

**TEKSTİL ATIKLARINDAN ELDE EDİLEN PLAKALARIN  
MEKANİK, TERMAL VE AKUSTİK DAVRANIŞLARININ  
İNCELENMESİ**

**MÜRUVET MIHÇI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN  
DR. ÖĞR. ÜYESİ MURAT SOLAK**

**DÜZCE, 2023**

**T.C.**  
**DÜZCE ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**TEKSTİL ATIKLARINDAN ELDE EDİLEN PLAKALARIN**  
**MEKANİK, TERMAL VE AKUSTİK DAVRANIŞLARININ**  
**İNCELENMESİ**

Mürvet MIHÇI tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Tez Danışmanı**

Dr. Öğr. Üyesi Murat SOLAK  
Düzce Üniversitesi

**Eş Danışman**

Dr. Öğr. Üyesi Mert KILINÇEL  
Düzce Üniversitesi

**Jüri Üyeleri**

Dr. Öğr. Üyesi Murat SOLAK  
Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. Arif ÖZKAN  
Kocaeli Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Serkan APAY  
Düzce Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 23/06/2023

## BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

23 Haziran 2023

(İmza)

Mürvet MIHÇI

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımından dolayı çok değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Murat SOLAK'a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca değerli katkılarını esirgemeyen eş danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Mert KILINÇEL'e şükranlarımı sunarım.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili aileme ve çalışma arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması, Düzce Üniversitesi BAP-2022.06.02.1346 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir. Destekleri için DÜBAP Koordinatörlüğüne teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamda akustik ölçüm testlerimde desteklerini esirgemeyen Standard Profil Otomotiv Sanayi ve Ticaret A.Ő. Düzce firmasına ve Ar-Ge ekibine teşekkürlerimi sunarım.

**23 Haziran 2023**

**Mürvet MIHÇI**

# İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	viii
KISALTMALAR.....	ix
ÖZET.....	x
ABSTRACT.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. ATIK YÖNETİMİ.....	4
2.1. ATIK ÇEŞİTLERİ.....	6
2.2. TEHLİKELİ ATIKLAR.....	9
2.3. TEHLİKESİZ ATIKLAR.....	9
3. TEKSTİL ATIKLARI.....	11
4. KOMPOZİT MALZEMELER.....	14
4.1. KOMPOZİT MALZEME.....	14
4.2. KOMPOZİTLERİN ÖZELLİKLERİ.....	15
4.3. KOMPOZİT MALZEMELERİN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI.....	16
4.3.1. Kompozit Ürünlerin Avantajları.....	16
4.3.2. Kompozit Malzemelerin Dezavantajları.....	17
4.4. KOMPOZİT MALZEMELERİN KULLANIM ALANLARI.....	18
4.5. KOMPOZİT MALZEMELERİN SINIFLANDIRILMASI.....	18
4.5.1. Matris Malzemeli Kompozitler.....	19
4.5.1.1. Termoset Matrisli Kompozitler.....	19
4.5.1.2. Polimer Matrisli Kompozitler.....	21
4.5.1.3. Plastik Matrisli Kompozitler.....	22
4.5.1.4. Plastik-Cam Elyaf Esaslı Kompozitler.....	22
4.5.1.5. Metal Matrisli Kompozitler.....	22
4.5.1.6. Seramik Matrisli Kompozitler.....	23
4.5.1.7. Fiber Takviyeli Kompozitler.....	23
5. TEKSTİL ATIKLARI İLE KOMPOZİT ÜRETİMİ VE KULLANIM ALANLARI.....	24
6. TEKSTİL ATIKLARINDAN ÜRETİLEN KOMPOZİT MALZEMELERİN PERFORMANSLARININ VE ÇEVRESEL ETKİLERİNİN İNCELENMESİ.....	25
7. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	28
7.1. DENEYSEL ÇALIŞMALARDA KULLANILAN MALZEMELER.....	28
7.2. KOMPOZİT PLAKANIN ELDE EDİLİŞİ.....	30
7.3. ÖLÇÜM TESTLERİ.....	33
7.3.1. Çekme Testi.....	33

7.3.2. Akustik ölçümler .....	35
7.4. KOMPOZİT PLAKALARIN TERMAL İLETKENLİK ÖLÇÜMLERİ.....	38
<b>8. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>39</b>
8.1. KOMPOZİT PLAKALARIN ÇEKME MUKAVEMETİ.....	39
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -TiO <sub>2</sub> (%97-3).....	40
8.2. FARKLI TAKVİYE MALZEMELERİ VE FARKLI REÇİNELER KULLANILARAK ÜRETİLEN PLAKALARIN AKUSTİK ÖZELLİKLERİN BELİRLENMESİ .....	52
8.2.1. Farklı Oranlarda Atık Tül Perde ve Polyester, Vinil Ester ve Epoksi Reçine Kullanılarak Elde Edilen Plakaların Akustik Özellikleri.....	53
8.2.2. 2 Aynı Oranlarda Atık Tül Perde ve Polyester, Vinil Ester ve Epoksi Reçine Kullanılarak Elde Edilen Plakaların Akustik Özellikleri.....	55
8.2.3. Farklı Oranlarda Cam Elyaf ve Polyester, Vinil Ester ve Epoksi Reçine Kullanılarak Elde Edilen Plakaların Akustik Özellikleri .....	57
8.2.4. Farklı Oranlarda Cam Elyaf ve Polyester, Vinil Ester ve Epoksi Reçine Kullanılarak Elde Edilen Plakaların Akustik Özellikleri .....	59
8.3. OPTİMİZASYON ÇALIŞMALARI.....	61
8.4. KOMPOZİT PLAKALARIN TERMAL İLETKENLİK ÖLÇÜMLERİ.....	63
8.5. SONUÇ .....	65
<b>10. KAYNAKLAR.....</b>	<b>69</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>77</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa No

Şekil 2.1. Atıkların yönetimi ve izlenebilirliği. ....	4
Şekil 2.2. Atık türleri. ....	6
Şekil 2.3. 3R kuralı. ....	7
Şekil 2.4. Atık yönetim hiyerarşisi. ....	7
Şekil 2.5. Tehlikesiz atık ve geri dönüşüm. ....	10
Şekil 2.6. Tehlikeli ve tehlikesiz atıklardan oluşan sızıntı suları. ....	10
Şekil 3.1. Türkiye’de tekstil sektörü. ....	12
Şekil 4.1. Kompozit malzemelerin üretilmesi. ....	14
Şekil 4.2. Sürekli ve fiber takviyeli kompozitler. ....	14
Şekil 4.3. Kompozit malzemeler. ....	19
Şekil 4.4. Fiber takviyeli kompozitler. ....	23
Şekil 7.1. Takviye malzemeleri. ....	28
Şekil 7.2. Polyester reçine uygulamasındaki malzemeler. ....	29
Şekil 7.3. Kalıp boyutları ve görüntüleri. ....	30
Şekil 7.4. Takviye malzemelerinin kalıba uygun hazırlanması. ....	31
Şekil 7.5. Polyester reçine hazırlama. ....	31
Şekil 7.6. Malzemelerin üzerine reçine ilavesi. ....	32
Şekil 7.7. Presle kalıplama. ....	33
Şekil 7.8. Epoksi reçine ortamda kürlenmesi. ....	33
Şekil 7.9. Kompozit plakadan ölçüm numunelerinin elde edilmesi. ....	34
Şekil 7.10. Çekme testleri için boyutlar ve üretilen örnekler. ....	34
Şekil 7.11. Çekme deneyinde kullanılan cihaz ekipman. ....	35
Şekil 7.12. Akustik ölçümler için numune elde edilmesi. ....	36
Şekil 7.13. Akustik ölçüm kalıpları. ....	37
Şekil 7.14. Akustik ölçüm cihazı ve numunenin yerleştirilmesi. ....	37
Şekil 7.15. Termal iletkenlik ölçüm cihazı. ....	38
Şekil 8.1. Kompozit levhaların gerilme şekil değiştirme ve yer değiştirme kabiliyetleri. ....	39
Şekil 8.2. Kompozit plakanın gerilme, yük, uzama kabiliyetleri ve max çekme dayanımı sonuçları [84]. ....	40
Şekil 8.3. %20, 30 ve 40 atık tül perde katkılı polyester kompozit plakanın gerilme, yük, uzama kabiliyetleri ve kopma noktaları. ....	41
Şekil 8.4. %20, 30 ve 40 atık tül perde katkılı vinil ester kompozit plakanın gerilme uzama, yük uzama kabiliyetleri ve kopma noktaları. ....	42
Şekil 8.5. %20, 30 ve 40 atık tül perde katkılı epoksi kompozit plakanın gerilme uzama, yük uzama kabiliyetleri ve kopma noktaları. ....	43
Şekil 8.6. %7, 10 ve 13 piyasa ürünü cam elyaf keçe katkılı polyester kompozit plakanın gerilme uzama, yük uzama kabiliyetleri ve kopma noktaları. ....	44
Şekil 8.7. %7, 10 ve 13 piyasa ürünü cam elyaf keçe katkılı vinil ester kompozit plakanın gerilme uzama, yük uzama kabiliyetleri ve kopma noktaları. ....	45
Şekil 8.8. %7, 10 ve 13 piyasa ürünü cam elyaf keçe katkılı epoksi kompozit plakanın gerilme uzama, yük uzama kabiliyetleri ve kopma noktaları. ....	46
Şekil 8.9. %20 atık tül perde katkılı polyester, vinil ester ve epoksi kompozit plakanın gerilme uzama, yük uzama kabiliyetleri ve kopma noktaları. ....	47
Şekil 8.10. %30 atık tül perde katkılı polyester, vinil ester ve epoksi kompozit plakaların gerilme uzama, yük uzama kabiliyetleri ve kopma noktaları. ....	48

Şekil 8.11. %40 atık tül perde katkıli polyester, vinil ester ve epoksi kompozit plakaların gerilme uzama, yük uzama kabiliyetleri ve kopma noktaları. ....	49
Şekil 8.12. %7 cam elyaf keçe katkıli polyester, vinil ester ve epoksi kompozit plakaların gerilme uzama, yük uzama kabiliyetleri ve kopma noktaları. ....	50
Şekil 8.13. %10 cam elyaf keçe katkıli polyester, vinil ester ve epoksi kompozit plakaların gerilme uzama, yük uzama kabiliyetleri ve kopma noktaları. ....	51
Şekil 8.14. %13 cam elyaf keçe katkıli polyester, vinil ester ve epoksi kompozit plakaların gerilme uzama, yük uzama kabiliyetleri ve kopma noktaları. ....	52
Şekil 8.15. %20, %30 ve %40 oranında atık tül perde katkıli polyester plakaların ses iletim kayıpları. ....	54
Şekil 8.16. %20, %30 ve %40 oranında atık tül perde katkıli vinil ester plakaların ses iletim kayıpları. ....	54
Şekil 8.17. %20, %30 ve %40 oranında atık tül perde katkıli epoksi plakaların ses iletim kayıpları. ....	55
Şekil 8.18. %20 oranında atık tül perde katkıli polyester, vinil ester ve epoksi plakaların ses iletim kayıpları. ....	56
Şekil 8.19. %30 oranında atık tül perde katkıli polyester, vinil ester ve epoksi plakaların ses iletim kayıpları. ....	56
Şekil 8.20. %40 oranında atık tül perde katkıli polyester, vinil ester ve epoksi plakaların ses iletim kayıpları. ....	57
Şekil 8.21. %7, %10 ve %13 oranında atık tül perde katkıli polyester plakaların ses iletim kayıpları. ....	58
Şekil 8.22. %7, %10 ve %13 oranında atık tül perde katkıli vinil ester plakaların ses iletim kayıpları. ....	58
Şekil 8.23. %7, %10 ve %13 oranında cam elyaf keçe katkıli epoksi plakaların ses iletim kayıpları. ....	59
Şekil 8.24. %20, %30 ve %40 oranında cam elyaf keçe katkıli polyester, vinil ester ve epoksi plakaların ses iletim kayıpları. ....	60
Şekil 8.25. %7, %10 ve %13 oranında cam elyaf keçe katkıli polyester, vinil ester ve epoksi plakaların ses iletim kayıpları. ....	60
Şekil 8.26. %7, %10 ve %13 oranında cam elyaf keçe katkıli polyester, vinil ester ve epoksi plakaların ses iletim kayıpları. ....	61
Şekil 8.27. BYZ-KEÇ Polyester Termal iletkenlik ölçüm grafiği. ....	63
Şekil 8.28. BYZ-KEÇ Vinil ester Termal iletkenlik ölçüm grafiği. ....	64
Şekil 8.29. BYZ-KEÇ Polyester Termal iletkenlik ölçüm grafiği. ....	65

## ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 2.1. Atık türüne göre geri kazanım tesislerine gönderilen belediye atık miktarı .....	5
Çizelge 2.2. Termoset matrislerin avantaj ve dezavantajları .....	21
Çizelge 6.1. Farklı tekstil malzemelerinden elde edilen kompozitlerin incelenmesi. ....	25
Çizelge 8.1. Çevresel gürültü düzeyi sınır değerleri.....	53
Çizelge 8.2. Deneysel sonuçların özeti.....	62



## KISALTMALAR

ABD	Avrupa Birleşik Devleti
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Alüminyum oksit
B <sub>4</sub> C	Bor karbür
CaO	Karbon monoksit
EWU	Atığın çevresel değeri
FEM	Sonlu elemanlar metodu
ISM	Yorumlayıcı yapısal modelleme
MEK	Metil etil keton
MMK	Metal matris kompozitler
PMK	Polimer matris kompozitler
SMK	Seramik matris kompozitler



## ÖZET

### TEKSTİL ATIKLARINDAN ELDE EDİLEN PLAKALARIN MEKANİK, TERMAK VE AKUSTİK DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

Mürvet MIHÇI

Düzce Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Murat SOLAK

Haziran 2023, 76 sayfa

Dünyada artan nüfusun ihtiyaçlarını karşılamak üzere hızla büyüyen endüstrileşme tehlikeli/tehlikesiz atık oluşumunun hızla artmasına neden olmaktadır. Bu durum, geri dönüşüm, geri kazanım ve tekrar kullanım gibi süreçlerin önemini artırmaktadır. Endüstrilerin üretim süreçleri sırasında oluşan birçok atık, hammadde olarak geri kazanılabilme, yeni ürünler üretilebilme ve katma değer sağlayabilme bakımından önemli potansiyele sahiptir. Endüstriyel faaliyet olarak oluşturduğu atık bakımından hammadde ya da yeni ürün elde edilebilme potansiyeli yüksek sektörlerden biri de tekstil sektörüdür. Tekstil sektöründe ortaya çıkan atıklar çeşitli işlemler sonucunda iplik üretiminde, farklı bir ürün eldesinde katkı hammaddesi olarak kullanılabilir. Tekstil atıklarının farklı uygulamalarla yeniden kullanımları için kompozit malzeme elde edilmesi noktasında hem literatür hem de uygulamada eksiklikler bulunmaktadır. Kompozit malzemeler en az iki farklı malzemenin makro boyutlarda birleşmesiyle elde edilen yeni malzemeler ve kendini oluşturan bu malzemenin üstün özelliklerinin yeni malzemede yer aldığı ileri malzemeler olarak ifade edilmektedir. Bu malzemelerin yüksek mukavemete sahip olması ve hafif olması nedeniyle otomotiv, inşaat, spor malzemeleri gibi farklı birçok sektörde kullanım imkânları bulunmaktadır. Kompozit malzemeler çeşitli matris ve takviye elemanlarından oluşmaktadır. Kompozit mühendisliği uygulamalarında yaygın olarak termoset içerikli reçineler (epoksi, vinil ester ve polyester) kullanılmaktadır. Bu tez çalışmasında, farklı reçine türleri ile tekstil atıkları ve ticari bir ürün olan cam elyaf malzeme kullanılarak elde edilen kompozit plakaların mekanik, termal ve akustik özellikleri incelenmiştir. Ayrıca, elde edilen kompozit plakaların incelenen özellikleri bakımından karşılaştırılması yapılmıştır. Buna göre, tekstil atıklarının kullanımı ile elde edilen kompozit plakaların, cam elyaf kullanılarak elde edilen plakalara göre üstünlükleri bulunmaktadır. Cam elyaf kullanılarak elde edilen kompozit plakalar ise ısı iletkenlik alanında üstünlük göstermiştir. Buna göre, tekstil atıklarından elde edilen plakaların termal iletkenlik açısından değerlendirilebileceği, cam elyaf katkılı plakaların ise mekanik açısından kullanım potansiyeli olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Geri Dönüşüm, Kompozit, Tekstil Atığı, Termoset Reçine

