	11.970
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	-----	50.000	11.970

	Width (mm)	Load at Break (Standard) (N)	Extension at Break (Standard) (mm)
1	19.700	-0.09699	-9.36244
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	19.700	-0.09699	-9.36244

	Extension at Tensile Strength (mm)	Load at Yield (Zero Slope) (N)	Extension at Yield (Zero Slope) (mm)
1	-2.13075	-2.14075	-2.11825
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	-2.13075	-2.14075	-2.11825

	Flexure extension at Yield (Zero Slope) (mm)	Flexure strain at Yield (Zero Slope) (mm/mm)
1	2.11825	0.06085
Standard Deviation	-----	-----
Mean	2.11825	0.06085

EK-22. POS3 eğme testi Numune-2 test sonucu



	Flexure load at Yield (Zero Slope) (N)	Flexure stress at Yield (Zero Slope) (MPa)	Flexure load at Tensile Strength (N)
1	1.982	0.04672	1.747
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	1.982	0.04672	1.747

	Load at Tensile Strength (N)	Flexure stress at Tensile Strength (MPa)	Flexure strain at Tensile Strength (%)
1	-1.74693	0.041	13.751
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	-1.74693	0.041	13.751

	Flexure extension at Tensile Strength (mm)	Flexure load at Break (Standard) (N)	Flexure stress at Break (Standard) (MPa)
1	3.117	0.286	0.007
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	3.117	0.286	0.007

	Flexure strain at Break (Standard) (%)	Flexure extension at Break (Standard) (mm)	Time at Break (Standard) (sec)
1	55.929	12.679	150.740
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	55.929	12.679	150.740

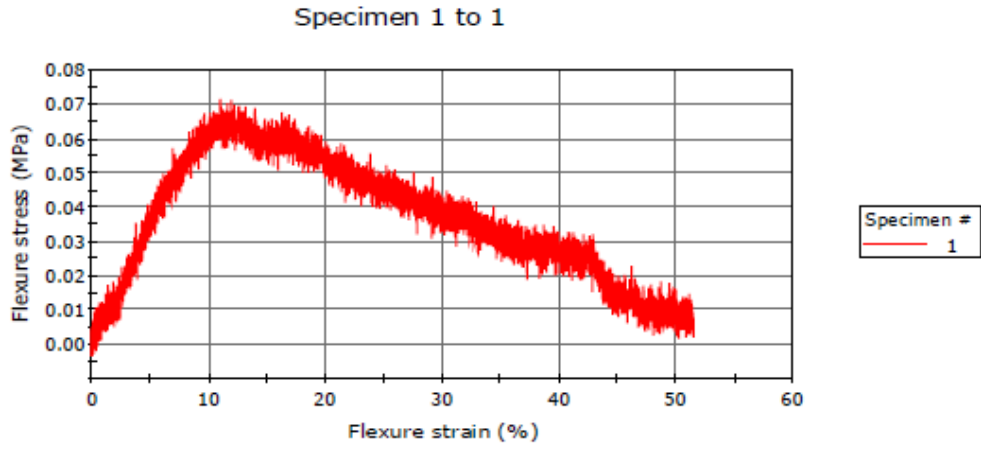
	Geometry	Support span (mm)	Thickness (mm)
1	Rectangular	50.000	18.380
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean		50.000	18.380

	Width (mm)	Load at Break (Standard) (N)	Extension at Break (Standard) (mm)
1	9.420	-0.28636	-12.67888
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	9.420	-0.28636	-12.67888

	Extension at Tensile Strength (mm)	Load at Yield (Zero Slope) (N)	Extension at Yield (Zero Slope) (mm)
1	-3.11719	-1.98237	-3.20069
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	-3.11719	-1.98237	-3.20069

	Flexure extension at Yield (Zero Slope) (mm)	Flexure strain at Yield (Zero Slope) (mm/mm)
1	3.20069	0.14119
Standard Deviation	-----	-----
Mean	3.20069	0.14119

EK-23. POS3 eğme testi Numune-3 test sonucu



	Flexure load at Yield (Zero Slope) (N)	Flexure stress at Yield (Zero Slope) (MPa)	Flexure load at Tensile Strength (N)
1	3.040	0.07163	2.634
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	3.040	0.07163	2.634

	Load at Tensile Strength (N)	Flexure stress at Tensile Strength (MPa)	Flexure strain at Tensile Strength (%)
1	-2.63396	0.062	11.727
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	-2.63396	0.062	11.727

	Flexure extension at Tensile Strength (mm)	Flexure load at Break (Standard) (N)	Flexure stress at Break (Standard) (MPa)
1	3.893	0.355	0.008
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	3.893	0.355	0.008

	Flexure strain at Break (Standard) (%)	Flexure extension at Break (Standard) (mm)	Time at Break (Standard) (sec)
1	51.420	17.072	204.860
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	51.420	17.072	204.860

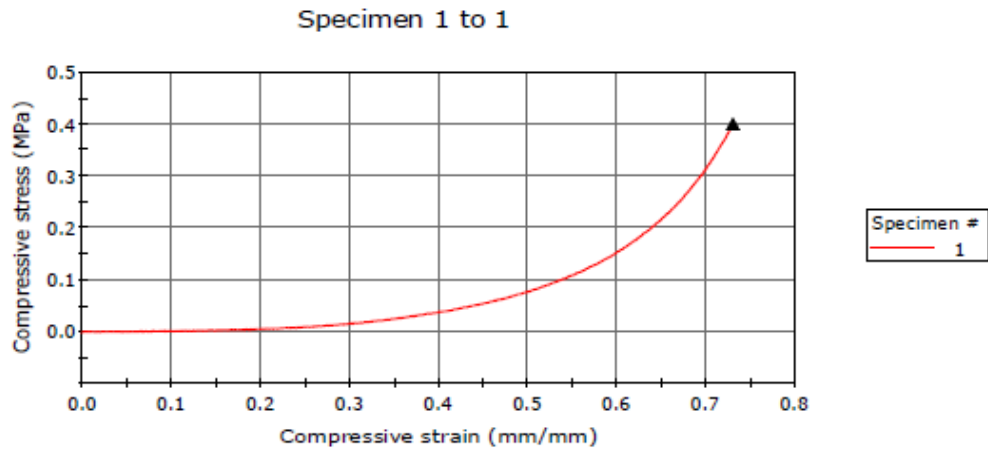
	Geometry	Support span (mm)	Thickness (mm)
1	Rectangular	50.000	12.550
Standard Deviation		-----	-----
Mean		50.000	12.550

	Width (mm)	Load at Break (Standard) (N)	Extension at Break (Standard) (mm)
1	20.210	-0.35515	-17.07162
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	20.210	-0.35515	-17.07162