## ABSTRACT

### INVESTIGATION OF THE MECHANICAL, THERMAL AND ACOUSTIC BEHAVIOUR OF PLATES OBTAINED FROM TEXTILE WASTES

Mürvet MIHÇI

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Environmental  
Engineering

Master's Thesis

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Murat SOLAK

June 2023, 76 pages

Rapidly growing industrialization to meet the needs of the increasing population in the world causes the formation of hazardous/non-hazardous waste to increase rapidly. This situation increases the importance of processes such as recycling, recovery and reuse. Many wastes generated during the production processes of industries have significant potential in terms of being recycled as raw materials, producing new products and providing added value. One of the sectors with a high potential to obtain raw materials or new products in terms of waste generated as an industrial activity is the textile sector. The wastes generated in the textile sector can be used as an additive raw material in yarn production as a result of various processes and in obtaining a different product. There are deficiencies in both the literature and practice at the point of obtaining composite materials for the reuse of textile wastes with different applications. Composite materials are defined as new materials obtained by combining at least two different materials in macro dimensions, and advanced materials in which the superior properties of this self-forming material take place in the new material. Due to the high strength and lightness of these materials, they are used in many different sectors such as automotive, construction and sports equipment. Composite materials consist of various matrix and reinforcement elements. Thermoset resins (epoxy, vinyl ester and polyester) are commonly used in composite engineering applications. In this thesis, the mechanical, thermal and acoustic properties of composite plates obtained by using different resin types, textile wastes and a commercial product, glass fiber material, were investigated. In addition, the obtained composite plates were compared in terms of their investigated properties. Accordingly, composite plates obtained by using textile wastes have advantages over plates obtained by using glass fiber. Composite plates obtained by using glass fiber showed superiority in the field of thermal conductivity. Accordingly, it has been determined that the plates obtained from textile wastes can be evaluated in terms of thermal conductivity, while the glass fiber reinforced plates have mechanical potential.

**Keywords:** Recycling, Composite, Textile Waste, Thermoset Resin

## 1. GİRİŞ

Dünyada tüketim ihtiyacının artması endüstrileşmenin de artmasını beraberinde getirmiştir. Endüstrileşme ile birlikte eş zamanlı olarak gelişmeyen “çevre” konusu, atık miktarının kontrol edilemez seviyelere gelmesine neden olmuştur. Tüm dünyada yaptırım olarak elde alınması gereken en önemli konulardan biri endüstriyel sektörlerin kurulma aşamasından başlamak üzere atık üretimini minimize eden ya da tamamen oluşmayacak şekilde tasarlanması olmalıdır. Aksi halde, sadece üretilecek ürünün sayısının, miktarının ve mali odaklı tasarlanması günümüzde yaşadığımız çevresel sorunları ortaya çıkarmasına neden olmaktadır. En önemli ikinci konu ise, şuanda çevresel parametreler haricinde tasarlanmış üretim faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan atıkların geri kazanımı, geri dönüşümü ve tekrar kullanımıdır. Bu konu, çevresel sürdürülebilirlik parametreleri olan temiz üretim ve endüstriyel simbiyoz kavramı ile ilişkilidir. Yani üretim süreçleri sırasında ortaya çıkan atıkların minimize edilmesi ya da çıkan atıklardan yeni bir ürün elde edilmesi şeklinde ifade edilebilir. Bu kapsamda, endüstrileşme sonucu oluşan çeşitli atıkların, özellikle geri kazanımı zor olan atıkların hammadde olarak kullanılabilirliği konusunda yapılan Ar-Ge çalışmalarının artması ile atığın azaltılması ve/veya hammadde olarak geri kazanımında ciddi katkılar sağlanacaktır.

Günümüzde tehlikesiz atıkların çevresel sorunlara yol açmaması için ve ekonomiye katma değer sağlayabilmesi için kontrollü kullanımının (bertaraf / geri kazanım) sağlanması gerekmektedir. Geri kazanımı mümkün olmayan ya da geri kazanımı zor olan tehlikesiz atıkların gerek bertaraf yöntemiyle gerekse alternatif malzemeler olarak değerlendirilmesiyle tekrar ülke ekonomisine kazandırması mümkündür.

Dünya genelinde tekstil sanayi büyük bir hacme sahip endüstriyel sektördür. Ancak, bu sektör yüksek hacimli üretimler nedeniyle çevresel sorunlarla karşı karşıya kalmaktadır. Tekstil üretim süreci, büyük miktarlarda atık üretir ve bu atıkları çevreye zarar verebilecek nitelikleri olabilir. Tekstil atıkları genellikle geri dönüştürülmek için daha fazla çaba gerektiren doğal kaynaklı malzemeler (pamuk, keten, yün) ve sentetik malzemeler (genellikle polyester) birleştirilerek elde edilir [1]. 2030 yılında dünyadaki

tekstil atığının kişi başına 17.5 kg olacağı düşünüldüğünde, tekstil atıklarının geri dönüşümü ile ikincil hammaddelere dönüştürülmesi oldukça önemlidir [2].

Günümüz dünyasında yılda 100 milyar adet giysi üretilmekte ve bunların %33'ü satın alındığı ilk yıl içinde atılmaktadır. Örneğin, ABD'de, tekstil atığı 2005 ile 2010 yılları arasında yılda yaklaşık 2 milyon ton artmıştır. ABD Çevre Koruma Ajansı'na göre, ABD'de her yıl yaklaşık 26 milyar libre (1 libre= 0,454 kg) tekstil çöplüklere gitmektedir. Mevcut hızlı moda trendi, bireyleri daha fazla giysi tüketmeye ve daha kısa sürede kullanımının azalmasına teşvik ederek, yeni giysilere yönelik talebin artmasına ve yüksek hacimli tekstil atığı stoğuna neden olmaktadır [3]. Avustralya'da 2020 yılında yaklaşık 501 milyon kg tekstil ve giysi atılmıştır. Türkiye'de ise yıllık yaklaşık, 1 milyon 800 bin ton ürünün yaklaşık 600 bin tonluk kısmı çöpe gitmektedir [4]. Buna çözüm olarak, yakın zamanda uygulamaya giren kıyafet toplama kumbaralarıyla, yılda yaklaşık 40 bin ton toplanan giysi geri kullanım için ayrıştırılmakta ve 10 bin tonluk bölümü geri dönüştürülebilmektedir. Çöpe giden tüm kıyafetlerin toplanması ve değerlendirilmesi durumunda, ülkemizin yaklaşık 2.5 milyar dolarlık bir katma değer üretme potansiyeli bulunmaktadır [5]. Dünya genelinde tekstil atıklarının artması, bu sektörden kaynaklanan kirliliğin artmasına neden olmaktadır. Bu kirliliğe çözüm üretilmesi atığın kaynağında azaltılması olarak görülse de atıkların geri dönüşümünü sağlayarak katma değerli yeni ürünlere dönüştürülmesi de son derece önemlidir [6]. Tekstil atıklarının değerlendirilmesi amacıyla sınıflandırma yapılmaktadır. Tekstil atıkları altı ana kategoride 44 alt ana kategoride toplanmaktadır. Evsel atıkların %4.4'lük kısmını tekstil atıkları oluşturmaktadır. Bu atıkların %65'i yeniden kullanılabilir/geri dönüştürülebilir, kalan kısmının geri kazanımı sağlanamamaktadır [7]. Tekstil atıklarının kullanımı ile kompozit malzeme üretiminin sağlanması ile atıkların çeşitli yöntemlerle işlenmesi ve doğal kaynakların tüketiminin azaltılması sağlanabilir.

Kompozit malzemeler, farklı malzemelerin bir araya getirilmesiyle oluşan malzemelerdir. Tekstil atıkları, diğer malzemelerle birleştirilerek kompozit malzemelerin üretilmesi için kullanılabilir. Tekstil atıkların geri kazanımı sonucu elde edilen kompozit malzemelerin üretiminde, atıkların çeşitli yöntemlerle işlenmesi gereklidir. Bu yöntemler arasında mekanik geri dönüşüm, kimyasal geri dönüşüm ve termal geri dönüşüm yer almaktadır. Mekanik geri dönüşüm, atıkların fiziksel olarak ayrıştırılmasını içerirken, kimyasal geri dönüşüm, atıkların kimyasal olarak ayrıştırılmasını içerir. Termal geri dönüşüm ise, atıkların yüksek sıcaklıklarda yakılmasıyla gerçekleştirilir.

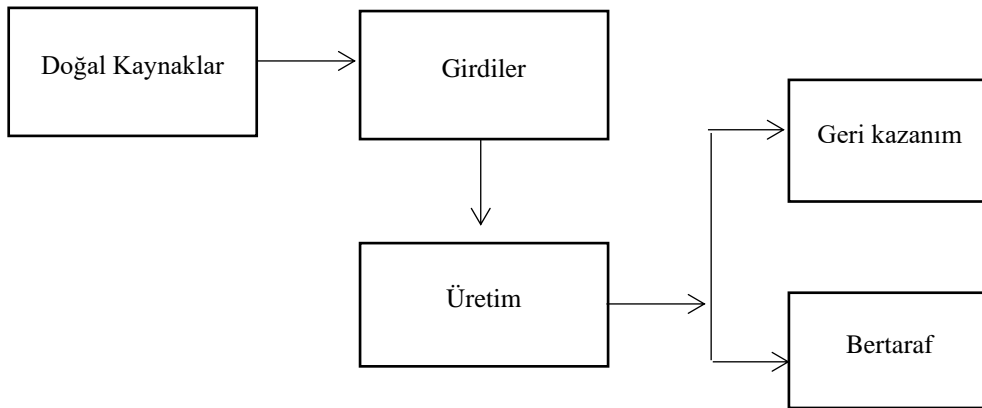
Yeni mühendislik uygulamalarıyla beraber bertarafa gidecek olan malzemelerin farklı uygulamalarda ve yeniden kullanımında kompozit malzemeler elde edilmesi noktasında hem literatür hem de uygulamada eksiklikler bulunmaktadır. Bu çalışmada, tekstil atığı olan tl perde üretim atıklarının ve ticari bir ürün olan cam elyafın katkı malzemesi olarak kullanıldığı kompozit plaka üretiminde kullanım potansiyeli, bu plakaların mekanik, termal iletkenlik ve akustik özellikleri araştırılmıştır. Bu yönüyle, atık malzemelerden elde edilen plakaların ticari bir ürün olan cam elyaf malzeme ile elde edilen plakaların karşılaştırılması yapılmıştır.



## 2. ATIK YÖNETİMİ

Son yıllarda hangi tür ürünlerin atık olarak sınıflandırıldığı ve atıkların nelerden kaynaklı olduğu araştırmaların odak noktası olmuştur. Özellikle gelişmiş toplumlarda atıklar düzenli ve sistemli olarak işlenmekte, atık yönetimi konusu ve bu konudaki iyileştirme süreçlerinin geliştirilmesi yönündeki çalışmalar yürütülmektedir [6]. Atıklar, kullanım sonrasında artık olarak/ömrünü tamamlamış her türlü maddeyi ifade etmektedir. Bu atıklar tehlikeli ve tehlikesiz olarak türlerine göre sınıflandırılmaktadır. Evsel nitelikli atıkların çoğu tehlikesiz atık olarak organik atıklardan oluşurken, endüstriyel nitelikli atıklar tehlikeli ve tehlikesiz atıklardan oluşabilmektedir. Tehlikeli ve tehlikesiz atıkların atık yönetimi yönetmeliğine [8] uygun olacak şekilde yönetilmesi sonucunda çevreyi koruma ve sağlıklı bir yaşam alanı sağlanabilmesi mümkün olacaktır.

Atık yönetimi ile atık üretim ve tüketiminde oluşan atıkların olumsuz etkilerini azaltılmakta, insan sağlığı ve temiz bir çevrenin oluşması sağlanmaktadır. Ayrıca, atık yönetimi çevresel etkilere bağlı olarak değil geri kazanım oranlarına göre izlenmektedir. Atık yönetiminin olumsuz etkilerini azaltmak için çevresel atık kullanımı tanıtılmıştır. Elektronik tablo tabanlı hesaplama aracı olan Dashboard aracılığıyla çalıştırılmaktadır. Elektronik tabanlı gösterge panelinin çevresel olarak tercih edilen atık yönetimi stratejilerinde olanak sağlayarak doğru adımlar sağladığı belirtilmektedir [9]. Şekil 2.1' de atık yönetim prosesi görülmektedir.



Şekil 2.1. Atıkların yönetimi ve izlenebilirliği.

Atık yönetiminde otomasyon sisteminin kullanıldığı atık işleme süreci ile kolay, etkin ve güvenilir bir sistem öngörülmektedir. Bu durum da, e- atık yöntemi uygulamalarında sürdürülebilir iyileştirmeler sunulabilmektedir. Bilgisayarla görme teknolojisinin ortaya çıkmasıyla hem insan gücüne olan ihtiyacın azalması hem de işlem süresi ve maliyetin azalmasını sağlayacak uygulamalar kullanılmaya başlamıştır [10].

Ülkemizde ise, günde yaklaşık 105 000 000 ton çöp atılmakta olup, atık yönetimi ve ayrıştırma sistemleri son 10 yılda gelişim göstermeye başlamıştır. Şuanda atıkların sadece %20'lik kısmı geri kazanılabilmektedir. Kalan kısmı ise vahşi depolama nedeniyle toprağa gömülmektedir. Türkiye genelinde endüstriyel yöntemlerle toplam atığın yaklaşık %10'u ayrıştırılmaktadır. Buna göre, çizelge 2.1'de atık türüne göre geri kazanım tesislerine gönderilen belediye atık miktarı verilmiştir.

Çizelge 2.1. Atık türüne göre geri kazanım tesislerine gönderilen belediye atık miktarı [11].

	Belediye sayısı	Atık miktarı (ton)
Cam atıkları	367	259 721
Kağıt ve karton atıkları	548	1 004 803
Ömrünü tamamlamış lastikler	105	7 810
Plastik atıklar	402	471 351
Tekstil ve deri atıkları	124	58 382
Pil ve akümülatör atıkları	253	354
Evsel ve benzeri atıklar	70	1 741 300
Karışık metal atıkları	290	126 011

Atık yönetiminin başarılı bir şekilde sağlanabilmesi için depozito uygulamalarının getirilmesi alternatif olarak değerlendirilebilir. Örneğin, İsveç, Danimarka, Macaristan ve İtalya gibi ülkelerde çevre konusunda vergisel politikalar yeterli olup atık yönetimi sistemli bir şekilde ilerlemektedir. Ülkemizin de hızla gelişme sürecine bağlı olarak paralel gelişmesi gereken bu tür uygulamaların gerekliliği önem kazanmaktadır [12]. Atıkların ayrıştırılması ve geri kazanımı konusunda, insanların bilinçlendirilmesi gerekmekte ayrıca ayrıştırma kutuları konularak alternatif değerlendirme imkanları sağlanmaktadır. Bu kutular için bir sistem geliştirilerek atılan materyali tanyan ve materyale göre kişi hesabına ücret yükleyen bir simülasyon işlevi gören bir sistemin olması bu konudaki bilincin artmasını sağlayacaktır [13].