	Extension at Tensile Strength (mm)	Load at Yield (Zero Slope) (N)	Extension at Yield (Zero Slope) (mm)
1	-3.89331	-3.03996	-3.65012
Standard Deviation	-----	-----	-----
Mean	-3.89331	-3.03996	-3.65012

	Flexure extension at Yield (Zero Slope) (mm)	Flexure strain at Yield (Zero Slope) (mm/mm)
1	3.65013	0.10994
Standard Deviation	-----	-----
Mean	3.65013	0.10994

EK-24. POS1 basma testi Numune-1 test sonucu



	Load at Maximum Compressive stress (N)	Maximum Compressive stress (MPa)	Maximum Compressive strain (%)
1	-100.00216	0.40093	73.00994

	Compressive extension at Maximum Compressive stress (mm)	Load at Break (Standard) (N)	Width (mm)
1	9.63731	-100.00216	20.96000

	Wall thickness (mm)	Thickness (mm)	Extension at Break (Standard) (mm)
1		11.90000	-9.63731

	Compressive stress at Break (Standard) (MPa)	Compressive strain at Break (Standard) (mm/mm)	Energy at Break (Standard) (J)
1	0.40093	0.73010	0.17667

	Load at Maximum Compressive strain (N)	Energy at Maximum Compressive strain (J)	Extension at Maximum Compressive strain (mm)
1	-100.00216	0.17667	-9.63731

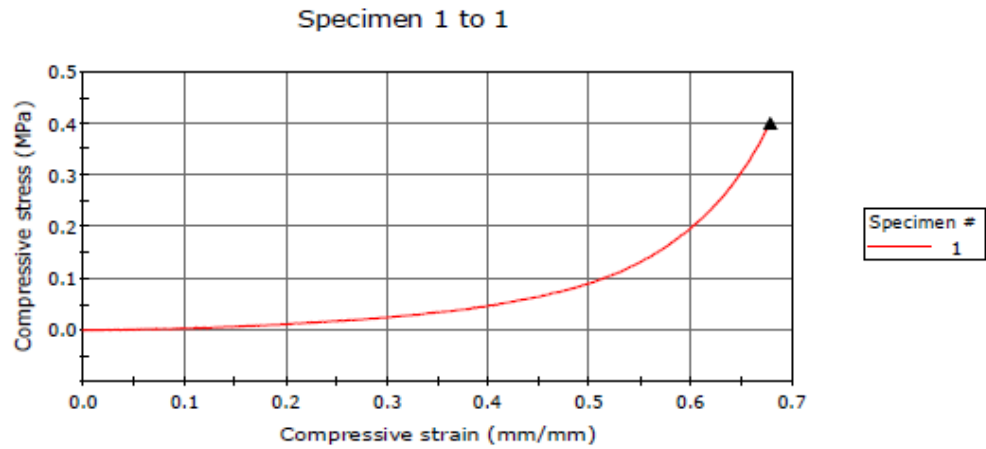
	Displacement (Strain 1) at Maximum Compressive strain (mm)	Extension at Maximum Compressive stress (mm)	Displacement (Strain 1) at Maximum Compressive stress (mm)
1	0.14537	-9.63731	0.14537

	Energy at Maximum Compressive stress (J)	Compressive load at Maximum Compressive stress (N)	Compressive strain at Maximum Compressive stress (mm/mm)
1	0.17667	100.00216	0.73010

	Anvil height (mm)	Area (mm ²)	Geometry
1	13.20000	249.42400	Rectangular

	Diameter (cm)
1	

EK-25. POS1 basma testi Numune-2 test sonucu



	Load at Maximum Compressive stress (N)	Maximum Compressive stress (MPa)	Maximum Compressive strain (%)
1	-100.02556	0.40103	67.75652

	Compressive extension at Maximum Compressive stress (mm)	Load at Break (Standard) (N)	Width (mm)
1	8.69994	-100.02556	20.96000

	Wall thickness (mm)	Thickness (mm)	Extension at Break (Standard) (mm)
1		11.90000	-8.69994

	Compressive stress at Break (Standard) (MPa)	Compressive strain at Break (Standard) (mm/mm)	Energy at Break (Standard) (J)
1	0.40103	0.67757	0.15668

	Load at Maximum Compressive strain (N)	Energy at Maximum Compressive strain (J)	Extension at Maximum Compressive strain (mm)
1	-100.02556	0.15668	-8.69994

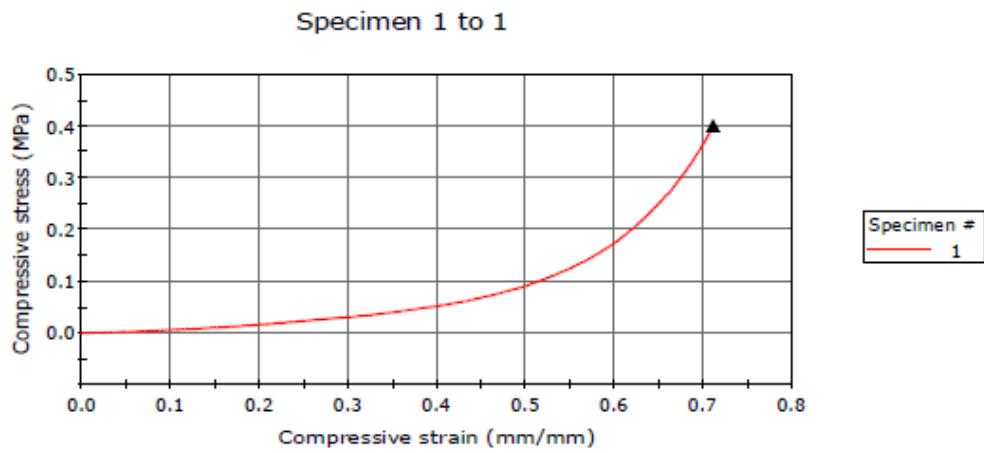
	Displacement (Strain 1) at Maximum Compressive strain (mm)	Extension at Maximum Compressive stress (mm)	Displacement (Strain 1) at Maximum Compressive stress (mm)
1	0.14506	-8.69994	0.14506

	Energy at Maximum Compressive stress (J)	Compressive load at Maximum Compressive stress (N)	Compressive strain at Maximum Compressive stress (mm/mm)
1	0.15668	100.02556	0.67757

	Anvil height (mm)	Area (mm ²)	Geometry
1	12.84000	249.42400	Rectangular

	Diameter (cm)
1	

EK-26. POS1 basma testi Numune-3 test sonucu



	Load at Maximum Compressive stress (N)	Maximum Compressive stress (MPa)	Maximum Compressive strain (%)
1	-100.00154	0.40093	71.08843

	Compressive extension at Maximum Compressive stress (mm)	Load at Break (Standard) (N)	Width (mm)
1	9.40500	-100.00154	20.96000

	Wall thickness (mm)	Thickness (mm)	Extension at Break (Standard) (mm)
1		11.90000	-9.40500

	Compressive stress at Break (Standard) (MPa)	Compressive strain at Break (Standard) (mm/mm)	Energy at Break (Standard) (J)
1	0.40093	0.71088	0.19020

	Load at Maximum Compressive strain (N)	Energy at Maximum Compressive strain (J)	Extension at Maximum Compressive strain (mm)
1	-100.00154	0.19020	-9.40500

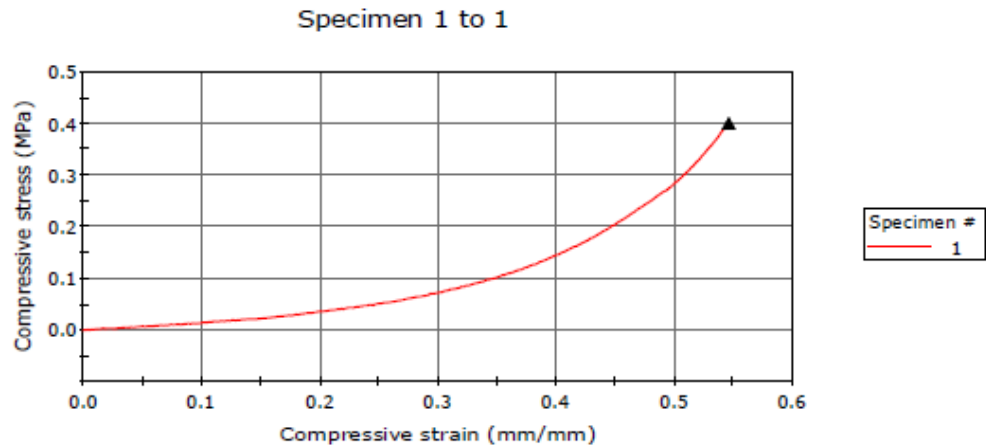
	Displacement (Strain 1) at Maximum Compressive strain (mm)	Extension at Maximum Compressive stress (mm)	Displacement (Strain 1) at Maximum Compressive stress (mm)
1	0.14528	-9.40500	0.14528

	Energy at Maximum Compressive stress (J)	Compressive load at Maximum Compressive stress (N)	Compressive strain at Maximum Compressive stress (mm/mm)
1	0.19020	100.00154	0.71088

	Anvil height (mm)	Area (mm ²)	Geometry
1	13.23000	249.42400	Rectangular

	Diameter (cm)
1	

EK-27. POS1 basma testi Numune-4 test sonucu



	Load at Maximum Compressive stress (N)	Maximum Compressive stress (MPa)	Maximum Compressive strain (%)
1	-100.00492	0.40094	54.57250

	Compressive extension at Maximum Compressive stress (mm)	Load at Break (Standard) (N)	Width (mm)
1	6.82156	-100.00492	20.96000

	Wall thickness (mm)	Thickness (mm)	Extension at Break (Standard) (mm)
1		11.90000	-6.82156

	Compressive stress at Break (Standard) (MPa)	Compressive strain at Break (Standard) (mm/mm)	Energy at Break (Standard) (J)
1	0.40094	0.54572	0.17247

	Load at Maximum Compressive strain (N)	Energy at Maximum Compressive strain (J)	Extension at Maximum Compressive strain (mm)
1	-100.00492	0.17247	-6.82156

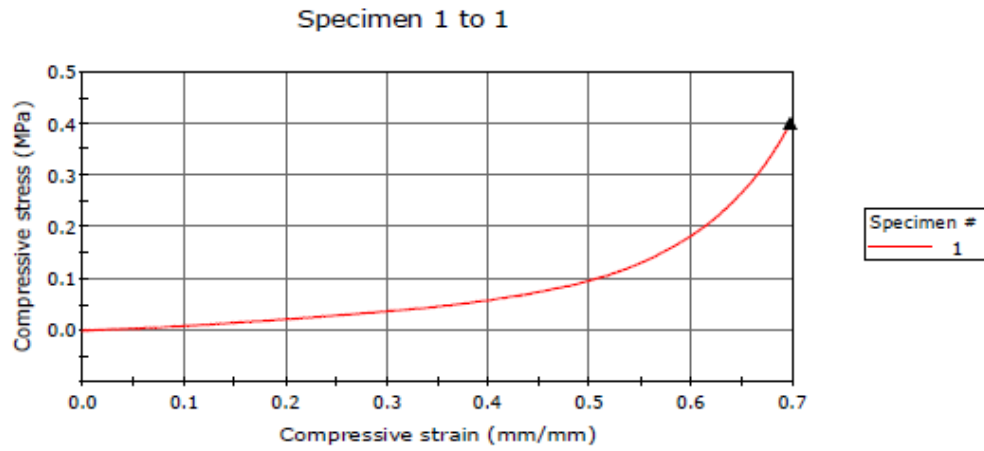
	Displacement (Strain 1) at Maximum Compressive strain (mm)	Extension at Maximum Compressive stress (mm)	Displacement (Strain 1) at Maximum Compressive stress (mm)
1	0.14555	-6.82156	0.14555

	Energy at Maximum Compressive stress (J)	Compressive load at Maximum Compressive stress (N)	Compressive strain at Maximum Compressive stress (mm/mm)
1	0.17247	100.00492	0.54572