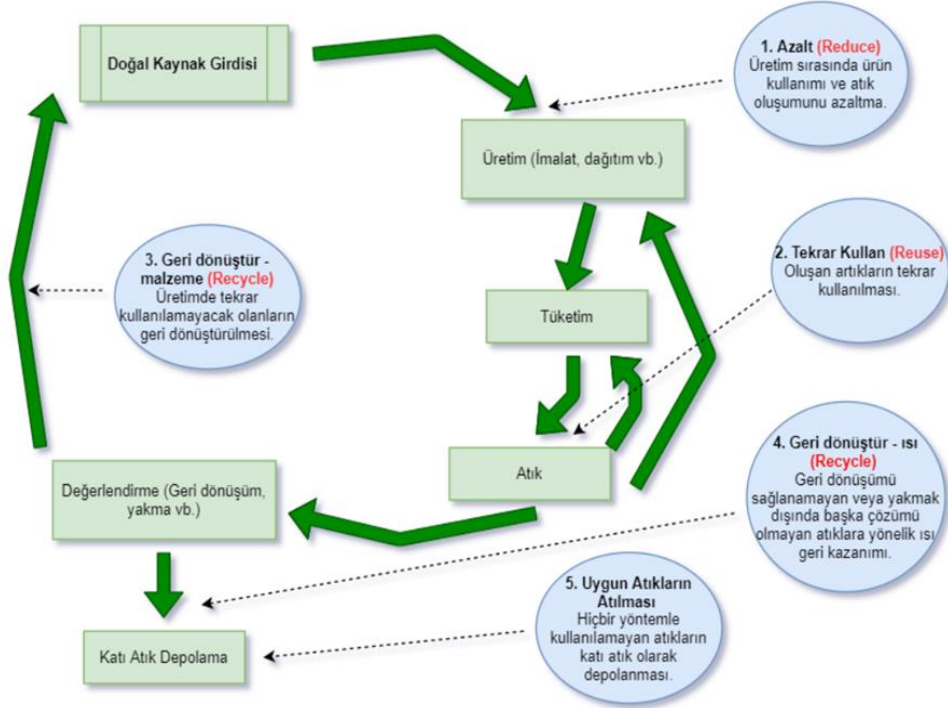
## 2.1. ATIK ÇEŞİTLERİ

Atıklar, kağıt, plastik, cam, metal, organik, geri dönüşmeyen, yemek ve ekmek atıkları olmak üzere ayrılmaktadır. Oluşan atıklar, ilgili renklere göre, ilgili atık kutusuna atılmaktadır. Atık türleri Şekil 2.2’de verilmiştir. Atık olarak ifade edilen birçok maddenin aslında doğrudan ya da dolaylı olarak işlenmesi ile geri kazanılabilir birer hammadde olduğu bilinmektedir. Literatürde bu kapsamda çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Örneğin, evsel atıkların geri kazanımı sonucunda cam ve alüminyum atıklardan zeolit elde edilmesi [14].



Şekil 2.2. Atık türleri [14].

Çevre politikası olarak kullanılan 3R kuralı azaltma (Reduce) azaltma, tekrar kullanma (Reuse) ve geri dönüştür (Recycle) parametrelerinden oluşmaktadır (Şekil 2.3.). Bu çevre politikası hammadde ya da kaynak azaltımını sağlayarak doğaya geri dönüştürülmesini hedeflemektedir.



Şekil 2.3. 3R kuralı [15].

Atık yönetiminde Şekil 2.4'te görülen atık yönetim piramidi uygulanmaktadır. Bu piramitte, atığın oluşmasının azaltılması, tekrar kullanılması, geri dönüştürülmesi, geri kazanılması ve bertarafını izleyen bir sistematik içerisinde değerlendirilir. Bu süreçte en çok tercih edilen atık oluşumunun azaltılması sürecidir. Bu sürecin endüstriyel üretim ve/veya belediye faaliyetlerinin ilk aşamasında planlanması gerekmektedir. En az tercih edilen süreç ise atığın bertarafıdır. Bu süreçte, atığın azaltılması noktasında katkı sağlasa da maliyet ve oluşabilecek potansiyel hava emisyonu gibi olumsuz durumlardan dolayı en az tercih edilen süreçtir.



Şekil 2.4. Atık yönetim hiyerarşisi [16].

Farklı endüstriyel faaliyetler sonucunda oluşan atıklar çeşitli yöntemler kullanılarak atık yönetimi gerçekleştirilebilmektedir. Örneğin, maden atıklarının düzenli olarak yönetilememesi nedeniyle çevre kirliliğine ve çevrede bulunan ekosistemler üzerinde olumsuz etki oluşturabilmektedir. Farklı türlerdeki maden atıklarının yakılması sonucunda ortaya çıkan atık ürün başka sektörlerde hammadde olarak kullanılabilir. Çimento sektöründe kapsülleme süreçlerinde yan ürün olarak kullanılmasıyla çevre kirliliğinin önüne geçilmektedir. Bu nedenle mukavemet özelliklerine göre kapsül formuna dönüştürülerek tehlikesiz nitelikli atıklar sınıfına girmesiyle tehlikesiz atık ara depolama sahalarında depolanabilmektedir. Bu şekilde de düzensiz olarak toplanan maden atıkları bir yan ürüne dönüştürülerek hem farklı sektörlerde yan ürün olarak kullanılmakta hem de çevre kirliliğinin önüne geçilebilmektedir [17].

Mobilya sektöründen fazla miktarda oluşan talaş atıkları doğaya bilinçsiz bir şekilde bırakılması durumunda önemli çevre sorunlarına yol açabilmektedir. Bu sorunun önüne geçebilmek için çevre dostu bir yaklaşımla H<sub>2</sub> bakımından zengin bir katalitik gazlaştırma teknolojisi kullanılarak yüksek oranda gaz verimini ve H<sub>2</sub> seçiciliğini artırmakla beraber sıfıra yakın CO<sub>2</sub> ve CH<sub>4</sub> oluşmaktadır. Gazlaştırma sıcaklıkları 700 °C'den 800 °C'ye yükseldiğinde hacimleri %87,31 - %32,87 olup, gaz verimi artmakta ve hafif miktarda H<sub>2</sub> gözlenmektedir. Sonuç olarak atık malzemelerin hammadde olarak kullanılmasıyla H<sub>2</sub>'nin gazlaştırma teknolojisinden yararlanarak hem ekonomik hem de çevre dostu prosesler geliştirilmesi sağlanmaktadır [18].

İnşaat ve yıkım sonucu oluşan hafriyat atıklarının yeniden kullanılması ya da geri dönüştürülmesi gerekmektedir. Gelişi güzel olarak atılan hafriyat atıkları toprak yapılarında (RSS) dolgu amaçlı kullanılabilir. Zemin yapılarında yapısal bir dolgu olarak MRA kullanmanın uygulanabilirliğine bakılmaktadır. Genel olarak ince ya da kaba kumların yerine kullanılabilirliği üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. MRA test sonuçlarına göre, MRA'nın alkali (pH < 9) olduğu ve mekanik özellikler ve güçlendirilmiş zemin yapıları için uygun kesme dayanımına sahip olduğunu göstermektedir. Çekme testi sonuçlarına göre ise, sürtünme katsayısının ( $\mu$ S/GSY) yüksek değerlerini ve gevşek koşullarda %70 - 80'lik bir azalma sergilemektedir. Sonuç olarak hafriyat atıklarının dolgu malzemesi olarak kullanılabilme potansiyeli olduğu belirlenmiştir [19].

Hollanda’da yürütülen çöp atıklarından balık tutmak için prototip proje geliştirilmektedir. Projenin yürütülmesi için paydaşlardan destekler alınmıştır. Denizlerdeki çöplerin kaldırılmasından önce konuyla alakalı eğitimlerin verilmesi gerekmektedir. Ömrünü tamamlamış olta takımlarının, ağ kırıntılarının ve tekerlekli halatların toplanması örnek olarak gösterilebilir [20].

Eko etiketleme konusunda farkındalığın artırılması ve sürdürülebilirliğin desteklenmesi için 2030 yılında yeşil ürünlerin piyasaya sürülmesi hedeflenmektedir. Böylelikle, minimum ya da sıfır atık üreten üretim süreçlerinin planlanması firmaların dünyada rekabet edebilmeleri adına oldukça önemlidir [21].

## **2.2. TEHLİKELİ ATIKLAR**

Tehlikeli atık kategorisinde olan kimyasal malzemeler sadece kimyasallarla birebir temas halinde olanlarla değil kullanımını sağlayan her canlı için risk oluşturmaktadır. Kimyasallar, başta hava olmak üzere tüm çevreyi ve insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Kimyasalların olumsuz yöndeki etkilerini ortadan kaldırabilmek için kimyasallardan kaynaklı risk değerlendirmelerinin yapılması gerekmektedir. Risklerin önlenmesinde kimyasal nitelikli atıkların sınıflandırılması, etiketlenmesi, ambalajlanması, depolanması, taşınması, kullanılması ve bertarafının ilgili mevzuatlara uygun olarak yapılması gerekmektedir [22].

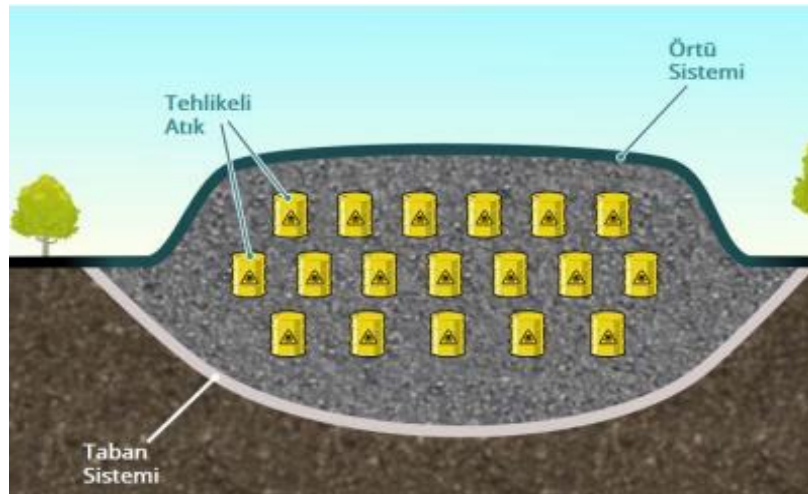
## **2.3. TEHLİKESİZ ATIKLAR**

Tehlikesiz atık, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından 02.04.2015 tarihli 29314 sayılı atık yönetimi yönetmeliğinin Ek-4 atık listesinde (Kağıt karton, plastik, cam, metal, tekstil atıkları vd.) atıkları ifade etmektedir [23]. Tehlikesiz atık ve geri dönüşüm şeması Şekil 2.5’de verilmiştir.



Şekil 2.5. Tehlikesiz atık ve geri dönüşüm [24].

Tehlikesiz nitelikli (kağıt, cam, plastik vb.) atıkların düzensiz depolanması ve fiziki şartlara uygun olarak tabanının sızdırmaz olmaması nedeniyle atıklardan oluşan sızıntı suları toprakla temas etmektedir. Toprağa sızan sızıntı suları toprakta toksik ve inorganik kirleticiler ve ağır metaller içermesine neden olmaktadır. Atık depolama alanında oluşan sızıntı sularının (LTF) düzenli olarak yönetimi ile sızıntı miktarı azaltılabilmektedir. LTF'nin gelişmekte olan ülkelerde birçok yararı olmaktadır. Örneğin alıcı ortamdaki hava, su, toprak kirliliğine önemli etkisi olmaktadır. Atıkların sürdürülebilirliği ve çevre sağlığı açısından LTF önerilmektedir. Şekil 2.6'da tehlikeli ve tehlikesiz atıklardan oluşan sızıntı sularının oluşum şeması yer almaktadır.



Şekil 2.6. Tehlikeli ve tehlikesiz atıklardan oluşan sızıntı suları [25].

### 3. TEKSTİL ATIKLARI

Tekstil hammaddesi doğal ve/veya yapay elyaf ile oluşturulan, çeşitli teknik (aksesuar, ev tekstili, giyim vb.) alanlardaki ihtiyaçlarının karşılanması amaçlı kullanılan malzemelerin genel ismi olmaktadır. Tekstil, geçmişten bugüne kadar insanların temel ihtiyaçlarından biri olmaktadır. Tekstile olan gereksinimin en önemli nedenleri nüfusun hızla artması ve moda algısının her geçen gün değişerek büyümesidir [26]. Türkiye, dünyada ve Avrupa tekstil sektöründe üretim ve ihracat alanlarında önemli bir yere sahiptir. Türkiye, Avrupa'da en büyük üretim miktarına sahiptir. Ev tekstilinde ise Avrupa'nın en büyük üreticilerindedir. Türkiye'nin dünya tekstil sanayindeki konumu Şekil 3.1'de özetlenmektedir. Tekstil ürünlerinin hızlı olarak tüketimi, doğanın sınırlı sayıdaki kaynaklarına ve ekosistem üzerinde olumsuz nedenlere yol açmaktadır. Bunun yanı sıra tekstil ürünlerinin üretiminde bol miktarda su harcaması ve kimyasalların kullanılması, kaynaklarda sorun yokmuş gibi tüketilip atıkların bilinçsiz bir şekilde doğaya bırakması ayrı bir tehlike olarak ortaya çıkmaktadır. Alıcı ortamlara (hava, su ve toprak ) deşarjı sağlanarak çevreye zarar verilmektedir. İnsanların önemli ihtiyaçlarından olan aksesuar, ev tekstili ve giysi gibi ürünlerin üretimiyle beraber insan ve çevre sağlığını da göz önüne alarak sürdürülebilirlik ilkesini benimseyerek devam etmeleri gereklidir [27]. Türkiye'de tekstil sektörü sanayi kuruluşlarında yaklaşık %30 oranında ihracatta payı yüksek olan önemli bir sektördür. Tekstil sektörünün en önemli sorunlarından biri üretim süreçlerinde ortaya çıkan atıklardır. Ülkemizde günde 68 000 milyon ton yılda 28 milyon ton civarında atık oluştuğu ve bu atıkların sadece %5 'inin tekstil sektörüne ait olduğu belirtilmektedir. Tekstil sektöründeki oluşan katı atıklar, üretim sonucunda hatalı işlemlerden kaynaklı elyaf ve kumaş atıkları ve konfeksiyon atıklarından oluşmaktadır [28].



Şekil 3.1. Türkiye’de tekstil sektörü [27].

Tekstil üretim sektörü hacminin ve ürün çeşitliliğinin oldukça yüksek olması bu sektörden oluşan atığın miktarını ve çeşitliliğini de artırmaktadır. Dünya genelinde tekstil atıklarının artması, bu sektörden kaynaklanan kirliliğin artmasına neden olmaktadır. Bu kirliliğin önüne geçilebilmesi her ne kadar atıkların kaynağında ayrıştırma olsa da atıkların geri dönüşümünün sağlanarak ülke ekonomisine katma değeri yüksek olan ürünlere dönüştürülmesi önemlidir [28]. Tekstil atıkları çeşitli sektörlerde farklı amaçlarla kullanılabilir. Tüketimin hızla artmasıyla atık miktarı, hammadde ve maliyet oranlarının da yükselmesini beraberinde getirmektedir. Bunun önüne geçilemek için de başta tekstil atıklarının düzenli olarak depolanması ve geri kazanıma olan ilginin artması gerekmektedir. Bununla beraber ucuz hammadde ihtiyacıyla beraber geri dönüşüm tüm dünyada benimsenmektedir. Geri dönüşüm ile beraber sosyal, ekonomik ve en önemlisi de çevresel açıdan önemli katkılar sağlanmaktadır. Birçok ülke tekstil atıklarının geri kazanımıyla alakalı önlemler alarak çalışmalarını hızlandırmaktadır [29].