	Anvil height (mm)	Area (mm ²)	Geometry
1	12.50000	249.42400	Rectangular

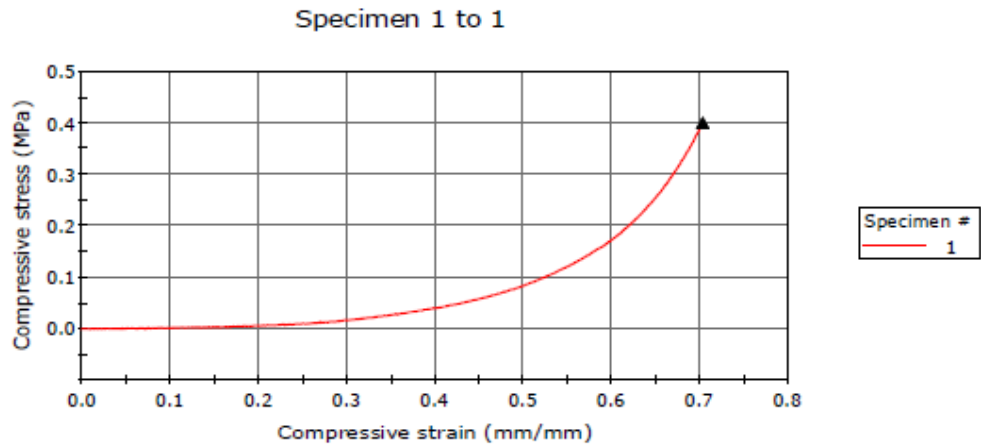
	Diameter (cm)
1	

EK-28. POS1 basma testi Numune-5 test sonucu



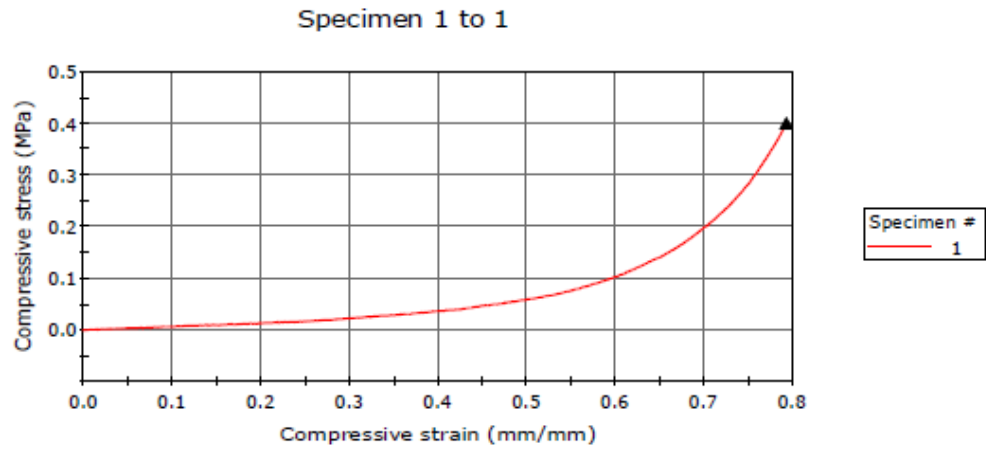
	Load at Maximum Compressive stress (N)	Maximum Compressive stress (MPa)	Maximum Compressive strain (%)
1	-100.00160	0.40093	69.66690
	Compressive extension at Maximum Compressive stress (mm)	Load at Break (Standard) (N)	Width (mm)
1	10.14350	-100.00160	20.96000
	Wall thickness (mm)	Thickness (mm)	Extension at Break (Standard) (mm)
1		11.90000	-10.14350
	Compressive stress at Break (Standard) (MPa)	Compressive strain at Break (Standard) (mm/mm)	Energy at Break (Standard) (J)
1	0.40093	0.69667	0.20752
	Load at Maximum Compressive strain (N)	Energy at Maximum Compressive strain (J)	Extension at Maximum Compressive strain (mm)
1	-100.00160	0.20752	-10.14350
	Displacement (Strain 1) at Maximum Compressive strain (mm)	Extension at Maximum Compressive stress (mm)	Displacement (Strain 1) at Maximum Compressive stress (mm)
1	0.14515	-10.14350	0.14515
	Energy at Maximum Compressive stress (J)	Compressive load at Maximum Compressive stress (N)	Compressive strain at Maximum Compressive stress (mm/mm)
1	0.20752	100.00160	0.69667
	Anvil height (mm)	Area (mm ²)	Geometry
1	14.56000	249.42400	Rectangular
	Diameter (cm)		
1			

EK-29. POS1 basma testi Numune-6 test sonucu



	Load at Maximum Compressive stress (N)	Maximum Compressive stress (MPa)	Maximum Compressive strain (%)
1	-100.00400	0.40094	70.30496
	Compressive extension at Maximum Compressive stress (mm)	Load at Break (Standard) (N)	Width (mm)
1	9.61069	-100.00400	20.96000
	Wall thickness (mm)	Thickness (mm)	Extension at Break (Standard) (mm)
1		11.90000	-9.61069
	Compressive stress at Break (Standard) (MPa)	Compressive strain at Break (Standard) (mm/mm)	Energy at Break (Standard) (J)
1	0.40094	0.70305	0.17162
	Load at Maximum Compressive strain (N)	Energy at Maximum Compressive strain (J)	Extension at Maximum Compressive strain (mm)
1	-100.00400	0.17162	-9.61069
	Displacement (Strain 1) at Maximum Compressive strain (mm)	Extension at Maximum Compressive stress (mm)	Displacement (Strain 1) at Maximum Compressive stress (mm)
1	0.14526	-9.61069	0.14526
	Energy at Maximum Compressive stress (J)	Compressive load at Maximum Compressive stress (N)	Compressive strain at Maximum Compressive stress (mm/mm)
1	0.17162	100.00400	0.70305
	Anvil height (mm)	Area (mm ²)	Geometry
1	13.67000	249.42400	Rectangular
	Diameter (cm)		
1			

EK-30. POS2 basma testi Numune-1 test sonucu



	Load at Maximum Compressive stress (N)	Maximum Compressive stress (MPa)	Maximum Compressive strain (%)
1	-100.01657	0.40099	79.25256

	Compressive extension at Maximum Compressive stress (mm)	Load at Break (Standard) (N)	Width (mm)
1	11.24594	-100.01657	20.96000

	Wall thickness (mm)	Thickness (mm)	Extension at Break (Standard) (mm)
1		11.90000	-11.24594

	Compressive stress at Break (Standard) (MPa)	Compressive strain at Break (Standard) (mm/mm)	Energy at Break (Standard) (J)
1	0.40099	0.79253	0.21092

	Load at Maximum Compressive strain (N)	Energy at Maximum Compressive strain (J)	Extension at Maximum Compressive strain (mm)
1	-100.01657	0.21092	-11.24594