Tekstil malzemelerinin hafif olması, esnekliği ve dayanıklılık bakımından farklı özelliklere sahip olmasıyla ve kompozit malzemelerle birleşmesi sonucunda kullanılabilir nitelikte malzeme haline gelmektedir. Son zamanlarda tekstil atıklarından elde edilen kompozit malzemeler inşaatlarda binaların kiriş ve kolonlarında sağlamlığı açısından tercih edilmektedir. Aynı zamanda iç ve dış cephelerde izolasyonu sağlamak ve depreme

karşı duvar çökmelerinin önüne geçebilmek için tercih edilmektedir. Özellikle kompozit malzemelerin önemi inşaat sektöründe oldukça önemlidir [30].

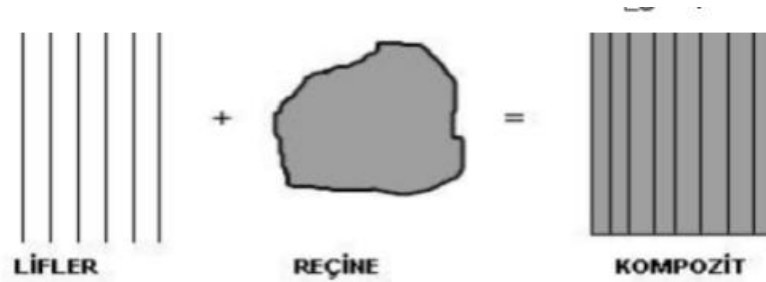
Tekstil atıklarının düzensiz yönetiminin önüne geçilerek geri kazanımının sağlanmasıyla hem ülke ekonomisine katkı sağlanabilmekte hem de çevre kirliliğinin önüne geçilebilmektedir. Tekstil atıklarının geri kazanımı sonucu yapı/yalıtım malzemesi olarak kullanılabilme potansiyelleri mevcuttur. İnşaat alanında binaların dışında yalıtım amaçlı daha sağlıklı ve çevre dostu yapılar yapılabilmektedir. Hem esneklik açısından hem de atık malzemeden oluşması nedeniyle tercih sebebi olmaktadır. Kum karışımının içine yün ve pamuk elyaf /iplik atıkları ve kağıt atıkları eklenerek numuneler hazırlanmaktadır. Bunun yanında aynı atık malzemeler kullanılarak kum yerine çimento ile karışım sağlanarak yeni numuneler hazırlanmaktadır. Kum karışımı ve atıklardan oluşan numunenin beton blokların arasına konularak ölçüm yapıldığında ısı iletim katsayısının düştüğü görülmekte olup, diğer çimento karışımlı numunede ise ısı iletim katsayısının yüksek çıktığı tespit edilmiştir [31].

Özellikle pamuk ve polyester nitelikli tekstil atıkları çevre kirliliği sorunlarına neden olabileceğinden atıkların geri dönüşümü ve geri kazanım sonucunda katma değerli ürünlerin üretilmesinde sürdürülebilirliğin geliştirilmesi çok önemlidir. Selüloz liflerinden iyonik bir sıvı (IL), 1-bütül-3-metilimidazolyum klorür ([Bmim]Cl) kullanımı sağlanarak sürdürülebilir bir rejenere selüloz ve polyester elde edilmektedir. Örneğin, polyester ve pamuk karışımlı kot atıklarından kimyasal kullanımında ağartma ve liç işlemlerinden geçmeyerek çevre dostu renk giderimi yapılabilmektedir. Kot tekstil atıklarından tekrar tekrar rejenere selüloz üretimi yapılabilmektedir [32].

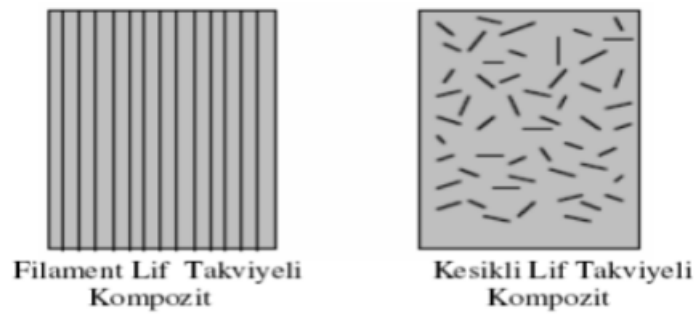
## 4. KOMPOZİT MALZEMELER

### 4.1. KOMPOZİT MALZEME

Kompozitler, en az iki parçadan oluşan malzeme anlamına gelmektedir. Başka bir deyişle kompozit malzeme büyük ölçeklerde yüzey boyunca gelmesiyle oluşan kompozitlerdir. Tarih öncesi dönemlerde kompozitler evlerin dış yüzeylerinde saman ilaveli kerpiç bloklar şeklinde kullanımı sağlamıştır. Günümüzde ise malzemelerin yeterli olmamasından kaynaklı ana ürün olarak kullanılmaya devam edilmektedir. Tekstil ürünlerinin çeşitlerinden biri olan cam elyafı 1930'lu yıllarda yıllarında Amerika'da ortaya çıkmasıyla kompozit malzeme üretiminde kullanılmaya başlamıştır. Bu kapsamda yeni ürün olarak dünya pazarında yerini almaya başlamıştır. Kompozit malzemelerin bir ürün olarak değerlendirilmesi ileri teknolojide yerini almaya başlamıştır. Bu kapsamda kompozit malzemelerin tercih edilme sebebi ise mikro boyutlarda homojen olması olarak değerlendirilebilir. Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'de kompozit malzemelerin üretilmesinin şematik gösterimi verilmiştir [33].



Şekil 4.1. Kompozit malzemelerin üretilmesi [34].



Şekil 4.2. Sürekli ve fiber takviyeli kompozitler [35].

Kompozit malzemeler yüksek spesifik mukavemete, hafif, kimyasal dayanımlı ve dizayn esnekliği gibi özelliklere sahip olmaktadır. Metal malzemelere göre bazı üstün özellikleri de bulunmaktadır. Kompozit malzemeleri oluşturan matris ve güçlendirici bileşenlere sahip olmasıyla farklı özelliklerde seçimi mümkündür. Genel olarak matris fazları süreklilik içermesi nedeniyle inşaat alanında farklı güçlendirici özelliklerde kullanılabilir. Matris fazını güçlendirici bileşenini bir arada tutması nedeniyle yapısal bütünlüğü sağlayarak uygulanan güçlendirici faza transferi gerçekleşmektedir. Matris malzemeler çeşidine göre sınıflandırılması;

- Seramik nitelikli matris kompozitler (SMK)
- Metal nitelikli matris kompozitler (MMK)
- Polimer nitelikli matris kompozitler (PMK).

Çeşitleri arasında en yaygın kullanılan polimer matris kompozitler olmakla beraber endüstri alanından en yaygın olarak kullanılmaktadır. En yaygın olarak kullanılan güçlendiriciler fiber niteliğe sahip olanlardır. Fiber nitelikteki güçlendiriciler ise cam, karbon ve organik esaslı olmalarıdır. Bu fiberlerin yanında polyeşter, vinil eşter ve epoksi termoset yapılı malzemeler kullanılmaktadır [36].

Kışın ısınma maliyetlerini ve yazın ise soğutma maliyetlerini azaltmak için binalara yalıtım yapılması neredeyse zorunlu hale gelmektedir. Bu yalıtım malzemelerinin ham maddelerinin çok büyük bir kısmı ithal edilmektedir. Alternatif olarak bu yalıtım malzemeleri, ithal edilen yalıtım malzemelerine oran olarak %100 yerli ve ekonomik açıdan uygun olmayan atık ürünlerle elde edilmesi mümkündür [37].

## **4.2. KOMPOZİTLERİN ÖZELLİKLERİ**

Kompozit malzemelerin deformasyon oranlarını tahmin etmek için sonlu elmanlar yöntemi (FEM) kullanılmaktadır. Hacimsel olarak küçük oranlarda deformasyon simülasyonu gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, küçük oranda kapsüllenmiş PCM veya kuvars partikülleri içeren çimentolu kompozitlerin termal deformasyon katsayıları ölçülmektedir. FEM tarafından tahmin edilen etkin termal deformasyon katsayısı ile Schapery (1968) tarafından geliştirilen etkin ortam yaklaşımı arasında uyum bulunmuştur. Ölçülen etkin termal deformasyon katsayıları, Schapery'nin modeliyle birlikte, inklüzyonların kendilerinin termal deformasyon katsayılarını elde etmek için kullanılmaktadır. PCM mikrokapsüllerinin termal deformasyon oranlarının

mikrokapsüllerin kısmen doldurulması nedeniyle kabuk bileşeninininkine benzer olduğu tahmin edilmektedir. Netice olarak yüksek performanslı kompozitlerin PCM'ler ile çimentolu kompozitlerin tasarlanması için bir araç olarak gösterilmektedir [38].

Ancak ileri teknoloji gerektiren üretimlerde yüksek mekanik ve teknolojik özelliklere ihtiyaç olduğundan piyasada kullanılan ürünler cevap verememektedir. Kompozit malzemelerin yüksek mukavemet özelliğine sahip olması ve hafifliği nedeniyle tercih edilmektedir. Bu nedenle kompozit malzemelerin endüstri kuruluşlarında kullanımları zorunlu hale gelmektedir. Sheet Molding Compounds (SMC) yöntemi otomotiv sektöründe yüksek mukavemetli parçaların seri olarak üretildiği ve birçok alanda kullanımı olan termoset yapılı bir polimer kompozit yöntemidir. Fiberler yerine dokuma cam fiberler kullanılarak elde edilen mekanik değerler üzerinde durulmaktadır. Cam fiber malzeme ile çekme gerilmesi değeri ortalama 67,58 MPa değerindeyken aynı şartlar ve ağırlık oranında dokuma cam elyaf takviye malzemesi olarak kullanımı sağlanan bu değer ortalama 137,29 MPa değeri sağlamaktadır. Yaklaşık olarak mukavemet değerleri iki artmaktadır [39].

### **4.3. KOMPOZİT MALZEMELERİN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI**

#### **4.3.1. Kompozit Ürünlerin Avantajları**

Çimentoya yardımcı madde olarak alkali ile aktive nitelikte edilmiş öğütülmüş granüller kullanılabilir. Polivinil alkol (PVA) liflerinin dahil edilmesi ile kuruma çekmesi ve kırılabilirlik gibi eksikliklerini en aza indirmeye yardımcı olabilmektedir. Ancak başka olumsuz etkileri de beraberinde getirmektedir. Kompozitlerin uygulama alanlarından biri olan %0.03 ve 0.6 PVA elyafı içeren kompozitlerin hacimsel olarak mekanik özellikleri bakımından, işlenebilirliği, dayanıklılığı, yüksek sıcaklık direnci, elyaf dağılımı ve mikro yapısı özelliklerine bakılmaktadır. PVA lifleri ise ortam sıcaklığında ve yüksek sıcaklıkta kompozitlerin eğilme ve gerilme güçleri artırdığını ve kuruma çekmesini önemli ölçüde azaltmaktadır. Diğer yandan, PVA lifi katılması, kompozitlerin basınç dayanımında, akıcılığında, tutarlılığında ve klorür penetrasyonunda bir azalmaya neden olmaktadır. Ancak inşaat alanlarında hala kabul edilebilmektedir. Sonuç olarak yeşil kompozit niteliğindeki malzemelerin mühendislik uygulamalarında tercih edilebilmektedir [40].

- Kompozit malzemeler farklı farklı uygulama alanlarında kullanımı sağlanmaktadır.

- Kompozit malzemelerin dayanımları oldukça yüksektir. Çelik ve alüminyum yapılarda daha hafiftirler.
- Farklı kompozit malzemeler korozyona oranla dayanımları daha fazladır.
- Kompozit malzemeler farklı uygulama alanlarında kullanılmak istendiğinde yalıtkan veya iletken olarak üretilebilmektedir.
- Kompozit malzemelerin en önemli özelliği ise çevresel faktörlerden etkilenmezler. Özellikle deniz taşımacılığında yüksek korozyona sahip olmaları nedeniyle tercih edilmektedir.
- Kompozit malzemeler ile neredeyse nihai ürüne yakın şekilde üretim yapılabilmektedir. Bu şekilde üretim maliyetleri ve süreleri azalmaktadır.
- Piyasada olan malzemelerle elde edilemeyen ürünler kompozit malzemelerle elde edilebilmektedir.
- Kompozit malzemeler üretim süreçleri açısından da çeşitli üstünlükler sağlamaktadır. Üretim sürecinde parça sayısı azalarak montaj süreleri kısalmaktadır. Montaj zamanlarının azaltılması maliyeti daha iyi hale getirmektedir.
- Cam takviyeli kompozitler sürekli olanlar uzun süreksizler ise kısa olanlara göre üç ila dört kat arasında darbe dayanıklılığı sağlamaktadır. Bu nedenle savunma sanayinde tercih sebebi olmaktadır.

#### **4.3.2. Kompozit Malzemelerin Dezavantajları**

Kompozit malzemelerin dezavantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Bazı kompozit malzemelerin mekanik özelliklerinin farklı olması nedeniyle yöne bağımlıdır.
- Kompozit malzemelerin içinde kalan kabarcıklar çatlak oluşumları nedeniyle kompozitleri olumsuz yönde etkilemektedir.
- Kompozit malzemeleri maliyet açısından değerlendirildiğinde piyasadaki ürünlere nazaran yüksek hammadde maliyetine sahip olmalarıdır. Bunun nedeni ise üretim miktarının düşük olması nedeniyle birim fiyat başına düşen maliyet miktarının yüksek olmasıdır.
- Kompozit malzemelerin üretimlerinin güç olması nedeniyle engel teşkil etmektedir. Kompozit malzemeler geçmiş zamanlarda günde 1 ya da 3 büyük çaplı yapılarda kullanılmaktaydı. Üretimde yüksek imalatın yapılamaması engel teşkil etmektedir.

Son dönemlerde farklı farklı sektörlerde insan gücünden daha çok makineye olan ihtiyacın artmasıyla istenilen üretim adetlerine ulaşılabilir. Bu nedenle farklı sorunlar yaratabilmektedir.

- Kompozit malzemelerin kırılma yapısında olmaları nedeniyle darbelere karşı dayanımları iyi değildir. Bu nedenle farklı sorunlar yaratabilmektedir.
- Günümüz dünyasında geri dönüşüm sonucu elde edilen kompozit malzemelerin daha az geri dönüştürülebilir bir olması engel teşkil etmektedir.