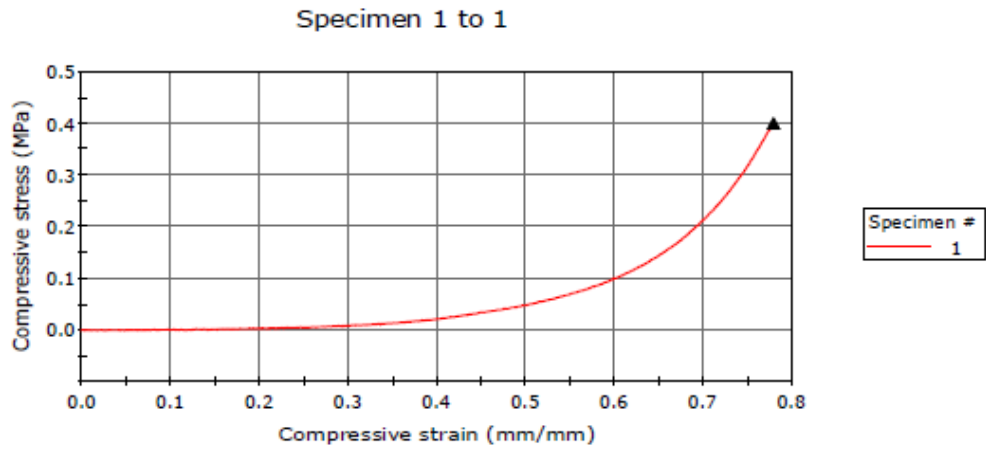
	Displacement (Strain 1) at Maximum Compressive strain (mm)	Extension at Maximum Compressive stress (mm)	Displacement (Strain 1) at Maximum Compressive stress (mm)
1	0.14539	-11.24594	0.14539

	Energy at Maximum Compressive stress (J)	Compressive load at Maximum Compressive stress (N)	Compressive strain at Maximum Compressive stress (mm/mm)
1	0.21092	100.01657	0.79253

	Anvil height (mm)	Area (mm ²)	Geometry
1	14.19000	249.42400	Rectangular

	Diameter (cm)
1	

EK-31. POS2 basma testi Numune-2 test sonucu



	Load at Maximum Compressive stress (N)	Maximum Compressive stress (MPa)	Maximum Compressive strain (%)
1	-100.02101	0.40101	77.87102

	Compressive extension at Maximum Compressive stress (mm)	Load at Break (Standard) (N)	Width (mm)
1	9.52363	-100.02101	20.96000

	Wall thickness (mm)	Thickness (mm)	Extension at Break (Standard) (mm)
1		11.90000	-9.52363

	Compressive stress at Break (Standard) (MPa)	Compressive strain at Break (Standard) (mm/mm)	Energy at Break (Standard) (J)
1	0.40101	0.77871	0.15636

	Load at Maximum Compressive strain (N)	Energy at Maximum Compressive strain (J)	Extension at Maximum Compressive strain (mm)
1	-100.02101	0.15636	-9.52363

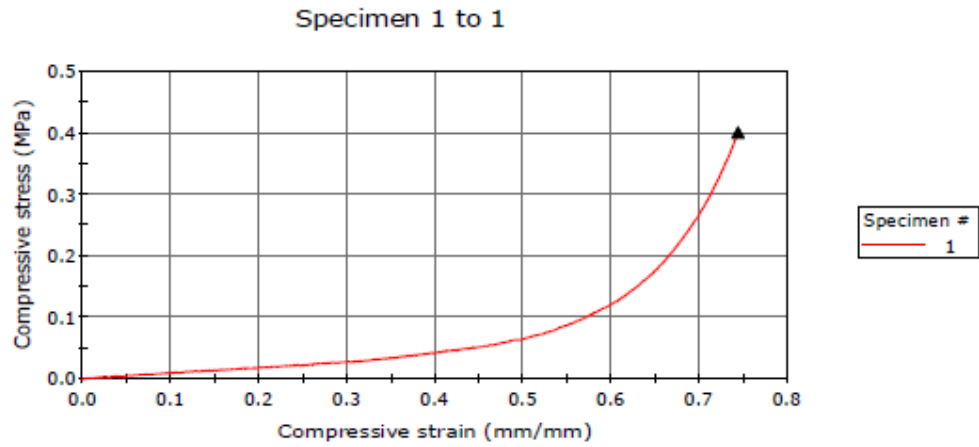
	Displacement (Strain 1) at Maximum Compressive strain (mm)	Extension at Maximum Compressive stress (mm)	Displacement (Strain 1) at Maximum Compressive stress (mm)
1	0.14458	-9.52363	0.14458

	Energy at Maximum Compressive stress (J)	Compressive load at Maximum Compressive stress (N)	Compressive strain at Maximum Compressive stress (mm/mm)
1	0.15636	100.02100	0.77871

	Anvil height (mm)	Area (mm ²)	Geometry
1	12.23000	249.42400	Rectangular

	Diameter (cm)
1	

EK-32. POS2 basma testi Numune-3 test sonucu



	Load at Maximum Compressive stress (N)	Maximum Compressive stress (MPa)	Maximum Compressive strain (%)
1	-100.00966	0.40096	74.37456

	Compressive extension at Maximum Compressive stress (mm)	Load at Break (Standard) (N)	Width (mm)
1	10.57606	-100.00966	20.96000

	Wall thickness (mm)	Thickness (mm)	Extension at Break (Standard) (mm)
1		11.90000	-10.57606

	Compressive stress at Break (Standard) (MPa)	Compressive strain at Break (Standard) (mm/mm)	Energy at Break (Standard) (J)
1	0.40096	0.74375	0.19511

	Load at Maximum Compressive strain (N)	Energy at Maximum Compressive strain (J)	Extension at Maximum Compressive strain (mm)
1	-100.00966	0.19511	-10.57606

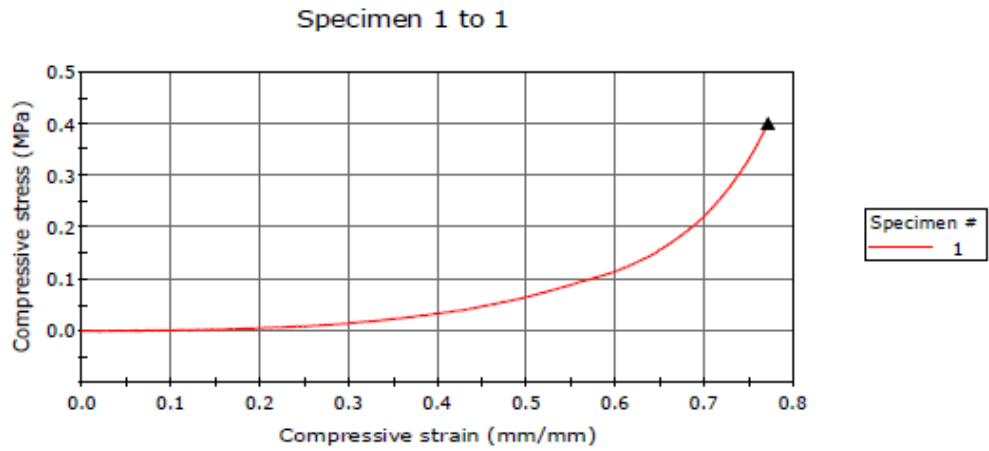
	Displacement (Strain 1) at Maximum Compressive strain (mm)	Extension at Maximum Compressive stress (mm)	Displacement (Strain 1) at Maximum Compressive stress (mm)
1	0.14512	-10.57606	0.14512