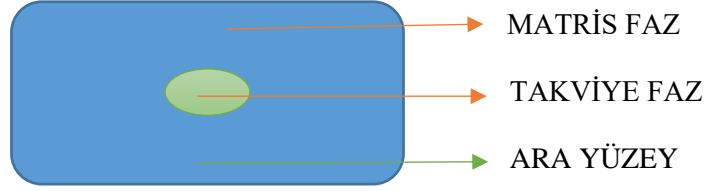
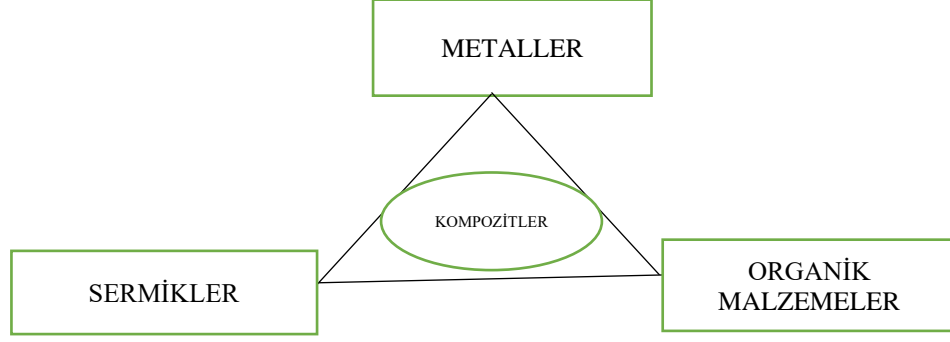
#### **4.4. KOMPOZİT MALZEMELERİN KULLANIM ALANLARI**

Kompozit malzemeler metal sektörüyle karşılaştırıldığında esneklik bakımından ve ağırlık oranı nedeniyle uçak endüstrisinde tercih sebebi olmaktadır. Analiz için kompozitlerle yapılmış uçakların kanatlarından yararlanılmıştır. Analiz için ANSYS'deki Structural Mechanics modülünden yararlanılmıştır. Alüminyum ve kompozitlerle yapılan uçak kanadı direği, serbest uçtaki nokta yükü farklılaştırılarak çeşitli parametreler açısından analiz edilmiştir. Analizin yapılmasındaki amaç, uçak kanadının ağırlığının azaltılabilmesi için kanat direğine uygun malzemeyi seçmektir. Sonuçlar karşılaştırıldığında ise aynı yük uygulanmasına rağmen karbon epoksinin alüminyumdan daha iyi performansa sahip olmasıdır [41].

#### **4.5. KOMPOZİT MALZEMELERİN SINIFLANDIRILMASI**

Matrisler; Metal matrisli olanlar, Polimer matrisli olanlar ve Seramik matrisli olanlar incelenmektedir. Tercih edilen matrisler polimerlerdir. Metallerin yerini polimer kompozitler almaktadır. Polimer kompozitlerin tercih sebebi ise hafif olmaları ve mekanik dayanım olarak değil insan dokularını hitap etmesi bakımından metal ve seramik yapıların yerine kullanılabilir. Şekil 4.3'te kompozit malzemeler yer almaktadır.

Polimer nitelikli kompozitler, belirli aşamalarda incelenmektedir. Parçacık dolgu, lif takviyeli ve tabakalı kompozitlerden oluşmaktadırlar. Elyaf içerikli kompozitler farklı alanlarda kullanılmaktadır [42].



Şekil 4.3. Kompozit malzemeler [43].

Takviye malzemelerin şekline göre ise;

- Fiber takviyeli
- Partikül takviyeli
- Tabakalı kompozitlerdir [44].

#### 4.5.1. Matris Malzemeli Kompozitler

Seramik nitelikli matris kompozit malzemeler sıcaklığa dayanımları yüksek ve hafif olmaları nedeniyle tercih edilmektedirler. Bu kompozitler sert ve kırılğan yapıda olmaları nedeniyle çok düşük tokluğa sahiptirler. Bu sebeple lifli ürünlerde takviye malzemesi olarak kullanılmaktadır.

Sert ve kırılğan olmaları nedeniyle termal şoklara karşı dayanıksızdırlar. Bu nedenle çoğunlukla liflerle takviye edilmektedirler. Bu nedenle çok yüksek elastiklik modülüne ve çalışma sıcaklıklarına sahiptirler. Seramik kompozitler, yüksek sıcaklığa dayanıklılığı nedeniyle esnek bir yapıya sahiptirler. Ayrıca elektriksel olarak iyi derecede yalıtkan özelliğe sahiptirler [45].

##### 4.5.1.1. Termoset Matrisli Kompozitler

Kompozitlerden lif takviyeli olanlar sıvı halde ve kompozitlerin yapımında kullanılmaktadır. Katı olduklarından ilk etapta jel halinde olup, daha sonra ise sıvılaşmaktadır. Termosetler izotropiktirler. Ayrıca düşük viskoziteye sahip olmaları

nedeniyle tercih edilmektedirler. Poliamidler ise, şekil verilebilen ve ısı direnci en yüksek polimerlerdir [46].

Termoset plastiklerin sıvı olmaları nedeniyle kürlenme reaksiyonları için ısıtılmakta ve kimyasal tepkilere girebilmektedir. Reçine katkı maddeleri ilave edilerek az miktarda sertleşmekte ve kürlenme işleminden sonra sağlamlaşmaktadır. Termoset polimerlerin en önemli özelliği ise geri dönüştürülmesi mümkün olmayan matrislerdir. Her ne kadar yüksek sıcaklığa tabi olsalar da yumuşamamaktadırlar. Örnek verilecek olursa, Polyester, vinilester ve epoksi reçinelerdir [47].

Polyester reçineler termoset yapılı kompozit ürünlerdir. Polyesterler ısı desteğiyle hale dönüşebilmektedirler. Cam fiber üzerine uygulanan reçineler mukavemet olarak kuvvetli olması nedeniyle tercih edilmektedir. En önemlisi de çevresel sürdürülebilirliğin olmasıdır [48].

Vinilester reçineler epoksi reçinelere oranla daha kolay işlenebilmektedir. Ayrıca kolayca sertleşebilme özelliğine sahiptir. Ortalama sertleşme süresi max 5 saattir. Mekanik olarak bakıldığında korozyona dayanıklıdır. Diğer reçinelere oranla proses olarak kullanımları zor değildir [49].

Epoksi reçinelerden elde edilen kompozit malzemelerin kullanım ve uygulama alanları havacılık olmaktadır[83]. Epoksi reçineler yüksek dayanıma sahip olmaları nedeniyle havacılık uygulamalarının yanında spor aletlerinde de kullanılmaktadır. Bu şekilde çok fazla kullanım alanları genişlemiş olmaktadır [50]. Epoksi reçinelerin kullanımı ilk kez 1900'lü yıllarda kullanılmaya başlanmıştır. Bununla beraber birçok endüstri kuruluşlarına kapılarını açmışlardır. Epoksi reçinelerin alım maliyeti her ne kadar fazla olmuş olsa dahi üretim sonucundaki kalitesiyle değer malzemelerdir.

- Dayanımları güçlüdür.
- Korozyona dayanıklıdırlar.
- Mekanik ve fiziksel olarak performansları yüksektir.
- Yapışkanlık özelliği çok güçlüdür
- Kolayca donabilmektedir [51].

Ayrıca termoset reçinelerin farklı uygulama ve kullanım alanları vardır. Termoset karakterli reçinelerden doymamış polyester reçineler endüstri alanlarında kullanılmaktadır. ABD'de 1999 yıllarında fazla oranlarda polyester reçine tüketimi olmuştur. Kullanımı sağlanan polyester reçinelerin ise tekviyeli ve takviyeli olmayan

olarak ayrılmaktadır. Takviyeli uygulamalarda ise reçine ve cam fiber kullanımı olmuştur. Bu şekilde mekanik özellikleri yükseltilmiştir. Takviyesiz uygulamalar ise kaplama ve bowling alanlarında kullanılan toplardır. Ekonomik açıdan bakıldığında ise polyester reçineler ucuz olmalarıdır. Çizelge 2.2' de termoset matrislerin avantajları [52] ve termoset matrislerin dezavantajları [53] verilmiştir.

Çizelge 2.2. Termoset matrislerin avantaj [52] ve dezavantajları [53].

<b>Termoset Matrislerin Avantajları</b>	<b>Termoset Matrislerin Dezavantajları</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yüksek sıcaklıklara dayanıklılık özelliği vardır.</li> <li>• Son derece esnek tasarıma sahiptir.</li> <li>• İnce veya kalın cidarlı parça üretimine olanak verir.</li> <li>• Yüksek boyutsal kararlılık seviyelerine ulaşır.</li> <li>• İlk yatırım maliyetleri daha uygundur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geri dönüştürülemez.</li> <li>• Yüzeyin boyanması daha zordur.</li> <li>•Yeniden şekillendirilemez veya şekilsel deformasyona uğrarlarsa düzeltilemez.</li> </ul>

Termoplastik kompozitler katı özelliktedirler. Katı olmaları kolay şekil verilebilme açısından avantajlıdır. Yapısal olarak yarı kristal ya da amorf yapıdadırlar. Amorf yapılı plastikler gelişi güzel olarak düzenlenmektedir [54].

Termoplastik matrisler ısıtılması sonucunda yumuşamaktadır ve yarı sıvı yarı katı haldeyken şekillenebilmektedirler. Termoset matrisler bir katalizörün, ısının ya da her ikisinin yardımıyla sertleşme aşamasına geçmektedirler. Sertleşme işlemi tamamlandıktan sonra katı haldeki termoset matrisler tekrara ilk hallerine sıvı hallerine döndürülemezler. Termoset matrisler şekil değiştiremezler ne şekil verilmişse o şekilde kalmaktadır [55].

#### 4.5.1.2. Polimer Matrisli Kompozitler

Polimer yapılı kompozitler genelde petrokimya esaslı malzemelerdir. Günümüzde çok fazla yaygın olarak kullanılmaktadır. Korozyona karşı dirençli olmaları ve uzun kullanım ömrüne sahip ve işlenmesi kolay olması nedeniyle kütleli olarak yüksek malzemelerdir [56].

Bunun yanı sıra polimer matrisli kompozitler son yıllarda giderek farklı potansiyel uygulamalarında kullanılmaya başlanmaktadır. Çapraz bağlama maddeleri olarak inorganik nano malzemelerle çapraz bağlanan polimer matrisli kompozit malzemelerde olumlu yanıtlar vermektedir [57].

Malzeme bilimi geçmişten günümüze göre sürekli artmaktadır. Bugün ise geçmişteki tüm malzemelere endüstriyel tasarım bakış açısında bakılmaktadır. Malzeme biliminin ve grupların geliştirilmesi ve ihtiyaçlar doğrultusunda yönlendirilmelidir. Malzeme tanıtımı ve seçiminde tasarım açısından farklı gruplar önerilebilmektedir. Kompozit malzemeler amaca uygun olarak tasarımı yapılabilir. Bu şekilde birçok tasarımcıya geniş bir çalışma alanı sunabilmektedir. Polimerik matrisli kompozit malzemelerin hafif olması, mekanik dayanımı ve estetiklik gibi özelliklere sahip olması nedeniyle malzeme biliminde ve tasarımda birbirini takip etmektedir [58].

Polimer matrislerin metal ve seramik matrislere oranla daha fazla tercih edilmektedir. Sebebi ise ucuz, düşük elastik modüle sahip olmaları ve düşük sıcaklıkta olmalarıdır [59].

#### *4.5.1.3. Plastik Matrisli Kompozitler*

Plastik matrisli kompozitlerde matris olarak polimerler kullanılmaktadır. Bağlayıcı olarak kimyasallar kullanılmaktadır. Takviye de üretimi olan metal, cam ve ağaç tozu kullanılmaktadır [60]. Tersomet veya termoplastik matrislerden üretilebilmektedir. Fiziksel ve mekanik özellikleri nedeniyle karbon ve cam tabanlı lifler metal ve tekstil malzemeleri kullanımı sağlanmaktadır.

#### *4.5.1.4. Plastik-Cam Elyaf Esaslı Kompozitler*

Plastik ve cam elyaf kompozitlerde en fazla kullanımı olan cam elyaflardır. Termoset reçinelerde kullanılan takviye malzemelerinin yarısından fazla oranlarda cam elyaftan oluşmaktadır. E rime noktaları ortalama 840 °C'dir. Cam elyafların hammaddesi silikattan oluşmaktadır. Cam elyaf piyasada yüksek oranda bulunmaktadır. Tercih edilme sebebi ise diğer elyaf türlerine göre ekonomik olmalarıdır [61].

#### *4.5.1.5. Metal Matrisli Kompozitler*

Metal matrisli kompozitler; karıştırmalı, basınçlı, toz metalürjisi, haddelem ve çekme gibi sıcak ve soğuk şekillendirme tekniklerinin olduğu ileri düzey teknikler ile şekillendirilebilirler. Bu şekillendirme tekniği ile katı, sıvı ve katı-sıvı fazlarda şekillendirme olarak sınıflandırılabilirler. Metal matrislerin talaşlı ürünlerle şekillendirilmelerinde hasara yol açması ve yüksek maliyet nedeniyle kullanım alanları sınırlıdır [62]. Metal matrisli kompozitlerin özellikleri ise,

- Düşük yoğunluk sahip olmaları
- Tekrar üretilebilir özellikte olmaları

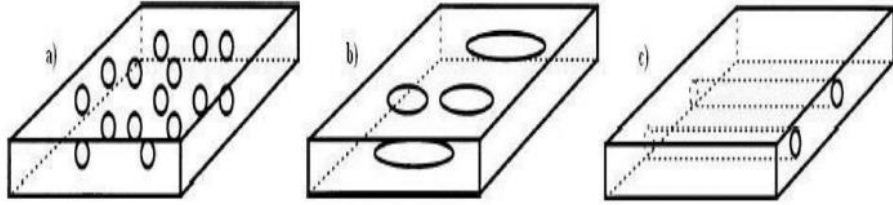
- Daha yüksek aşınma direncine sahip olmaları
- Daha iyi yorulma direncine sahip olmaları
- Düşük ısıl genleşme katsayısına sahip olmaları [63].

#### 4.5.1.6. Seramik Matrisli Kompozitler

Fonksiyonel ve yapısal olarak yüksek teknoloji seramikleri kullanılmaktadır. Başlıca seramik matrisler;  $Al_2O_3$ ,  $Si_3N_4$  olmaktadır. Her birinin yapısı farklı olması ve farklı amaçlarda kullanılmaları nedeniyle beraber kullanılmaktadır. Başlıca kullanım yerleri, uzay araçları, sandviç zırhlar, çeşitli askeri amaçlı parçalardır. Rijit ve gevrek yapıdadırlar. Elektriksel olarak yalıtkan malzemedir [64].

#### 4.5.1.7. Fiber Takviyeli Kompozitler

Fiber takviyeli kompozitler, istenilen özelliklerde malzeme elde edilebilmesi için en az iki veya daha fazla malzemelerin birleşmesiyle elde edilmektedir. Fiber malzemeler karbon, cam veya aramid matris malzemesi ise epoksi reçinedir. Şekil 4.4'te yer alan fiber takviyeli kompozitler görülmektedir [65].



Şekil 4.4. Fiber takviyeli kompozitler [66].

Takviye elemanlarına göre;

- Sürekli Fiber takviyeli
- Kesikli Fiber takviyeli

Yapılarına göre ise;

- Tek katlı kompozitler
- Çok katlı kompozitler

## 5. TEKSTİL ATIKLARI İLE KOMPOZİT ÜRETİMİ VE KULLANIM ALANLARI

Tekstil atıkları ile elde edilen kompozit malzeme üretiminde kullanılan kimyasallar, termoset yapılı epoksi, vinil ester ve polyester reçinelerdir. Epoksi reçinelerin kullanım alanları polimer matrisli kompozit termoset plastiklerdir. Epoksi reçinelerin tercih edilme nedeni düşük sertlikte, iyi yapışması, dirençli olması, çevre açısından zararlı olmamaları ve yalıtım malzemesi olarak güçlü bir yapıya sahip olmalarıdır [67]. Ayrıca, Polimer matrisli kompozitlerin kullanım süresi daha uzundur. Polimer reçinelerin avantajı, kalıplarda daha hızlı etkili olması, hafif ve sağlam olmalarıdır [68]. Vinil ester reçineler ise, hafif, güçlü, korozyona karşı dirençli olmaları nedeniyle tercih edilmekte ve yapı malzemesi olarak kullanımının yanı sıra toplu taşıma araçlarında da kullanılmaktadır [69].