	Energy at Maximum Compressive stress (J)	Compressive load at Maximum Compressive stress (N)	Compressive strain at Maximum Compressive stress (mm/mm)
1	0.19511	100.00966	0.74375

	Anvil height (mm)	Area (mm ²)	Geometry
1	14.22000	249.42400	Rectangular

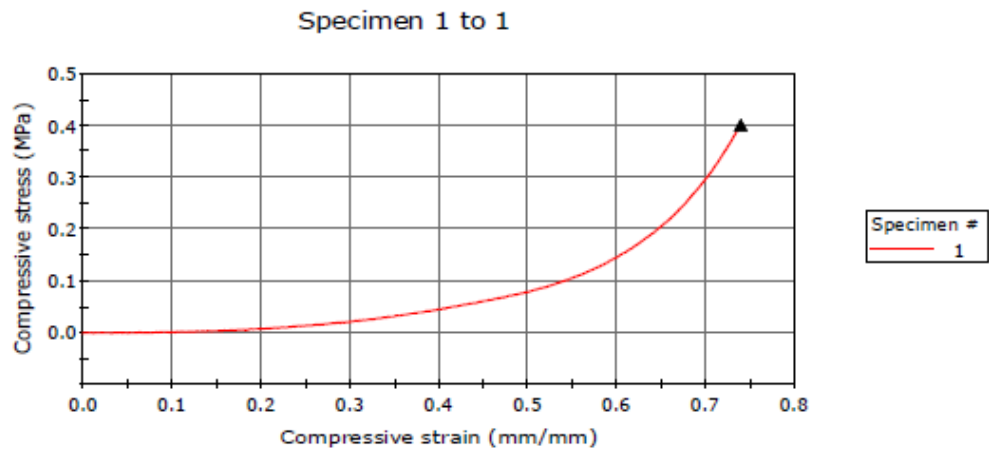
	Diameter (cm)
1	

EK-33. POS2 basma testi Numune-4 test sonucu



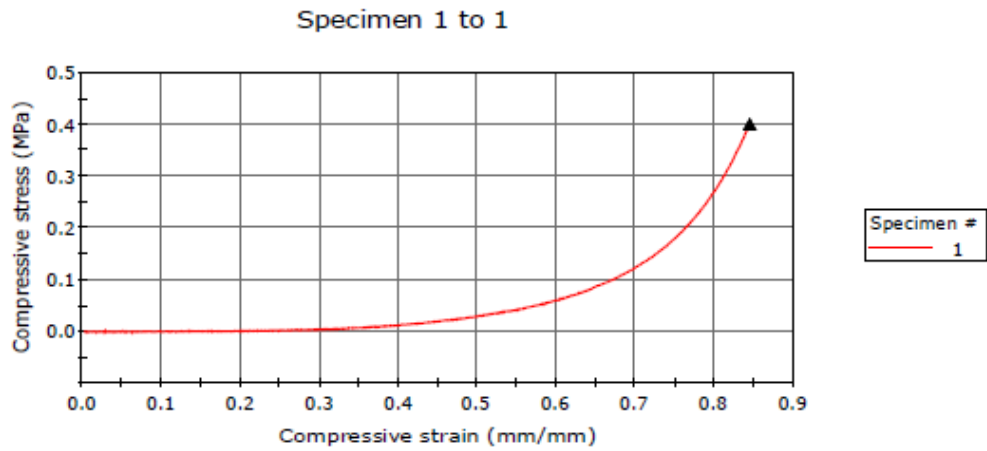
	Load at Maximum Compressive stress (N)	Maximum Compressive stress (MPa)	Maximum Compressive strain (%)
1	-100.02370	0.40102	77.08681
	Compressive extension at Maximum Compressive stress (mm)	Load at Break (Standard) (N)	Width (mm)
1	9.23500	-100.02370	20.96000
	Wall thickness (mm)	Thickness (mm)	Extension at Break (Standard) (mm)
1		11.90000	-9.23500
	Compressive stress at Break (Standard) (MPa)	Compressive strain at Break (Standard) (mm/mm)	Energy at Break (Standard) (J)
1	0.40102	0.77087	0.16481
	Load at Maximum Compressive strain (N)	Energy at Maximum Compressive strain (J)	Extension at Maximum Compressive strain (mm)
1	-100.02370	0.16481	-9.23500
	Displacement (Strain 1) at Maximum Compressive strain (mm)	Extension at Maximum Compressive stress (mm)	Displacement (Strain 1) at Maximum Compressive stress (mm)
1	0.14516	-9.23500	0.14516
	Energy at Maximum Compressive stress (J)	Compressive load at Maximum Compressive stress (N)	Compressive strain at Maximum Compressive stress (mm/mm)
1	0.16481	100.02370	0.77087
	Anvil height (mm)	Area (mm ²)	Geometry
1	11.98000	249.42400	Rectangular
	Diameter (cm)		
1			

EK-34. POS2 basma testi Numune-5 test sonucu



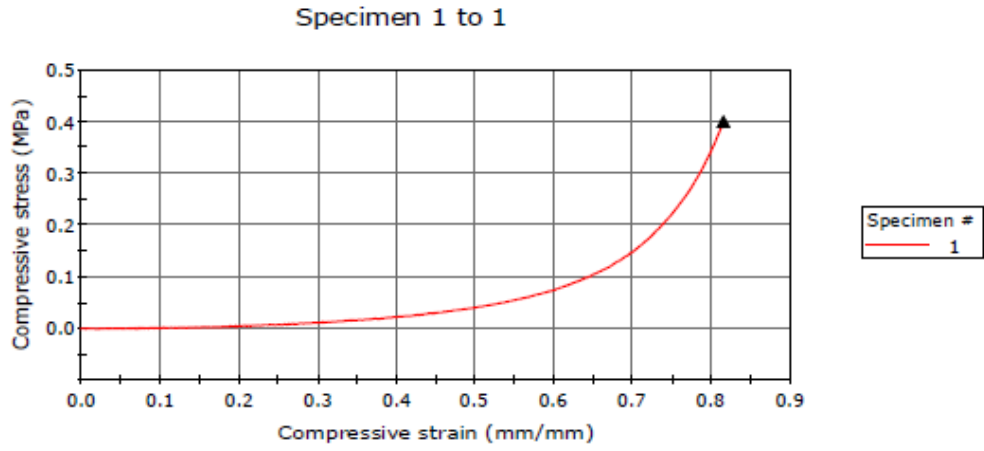
	Load at Maximum Compressive stress (N)	Maximum Compressive stress (MPa)	Maximum Compressive strain (%)
1	-100.05218	0.40113	73.91399
	Compressive extension at Maximum Compressive stress (mm)	Load at Break (Standard) (N)	Width (mm)
1	8.50750	-100.05218	20.96000
	Wall thickness (mm)	Thickness (mm)	Extension at Break (Standard) (mm)
1		11.90000	-8.50750
	Compressive stress at Break (Standard) (MPa)	Compressive strain at Break (Standard) (mm/mm)	Energy at Break (Standard) (J)
1	0.40113	0.73914	0.16366
	Load at Maximum Compressive strain (N)	Energy at Maximum Compressive strain (J)	Extension at Maximum Compressive strain (mm)
1	-100.05218	0.16366	-8.50750
	Displacement (Strain 1) at Maximum Compressive strain (mm)	Extension at Maximum Compressive stress (mm)	Displacement (Strain 1) at Maximum Compressive stress (mm)
1	0.14510	-8.50750	0.14510
	Energy at Maximum Compressive stress (J)	Compressive load at Maximum Compressive stress (N)	Compressive strain at Maximum Compressive stress (mm/mm)
1	0.16366	100.05219	0.73914
	Anvil height (mm)	Area (mm ²)	Geometry
1	11.51000	249.42400	Rectangular
	Diameter (cm)		
1			