Teknolojinin gelişmesiyle beraber kompozit plakalara olan ihtiyaç artmaktadır. Polimer kompozit plakalar, petrol, gaz ve otomotiv sektörlerinde çevre dostu olarak kullanılmaktadır [70]. Kompozit malzemeler yüksek yoğunlukta olmaları nedeniyle farklı endüstrilerde tercih sebebidir [71]. Kompozit plakaların mermiye karşı yüksek dirence sahip olmaları ve kurşun geçirmez bir malzeme olmaları nedeniyle savunma sanayinde de kullanımı artmıştır [72]. Kompozit malzemeler havacılık, uzay, robot, kimya, denizcilik, raylı sistemler, rüzgar enerjisi, uzay ve havacılık, savunma sanayi, inşaat, yapı sektöründe, spor ekipmanları ve otomotiv sanayi gibi bir çok endüstriyel alanda kullanılmaktadır.

Tekstil atıklarının geri kazanımından elde edilen kompozit malzemeler hem çevre açısından hem de ekonomik açıdan faydalıdır. Tekstil atıklarından geliştirilen kompozitler termal olarak güçlü bir yapıya sahiptir. Kompozit malzemeler mobilya ve inşaat sektöründe düşük maliyetli olması nedeniyle ahşap sektörü ile rekabet halindedir [73]. Endüstriyel üretim sonucu oluşan atıkların geri dönüşümü, insan sağlığı ve doğada sürdürülebilirlik açısından büyük önem arz etmektedir. Kompozit malzemeler çok çeşitli alanlarda kullanılabilir. Bu malzemeler, sanayileşme ve kentleşmenin artmasıyla ortaya çıkan gürültü kirliliğinin önlenmesi amacıyla da kullanılabilir [74].

## 6. TEKSTİL ATIKLARINDAN ÜRETİLEN KOMPOZİT MALZEMELERİN PERFORMANSLARININ VE ÇEVRESEL ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Geri dönüştürülemeyen atıklar çevresel olarak alıcı ortamları (hava, su ve toprak) ve insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Tekstil atıklarının kompozit malzeme üretiminde kullanımı ile çevre kirliliğinin azaltılması ve atık yönetiminin sürdürülebilirliği sağlanabilir [75]. Tablo 6.1’de literatürde tekstil atıklarının kullanımı ile elde edilen kompozit malzemeler ve özellikleri görülmektedir.

Çizelge 6.1. Farklı tekstil malzemelerinden elde edilen kompozitlerin incelenmesi.

Kullanılan Tekstil Malzeme	Kullanılan Reçine	İncelenen Özellik	Çevresel Etkisi	Referans
Atık elyaf	Epoksi	Termal iletkenlik, Akustik	%75 lif içeriğiyle, ses emilimi 2kHz ve 5kHz	Mahapatra vd., 2022
Atık denim kumaş	Polyester	Termal ve akustik	8 dB’ye kadar ses ve 2°C/W’ye kadar termal davranışı	Sezgin Hande vd., 2021
Atık karbon lif	Epoksi	Mekanik	Uzunlukları 10 µm azaldı, çapı ise aynı kaldı	Aamer Khan vd., 2022
Atık Jüt	Epoksi	Termal, mekanik	%60 granit ve 4 kat jüt içeriğiyle, çekme mukavemetinde ~%16, eğilme mukavemetinde ~%5 ve darbe mukavemetinde ~%148 artış elde edilmiştir.	Ranjan Chaturvedi vd., 2022
İşlenmemiş tekstil atığı	Epoksi	Mekanik, dayanıklılık, eğme	5-6 oranında olmasında max eğilme performansı	Payam Sadrolodabae vd., 2021

Mahapatra vd., 2022, tarafından yapılan çalışmada atık elyafın ve epoksi reçinenin kullanıldığı çalışmada elde edilen kompozit malzemenin termal iletkenlik ve akustik

özellikleri incelenmiştir. Bu çalışmada, lif malzeme miktarının %75 olması durumunda en etkin akustik özellik elde edilmiştir.

Sezgin Hande vd., 2021, tarafından yapılan çalışmada çeşitli sektörlerden temin edilen tekstil ve ambalaj atıklarının karışımı sonucu katma değeri yüksek olan kompozit paneller elde edilmiştir. Kompozit panel üretiminde takviye ve matris malzemesi olarak ayrı ayrı tekstil denim atıkları ve plastik ambalaj atık kullanımı olmuştur. Panellerin akustik ve termal davranışlarında hava geçirgenliği açısından incelemeler yapılmıştır. Akustik açıdan 8 dB'e kadar ses kaybı, termal açıdan ise 2°C/W'ye kadar alev geçiririci özellikleri sunulmuştur [76].

Aamer Khan vd., 2022, tarafından yapılan çalışmada karbon lifler sentezlenmiştir. Sentezlenen karbon liflerinin mekanik özelliklerine ve yapısal özelliklerine bakılmıştır. Çekme özelliklerine bakılırken epoksi reçine farklı oranlarda ele alınmıştır. 600 °C'de sentezlenen karbon lifleri %1 oranında dolgu malzemesi ilave edilerek %56.77 ve saf epoksi ile karşılaştırıldığında %4 dolgu ağırlığında %93'lük çekme dayanımı elde edilmiştir [77].

Ranjan Chaturvedi vd., 2022, yapmış oldukları çalışmada, %60 oranında granit atığı ve jüt liflerinden kompozit malzemeler elde etmişlerdir. Reçine olarak kullanılan epoksi ile mekanik (çekme, eğilme, darbe) özellikleri incelenmiştir. Mekanik özellikleri bakımından sırasıyla çekme %16, eğilme %5 ve darbe %148 oranlarında artışlar elde edilmiştir. Yoğunlukta yüksek oranda artış olmasına rağmen kalınlıkta daha fazla oranda artış gözlenmiştir. Elektrik öz direncinde azalma olmasına karşın elde edilen kompozitler yalıtkan özelliklerini korumuştur. Elde edilen kompozit malzemelerin çevreye olumsuz bir durumu olmadığı belirtilmektedir [78].

Payam Sadrolodabae vd.,2021, yaptıkları çalışmada tekstil atıklarının geri kazanımı sonucu elde edilen inşaat sektöründe kullanımı sağlanan kompozitler üretmişlerdir. Bu kompozitlerin hem mekanik hem de dayanıklılık özellikleri incelenmiştir. Elde edilen tüm kompozitlerden, yapı malzemesi olarak kullanımı uygunluğu belirtilmiştir. TW kompozitin potansiyel bir yapı malzemesi olarak kullanılmasının uygulanabilirliği sağlanmıştır [79].

Tekstil atıkları ile elde edilen kompozit plakalarla çimento esaslı kompozit paneller üretilmektedir. Elde edilen panellerin mukavemetlerine bakılarak havalandırılmalı cephelerde kullanımı sağlanmaktadır. Bu panellerin baştan sona kadar yaşam döngüleri

değerlendirilerek havalandırılmalı cephelerde kullanılan kompozitlerin mühendislik ve ticari malzemelerle karşılaştırması yapılmaktadır. Geri kazanım sonucunda elde edilen kompozitlerde 1 m<sup>2</sup>'lik cepheyi kaplamak için kullanılan miktar 17 MPa, ticari malzemelerde kaplanan miktar 24 MPa'dır. Elde edilen yeni kompozit malzemeler çevresel açıdan önemli ölçüde ekonomiye katma değer sağlamaktadır [80].

Tekstil atıklarının geri kazanımı sonucu elde edilen kompozitlerin yaşam döngüsü olarak değerlendirilmesinde çevresel sorunları belirlemede öncülük etmektedir. Pamuklu tekstil ürünlerinde %100 oranında pamuklu tek kişilik bir çarşafın üretim süreçlerinden başlayarak nihai ürün olarak tüketiciye ulaşmasından atık oluşumuna kadar geçen Yaşam Döngü Değerlendirme sürecidir [81].

Literatürde yapılan birçok çalışmada, atık malzemelerin kullanılması ile elde edilen kompozit malzemelerin teknik özelliklerinin incelendiği görülmektedir. Çevreci bir yaklaşım olarak kullanılan ve endüstriyel simbiyoz olarak değerlendirilebilecek olan bu tür çalışmalarda çevresel performansların yaşam döngüsü analizi ve/veya karbon ayak izi gibi çevreci tekniklerle değerlendirilmesi oldukça önemlidir.

## 7. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 7.1. DENEYSEL ÇALIŞMALARDA KULLANILAN MALZEMELER

Bu tez çalışmasında, farklı takviye malzemeleri ve farklı türdeki matris malzemeler ile kompozit plaka üretimi gerçekleştirilerek, bu plakaların mekanik, termal iletkenlik ve akustik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Takviye malzemesi olarak tekstil atığı (tül perde üretim sürecinde ortaya çıkan tül perde atıkları) (Şekil 7.1a) ve ticari cam elyaf (Şekil 7.1b) kullanılmıştır. Matris elemanı olarak termoset yapılı epoksi (Şekil 7.2-a), vinil ester (Şekil 7.2b) ve polyester reçineler (Şekil 7.2c) kullanılmıştır. Ayrıca, reçinenin özelliklerine bağlı olarak kullanılan kimyasal maddeler Şekil 7.2d, 7.2e ve 7.2f 'de verilmiştir. Takviye malzemeleri kalıba uygun olarak hazırlandıktan sonra malzemelerin kalıba yapışmasını engellemek için polivaks SV-6 üç tabaka halinde tabana (erkek ve dişi kalıp) ve çıkartma deliklerine sürülmüş olup her tabakadan sonra temizleme işlemi yapılmıştır (Şekil 7.3). Kompozit plaka üretiminde işlemi için kestamit malzemeden dış boyutları 35 cm x 35 cm x 15 mm olan kalıp imal edilmiştir (Şekil 7.3 a.c). erkek boyut görüşünü ve Şekil 7.3 b.d' de dişi boyut görüşünü verilmiştir.



a) Tekstil atığı



b) Cam elyaf

Şekil 7.1. Takviye malzemeleri.



a) Epoksi reçine



b) Vinil ester reçine



c) Polyester reçine



d) Sertleştirici



e) Kobalt

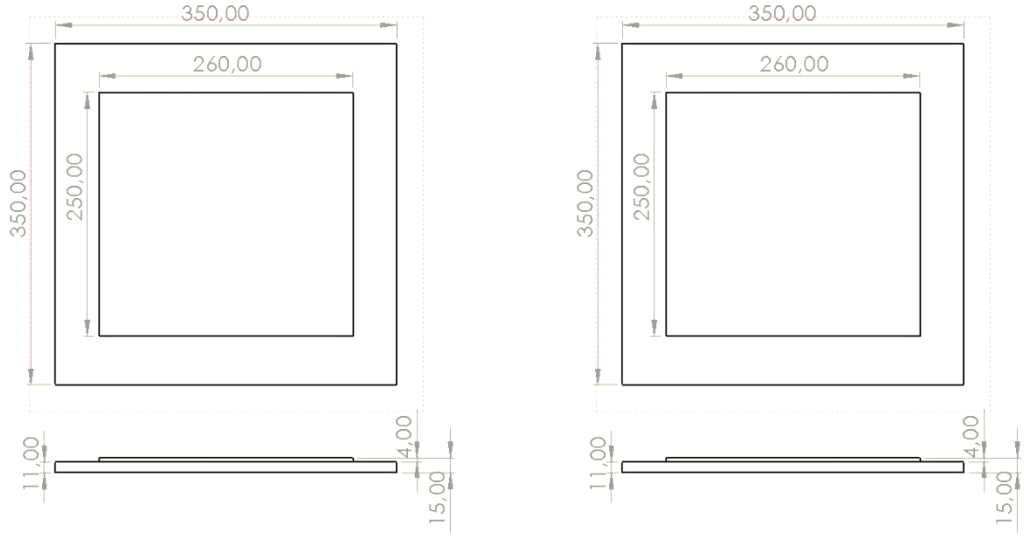


f) Sertleştirici



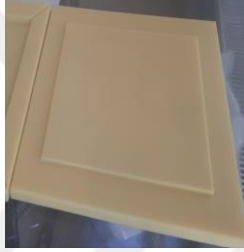
g) Polivaks SV-6 görünümü

Şekil 7.2. Polyester reçine uygulamasındaki malzemeler.



a) Kalıp boyutları (erkek)

b) Şekil Kalıp boyutları (dişi)



c) Kalıp görüntüsü (erkek)

d) Kalıp görüntüsü (dişi)

Şekil 7.3. Kalıp boyutları ve görüntüleri.

## 7.2. KOMPOZİT PLAKANIN ELDE EDİLiŞİ

Kompozit malzemenin üretiminde vakum torbalama yöntemi kullanılmıştır. Presle kalıplama işlemi üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşama takviye malzemesi olarak kullanılacak olan tül perde ve cam elyaf kalıba uygun olarak kesilmiştir (Şekil 7.4. a. Şekil 7.4.b)



a) Tül perde atık



b) Cam elyaf

Şekil 7.4. Takviye malzemelerinin kalıba uygun hazırlanması.

Polyester reçine hazırlama aşamasında uygun oranlarda polyester reçine beher yardımıyla (300ml) ölçülerek 1000\*1.5 kobalt (kurutucu) ilave edilerek hassas terazide (Şekil 7.5.a) tartıldıktan sonra 2 dk. mikserde (Şekil 7.5.b) karıştırılmıştır.



a) Hassas terazi



b) Mikser

Şekil 1.5. Polyester reçine hazırlama.

Kalıba uygun olarak kesilen tül atıkları plaka kalınlıklarına oranla %20, %30 ve %40 olarak, ticari cam elyaf plaka kalınlıklarına oranla %7, %10 ve %13 olarak hazırlanmıştır. Daha sonra 2 dk. etüvde nemi giderilerek hassas terazide tartılmıştır.

Takviye malzemeleri kalıba tek tek düz olacak şekilde %20, %30 ve %40 ve %7, %10 ve %13 olacak şekilde yerleştirilmiştir. Belirlenen reçeteye uygun olarak hazırlanan reçine kalıba dökmeden MEK ilave edilerek homojenize oluncaya kadar karıştırılmıştır. Daha sonra kalıbın üzerinde yer alan malzemelerin üzerine yavaş yavaş her bir tarafına eşit olacak şekilde dökülmüştür (Şekil 7. 6).



Şekil 7.6. Malzemelerin üzerine reçine ilavesi.

Malzemelerin üzerine reçine serimi tamamlandıktan sonra kalıp yüzleri birbirine bakacak şekilde kapatılarak prese hazır hale gelmektedir. Presin tablasına yerleştirilen kalıbın (Şekil 7.7.a) üzerine, presle uygulanan basıncın eşit dağılması için sıkıştırma levhası konulur (Şekil 7.7.b). Sıkıştırma işlemine hazır hale gelen kalıp presin üzerinde bulunan kol vasıtasıyla basınç uygulanarak polyester reçineler için 3 saat vinil ester reçineler için 5 saat ve epoksi reçineler 24 saat bekleme süresi uygulanmıştır. Ayrıca epoksi reçinelerin ortamdan kürlenmesini sağlamak için ortam ısıtılarak 24 saat bekletilmektedir (Şekil 7.8).



a) Kalıbın prese yerleşimi



b) Kalıpla pres arası sıkıştırma levhası

Şekil 7.7. Presle kalıplama.



Şekil 7.8. Epoksi reçine ortamda kürlenmesi.

Polyester 3, vinil ester 5 ve epoksi 24 saat bekleme süresinden sonra kalıbın üzerindeki basınç, presin üzerindeki vana vasıtasıyla gevşetilmiştir. Basıncı yaymaya yarayan sıkıştırma levhası alındıktan sonra spatül yardımıyla kalıplar birbirinden ayrılmış ve kompozit plakalar elde edilmiştir.

### 7.3. ÖLÇÜM TESTLERİ

#### 7.3.1. Çekme Testi

Çekme deneyleri için beyaz tül atıklarından oluşan kompozit plakalar elde edilmiştir. Elde edilen kompozit numuneler TS EN ISO 527-1 standardına göre 200 mm boy ve 20 mm en'lerindeki ölçüm değerlerine göre karbon kesim makinesinde her bir numune için kesimleri yapılmıştır (Şekil 7.9.a ve Şekil 7.9.b).



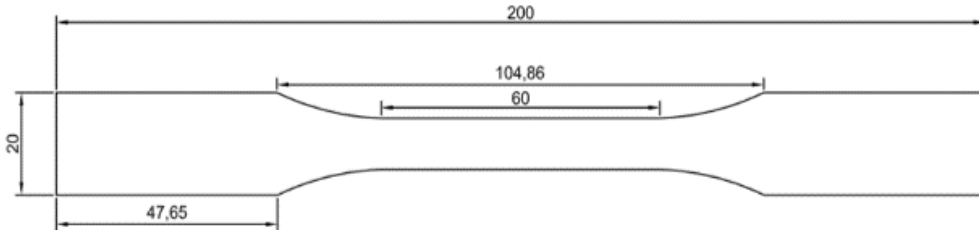
a) Kompozit plaka kesme cihazı



b) Kompozit plakanın kesilmesi

Şekil 7.9. Kompozit plakadan ölçüm numunelerinin elde edilmesi.

TS EN ISO 527-1 standardına göre numune boyutları ve elde edilen çekme numuneleri şekilleri Şekil 7.10.a ve Şekil 7.10. b'de görülmektedir.



a) TS EN ISO 527-1 Standardına göre çekme numune boyutları.



b) Çekme testi için üretilen örnekler

Şekil 7.10. Çekme testleri için boyutlar ve üretilen örnekler.

Çekme deneylerinde UEST MATERIAL TESTING EQUIPMENT marka deney cihazı kullanılmıştır (Şekil 7.11.a). Çekme deneyi yapılacak numune için standarda uygun numune hazırlanmıştır. Daha sonra numune üzerine her iki tarafı 40 mm uzunluğunda olacak şekilde çeltikle işaretlenmiş (Şekil 7.11.b) ve numunenin kalınlıkları ölçülmüştür. Çekme deney makinesi çeneleri arasına düzgün, işaretli yerler dikkate alınarak ve ortalayacak şekilde numune sıkıştırılmıştır. Daha sonra cihazın bağlı olduğu yazılıma komut verilerek numune kopuncaya kadar çekilmesi sağlanır. Numunenin koptuğu noktada işlem tamamlanır.



a) Çekme deney cihazı



b) Çeltik

Şekil 7.11. Çekme deneyinde kullanılan cihaz ekipman.

### 7.3.2. Akustik ölçümler

Akustik deneyleri için tül atıkları ve cam elyaf keçe malzemelerinden kompozit levhalar elde edilmiştir. Elde edilen kompozit numuneler standart olarak göre 200 \*125 ebatlarında karbon kesim makinesi ile kesimleri yapılmıştır. Akustik kesim numunelerinin boyutları Şekil 7.12.a'da ve elde edilen numune Şekil 7.12.b'de gösterilmiştir.



a) Akustik ölçüm boyutları



b) Akustik ölçüm için elde edilen numune

Şekil 7.12. Akustik ölçümler için numune elde edilmesi.

Akustik ölçüm için kestirilen numuneler, akustik ölçüm cihazına yerleştirilmeden önce Şekil 7.13.a ve Şekil 7.13.b'de bulunan kalıplara yerleştirilmiştir.



a) Tekstil atığı takviyeli kompozit plakanın akustik ölçüm kalıbına yerleştirilmesi



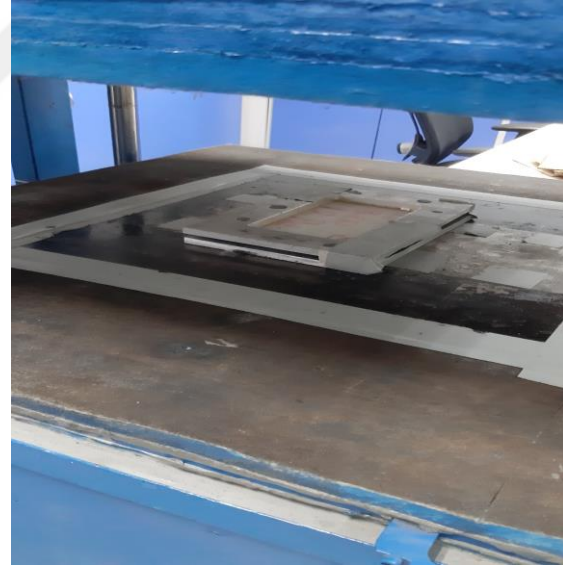
b) Cam elyaf takviyeli kompozit plakanın akustik ölçüm kalıbına yerleştirilmesi

Şekil 7.13. Akustik ölçüm kalıpları.

Akustik testler akustik ölçüm kabini içinde 7.14 tarafından geliştirilen cihazda standarda uygun olarak yapılmıştır [82].



a) Akustik ölçüm cihazı



b) Kompozit plakanın akustik ölçüm kalıbına yerleştirilmesi

Şekil 7.14. Akustik ölçüm cihazı ve numunenin yerleştirilmesi [82].

#### 7.4. KOMPOZİT PLAKALARIN TERMAL İLETKENLİK ÖLÇÜMLERİ

Elde edilen plakaların termal iletkenlik özellikleri C-Therm, (model termal iletkenlik cihazı ile ölçülmüştür (Şekil 7.15).

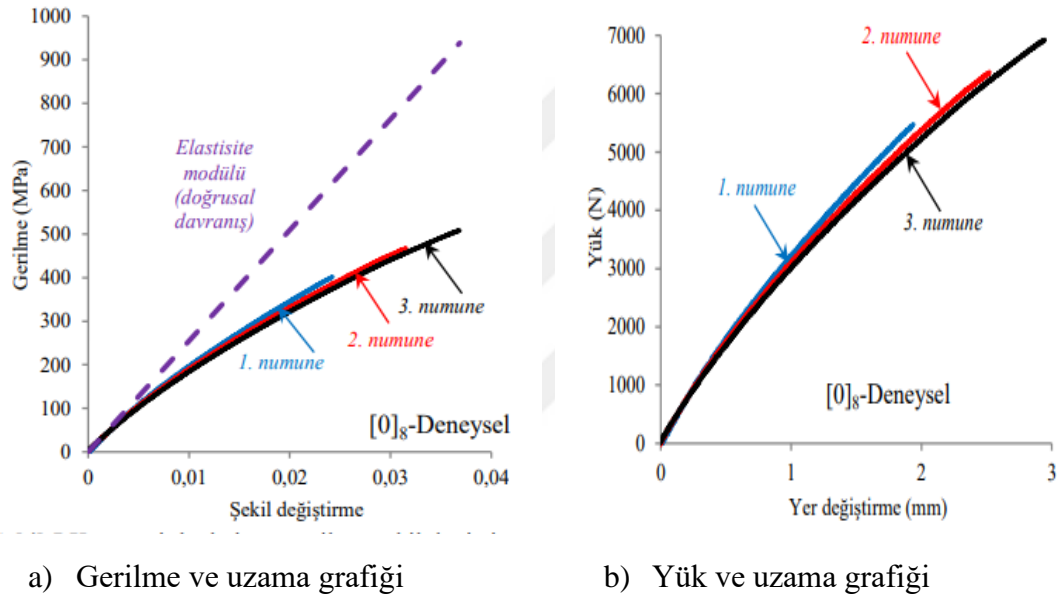


Şekil 7.15. Termal iletkenlik ölçüm cihazı.

## 8. SONUÇ VE ÖNERİLER

### 8.1. KOMPOZİT PLAKALARIN ÇEKME MUKAVEMETİ

Kompozit levhaların çekme test sonuçlarından elde edilen yük yer değiştirme ve gerilme şekil değiştirme grafikleri Şekil 8.- 1a ve Şekil 8.-1b’de verilmiştir. Kompozit levha için cam elyaf epoksi gerilme mukavemetleri 25455 MPa, 2505 MPa’dır. [83]

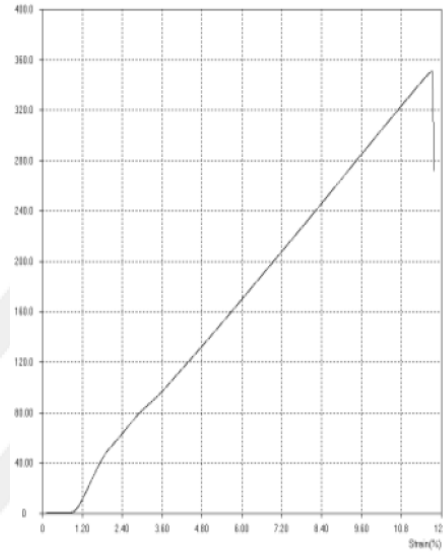
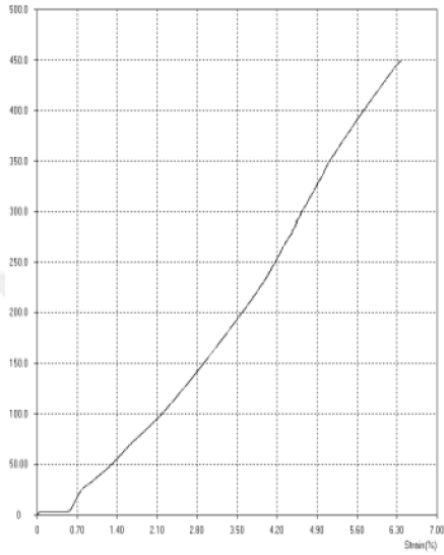


a) Gerilme ve uzama grafiği

b) Yük ve uzama grafiği

Şekil 8.1. Kompozit levhaların gerilme şekil değiştirme ve yer değiştirme kabiliyetleri.

Kompozit malzemelerin mekaniksel özelliklerinden yararlanılarak çekme dayanımı ve elastisite modüllerini belirlemek için çekme deneyleri ASTM D 3039 standardına göre yapılmıştır. Çekme deney sonuçlarına göre Şekil 8-2a gerilme (MPa), Uzama (mm) ve Şekil 8-2b Yük (k N) kabiliyetleri ve 8.-2c çekme deney sonucunda elde edilen max çekme dayanımı sonuçları yer almaktadır.



a) Çekme ve uzama grafiği

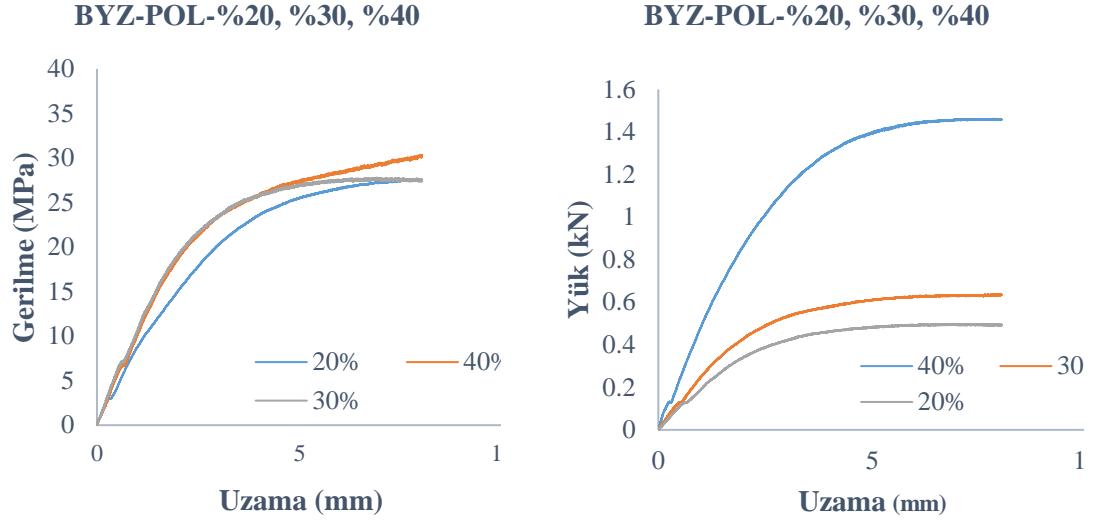
b) Yük ve uzama grafiği

Grup Adı	Seramik Partikül Tipi, Ürün Kodu, Partikül Büyüklüğü, Üretim Yöntemi	Katkı oranı (%)	Kalınlık (mm)	Çekme Dayanımı (MPa)
KATKISIZ	-	%0	2,14	405
GRUP A	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiO<sub>2</sub> (%97-3)</b> AMDRY 6200 (-22+5µm)	%5	2,42	363
		%10	2,39	335
		%15	2,41	317

c) Çekme deney sonucunda elde edilen max çekme dayanımı sonuçları

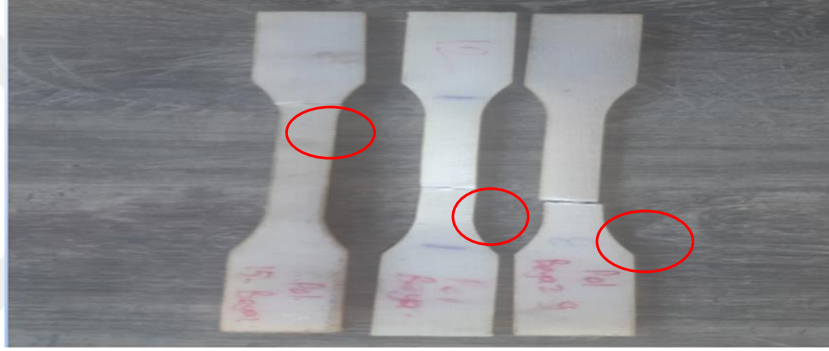
Şekil 8.2. Kompozit plakanın gerilme, yük, uzama kabiliyetleri ve max çekme dayanımı sonuçları [84].

Numune sonuçlarında gerilme (MPa), yük (kN) ve uzama (mm) dayanımlarına bakılmıştır. Takviye malzemesi olarak BYZ-POL-%20, %30 ve %40 oranlarında atık tül perde ve polyester kullanılarak elde edilen çekme deneyi sonuçları Şekil 8-3a'da, yük deney sonuçları Şekil 8-3b ve çekme deneyleri sırasında plakaların kopma noktaları da Şekil 8-3c'de görülmektedir. Bu deney sonuçlarına göre beyaz atık tül polyester plakaların çekme mukavemetinin daha iyi olduğu belirlenmiştir.



a) Gerilme ve uzama grafiği

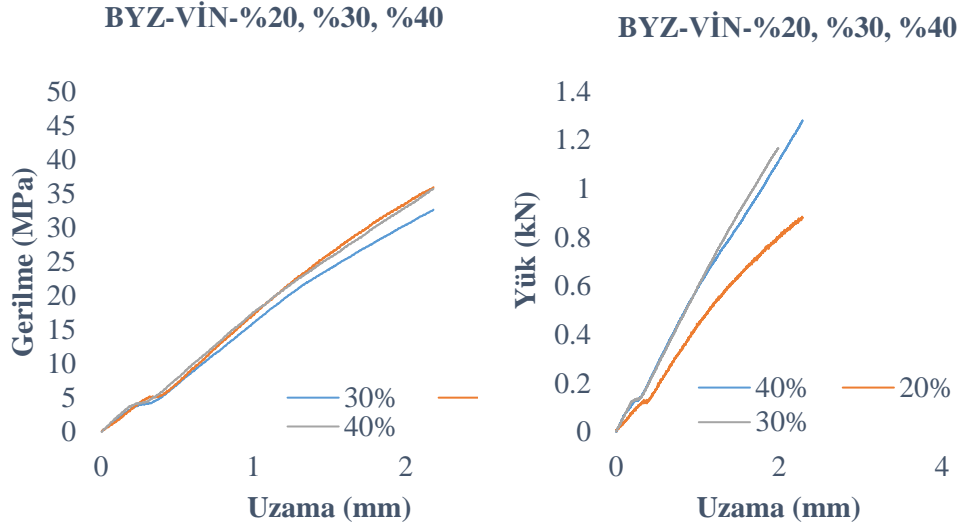
b) Yük ve uzama grafiği



c) Kopma noktaları

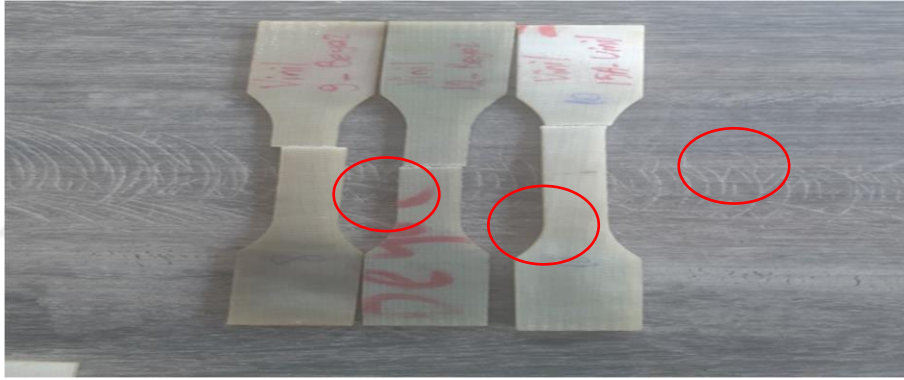
Şekil 8.3. %20, 30 ve 40 atık tül perde katkıli polyester kompozit plakanın gerilme, yük, uzama kabiliyetleri ve kopma noktaları.