EK-35. POS3 basma testi Numune-1 test sonucu



	Load at Maximum Compressive stress (N)	Maximum Compressive stress (MPa)	Maximum Compressive strain (%)
1	-100.02641	0.40103	84.45116
	Compressive extension at Maximum Compressive stress (mm)	Load at Break (Standard) (N)	Width (mm)
1	10.04969	-100.02641	20.96000
	Wall thickness (mm)	Thickness (mm)	Extension at Break (Standard) (mm)
1		11.90000	-10.04969
	Compressive stress at Break (Standard) (MPa)	Compressive strain at Break (Standard) (mm/mm)	Energy at Break (Standard) (J)
1	0.40103	0.84451	0.14722
	Load at Maximum Compressive strain (N)	Energy at Maximum Compressive strain (J)	Extension at Maximum Compressive strain (mm)
1	-100.02641	0.14722	-10.04969
	Displacement (Strain 1) at Maximum Compressive strain (mm)	Extension at Maximum Compressive stress (mm)	Displacement (Strain 1) at Maximum Compressive stress (mm)
1	0.14571	-10.04969	0.14571
	Energy at Maximum Compressive stress (J)	Compressive load at Maximum Compressive stress (N)	Compressive strain at Maximum Compressive stress (mm/mm)
1	0.14722	100.02641	0.84451
	Anvil height (mm)	Area (mm ²)	Geometry
1	11.90000	249.42400	Rectangular
	Diameter (cm)		
1			

EK-36. POS3 basma testi Numune-2 test sonucu



	Load at Maximum Compressive stress (N)	Maximum Compressive stress (MPa)	Maximum Compressive strain (%)
1	-100.01133	0.40097	81.46334

	Compressive extension at Maximum Compressive stress (mm)	Load at Break (Standard) (N)	Width (mm)
1	10.19106	-100.01133	20.96000

	Wall thickness (mm)	Thickness (mm)	Extension at Break (Standard) (mm)
1		11.90000	-10.19106

	Compressive stress at Break (Standard) (MPa)	Compressive strain at Break (Standard) (mm/mm)	Energy at Break (Standard) (J)
1	0.40097	0.81463	0.15920

	Load at Maximum Compressive strain (N)	Energy at Maximum Compressive strain (J)	Extension at Maximum Compressive strain (mm)
1	-100.01133	0.15920	-10.19106

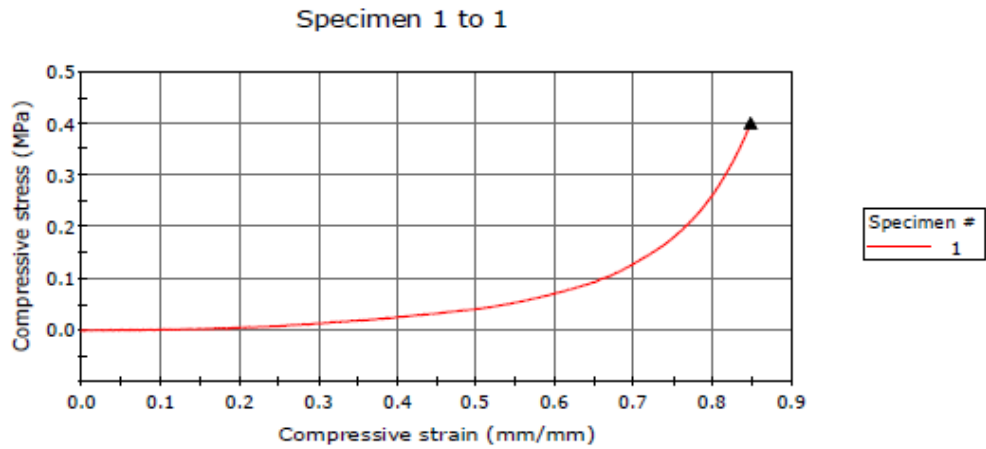
	Displacement (Strain 1) at Maximum Compressive strain (mm)	Extension at Maximum Compressive stress (mm)	Displacement (Strain 1) at Maximum Compressive stress (mm)
1	0.14520	-10.19106	0.14520

	Energy at Maximum Compressive stress (J)	Compressive load at Maximum Compressive stress (N)	Compressive strain at Maximum Compressive stress (mm/mm)
1	0.15920	100.01133	0.81463

	Anvil height (mm)	Area (mm ²)	Geometry
1	12.51000	249.42400	Rectangular

	Diameter (cm)
1	

EK-37. POS3 basma testi Numune-3 test sonucu



	Load at Maximum Compressive stress (N)	Maximum Compressive stress (MPa)	Maximum Compressive strain (%)
1	-100.03896	0.40108	84.71788

	Compressive extension at Maximum Compressive stress (mm)	Load at Break (Standard) (N)	Width (mm)
1	10.28475	-100.03896	20.96000

	Wall thickness (mm)	Thickness (mm)	Extension at Break (Standard) (mm)
1		11.90000	-10.28475

	Compressive stress at Break (Standard) (MPa)	Compressive strain at Break (Standard) (mm/mm)	Energy at Break (Standard) (J)
1	0.40108	0.84718	0.16870

	Load at Maximum Compressive strain (N)	Energy at Maximum Compressive strain (J)	Extension at Maximum Compressive strain (mm)
1	-100.03896	0.16870	-10.28475

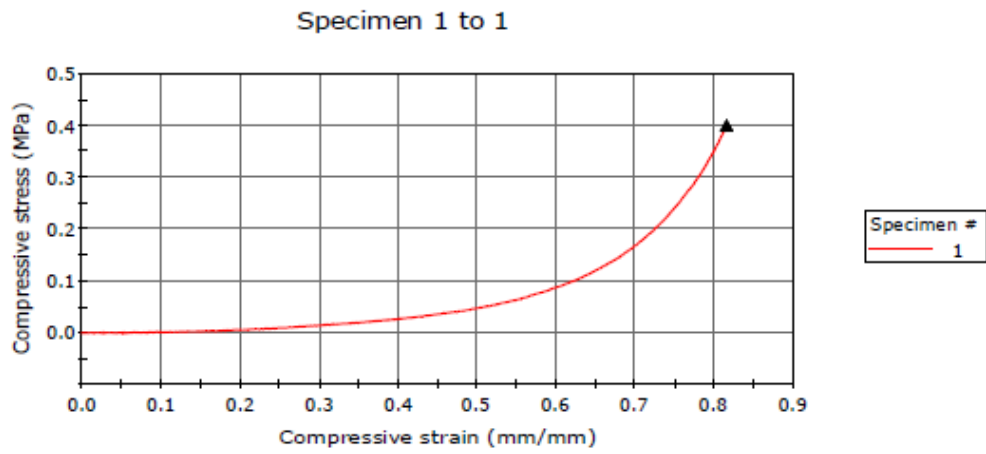
	Displacement (Strain 1) at Maximum Compressive strain (mm)	Extension at Maximum Compressive stress (mm)	Displacement (Strain 1) at Maximum Compressive stress (mm)
1	0.14512	-10.28475	0.14512

	Energy at Maximum Compressive stress (J)	Compressive load at Maximum Compressive stress (N)	Compressive strain at Maximum Compressive stress (mm/mm)
1	0.16870	100.03896	0.84718

	Anvil height (mm)	Area (mm ²)	Geometry
1	12.14000	249.42400	Rectangular

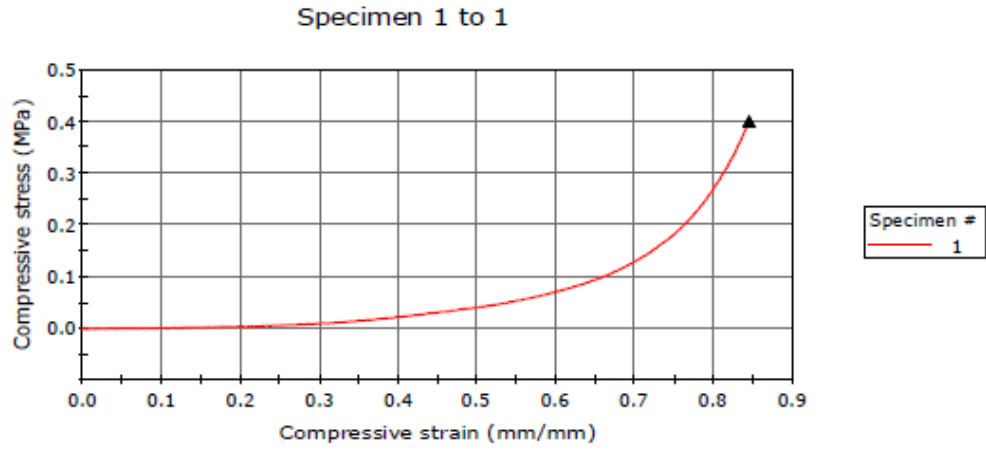
	Diameter (cm)
1	

EK-38. POS3 basma testi Numune-4 test sonucu



	Load at Maximum Compressive stress (N)	Maximum Compressive stress (MPa)	Maximum Compressive strain (%)
1	-100.02392	0.40102	81.52820
	Compressive extension at Maximum Compressive stress (mm)	Load at Break (Standard) (N)	Width (mm)
1	10.62313	-100.02392	20.96000
	Wall thickness (mm)	Thickness (mm)	Extension at Break (Standard) (mm)
1		11.90000	-10.62313
	Compressive stress at Break (Standard) (MPa)	Compressive strain at Break (Standard) (mm/mm)	Energy at Break (Standard) (J)
1	0.40102	0.81528	0.18397
	Load at Maximum Compressive strain (N)	Energy at Maximum Compressive strain (J)	Extension at Maximum Compressive strain (mm)
1	-100.02392	0.18397	-10.62313
	Displacement (Strain 1) at Maximum Compressive strain (mm)	Extension at Maximum Compressive stress (mm)	Displacement (Strain 1) at Maximum Compressive stress (mm)
1	0.14328	-10.62313	0.14328
	Energy at Maximum Compressive stress (J)	Compressive load at Maximum Compressive stress (N)	Compressive strain at Maximum Compressive stress (mm/mm)
1	0.18397	100.02392	0.81528
	Anvil height (mm)	Area (mm ²)	Geometry
1	13.03000	249.42400	Rectangular
	Diameter (cm)		
1			

EK-39. POS3 basma testi Numune-5 test sonucu



	Load at Maximum Compressive stress (N)	Maximum Compressive stress (MPa)	Maximum Compressive strain (%)
1	-100.00921	0.40096	84.41667

	Compressive extension at Maximum Compressive stress (mm)	Load at Break (Standard) (N)	Width (mm)
1	10.38325	-100.00921	20.96000

	Wall thickness (mm)	Thickness (mm)	Extension at Break (Standard) (mm)
1		11.90000	-10.38325

	Compressive stress at Break (Standard) (MPa)	Compressive strain at Break (Standard) (mm/mm)	Energy at Break (Standard) (J)
1	0.40096	0.84417	0.16671

	Load at Maximum Compressive strain (N)	Energy at Maximum Compressive strain (J)	Extension at Maximum Compressive strain (mm)
1	-100.00921	0.16671	-10.38325

	Displacement (Strain 1) at Maximum Compressive strain (mm)	Extension at Maximum Compressive stress (mm)	Displacement (Strain 1) at Maximum Compressive stress (mm)
1	0.14525	-10.38325	0.14525

	Energy at Maximum Compressive stress (J)	Compressive load at Maximum Compressive stress (N)	Compressive strain at Maximum Compressive stress (mm/mm)
1	0.16671	100.00922	0.84417

	Anvil height (mm)	Area (mm ²)	Geometry
1	12.30000	249.42400	Rectangular

	Diameter (cm)
1	



GAZİ GELECEKTİR..