Numune sonuçlarında gerilme (MPa), yük (kN) ve uzama (mm) dayanımlarına bakılmıştır. Takviye malzemesi olarak BYZ-VİN-%20, %30 ve %40 oranlarında atık tül perde ve vinil ester kullanılarak elde edilen çekme deneyi sonuçları Şekil 8-4a'da, yük deney sonuçları Şekil 8-4b ve çekme deneyleri sırasında plakaların kopma noktaları da Şekil 8-4c'de görülmektedir. Bu deney sonuçlarına göre beyaz atık tül vinil ester plakaların çekme mukavemetinin daha iyi olduğu belirlenmiştir.



a) Gerilme ve uzama grafiği

b) Y¼k ve uzama grafiği

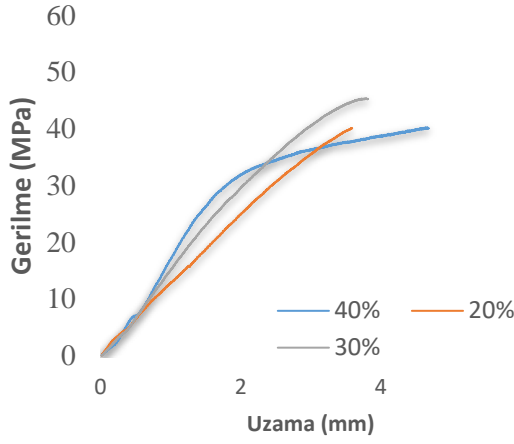


c) Kopma noktaları

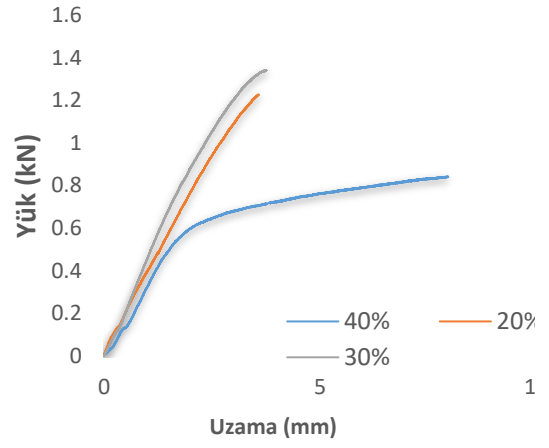
Şekil 8.4. %20, 30 ve 40 atık t¼l perde katkılı vinil ester kompozit plakanın gerilme uzama, y¼k uzama kabiliyetleri ve kopma noktaları.

Numune sonuçlarında gerilme (MPa), y¼k (kN) ve uzama (mm) dayanımlarına bakılmıştır. Takviye malzemesi olarak BYZ-EP-%20, %30 ve %40 oranlarında atık t¼l perde ve epoksi kullanılarak elde edilen çekme deneyi sonuçları Şekil 8.-5a'da, y¼k deney sonuçları Şekil 8.-5b ve çekme deneyleri sırasında plakaların kopma noktaları da Şekil 8.-5c'de gör¼lmektedir. Bu deney sonuçlarına göre beyaz atık t¼l epoksi plakaların çekme mukavemetinin daha iyi olduğu belirlenmiştir.

BYZ-EP-%20, %30, %40

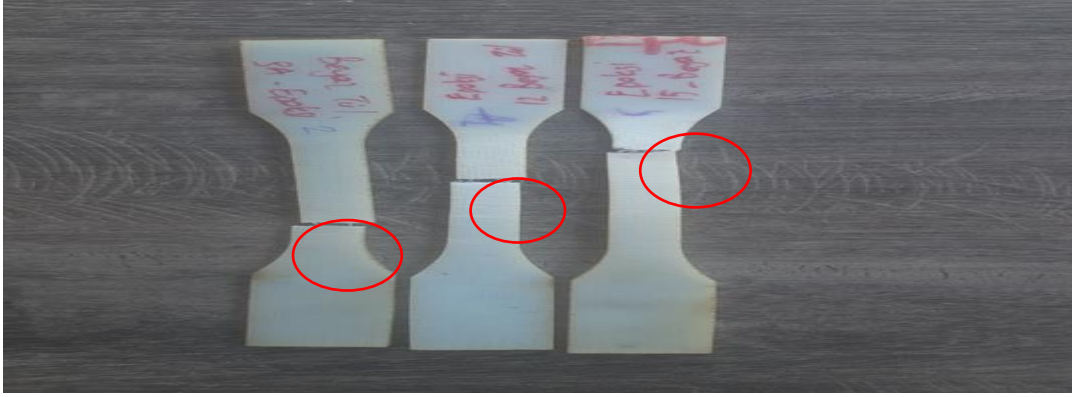


BYZ-EP-%20, %30, %40



a) Gerilme ve uzama grafiği

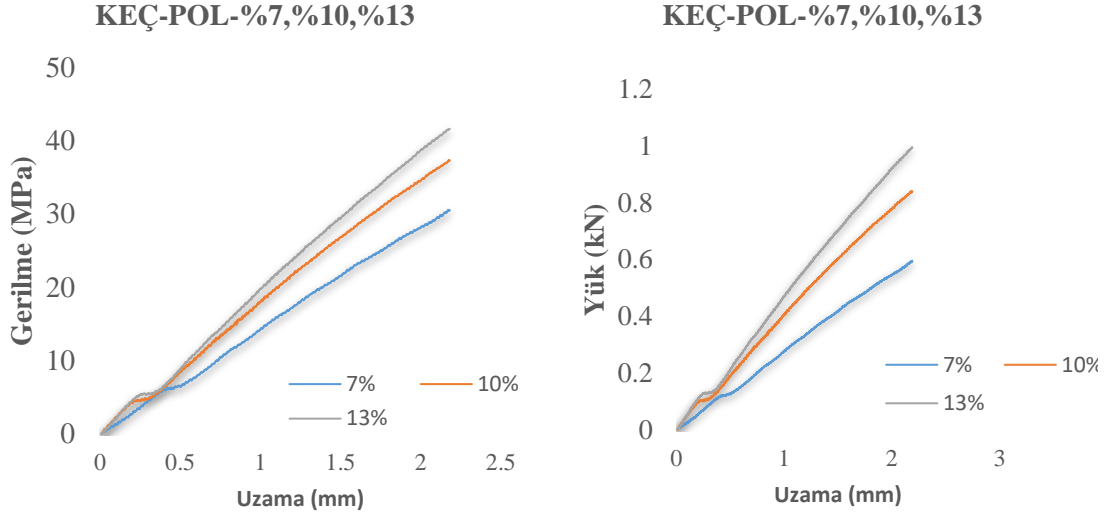
b) Yük ve uzama grafiği



c) Kopma noktaları

Şekil 8.5. %20, 30 ve 40 atık tül perde katkılı epoksi kompozit plakanın gerilme uzama, yük uzama kabiliyetleri ve kopma noktaları.

Numune sonuçlarında gerilme (MPa), yük (kN) ve uzama (mm) dayanımlarına bakılmıştır. Takviye malzemesi olarak KEÇ-POL-%7, %10 ve %13 oranlarında atık tül perde ve polyester kullanılarak elde edilen çekme deneyi sonuçları Şekil 8.-6a'da, yük deney sonuçları Şekil 8.-6b ve çekme deneyleri sırasında plakaların kopma noktaları da Şekil 8.-6c'de görülmektedir. Bu deney sonuçlarına göre beyaz atık tül polyester plakaların piyasa ürünü cam elyaf keçe plakalara göre çekme mukavemetinin daha iyi olduğu belirlenmiştir.



a) Gerilme ve uzama grafiği

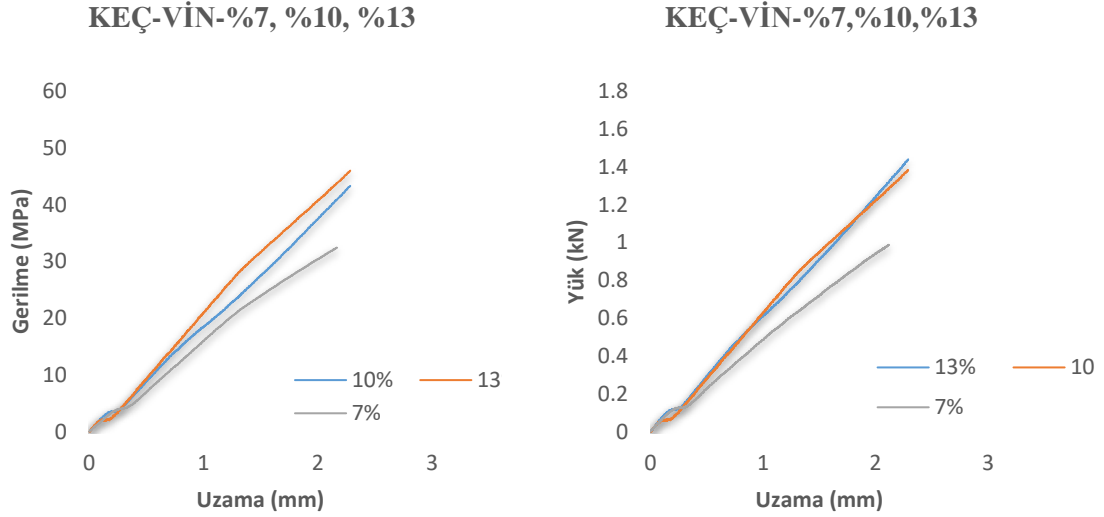
b) Y¼k ve uzama grafiği



c) Kopma noktaları

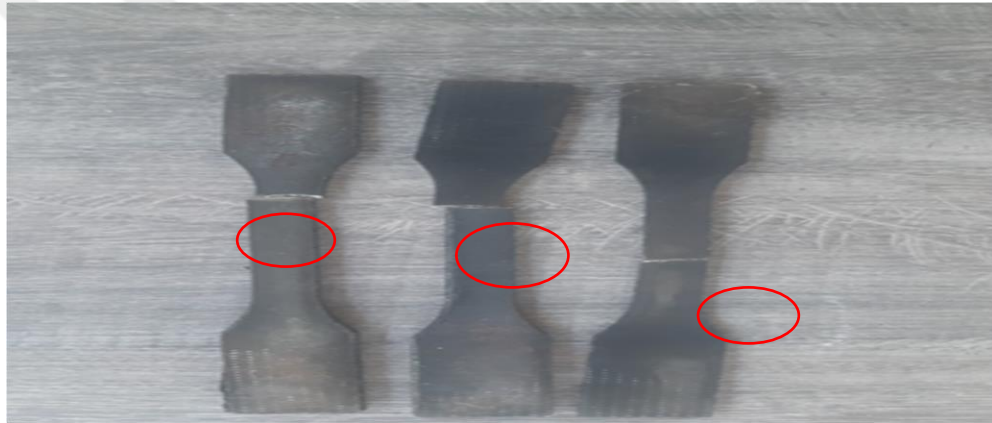
Şekil 8.6. %7, 10 ve 13 piyasa ürünü cam elyaf keçe katkılı polyester kompozit plakanın gerilme uzama, yük uzama kabiliyetleri ve kopma noktaları.

Numune sonuçlarında gerilme (MPa), yük (kN) ve uzama (mm) dayanımlarına bakılmıştır. Takviye malzemesi olarak KEÇ-VİN-%7, %10 ve %13 oranlarında piyasa ürünü cam elyaf keçe ve vinil ester kullanılarak elde edilen çekme deneyi sonuçları Şekil 8.-7a'da, yük deney sonuçları Şekil 8.-7b ve çekme deneyleri sırasında plakaların kopma noktaları da Şekil 8.-7c'de görülmektedir. Bu deney sonuçlarına göre beyaz atık tül perde vinil ester plakaların piyasa ürünü cam elyaf keçe plakalara göre çekme mukavemetinin daha iyi olduğu belirlenmiştir.



a) Gerilme ve uzama grafiği

b) Yük ve uzama grafiği

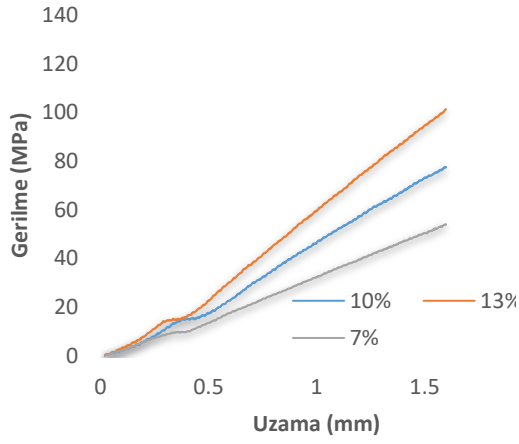


c) Kopma noktaları

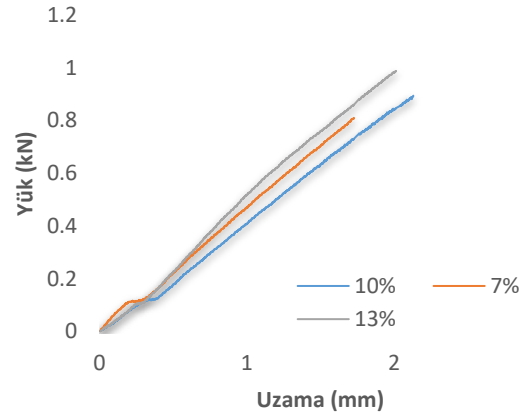
Şekil 8.7. %7, 10 ve 13 piyasa ürünü cam elyaf keçe katkıli vinil ester kompozit plakanın gerilme uzama, yük uzama kabiliyetleri ve kopma noktaları.

Numune sonuçlarında gerilme (MPa), yük (kN) ve uzama (mm) dayanımlarına bakılmıştır. Takviye malzemesi olarak KEÇ-EP-%7, %10 ve %13 oranlarında piyasa ürünü cam elyaf keçe ve epoksi kullanılarak elde edilen çekme deneyi sonuçları Şekil 8.-8a'da, yük deney sonuçları Şekil 8.-8b ve çekme deneyleri sırasında plakaların kopma noktaları da Şekil 8.-8c'de görülmektedir. Bu deney sonuçlarına göre beyaz atık tül perde epoksi plakaların piyasa ürünü cam elyaf keçe plakalara göre çekme mukavemetinin daha iyi olduğu belirlenmiştir.

KEÇ-EP-%7, %10, %13

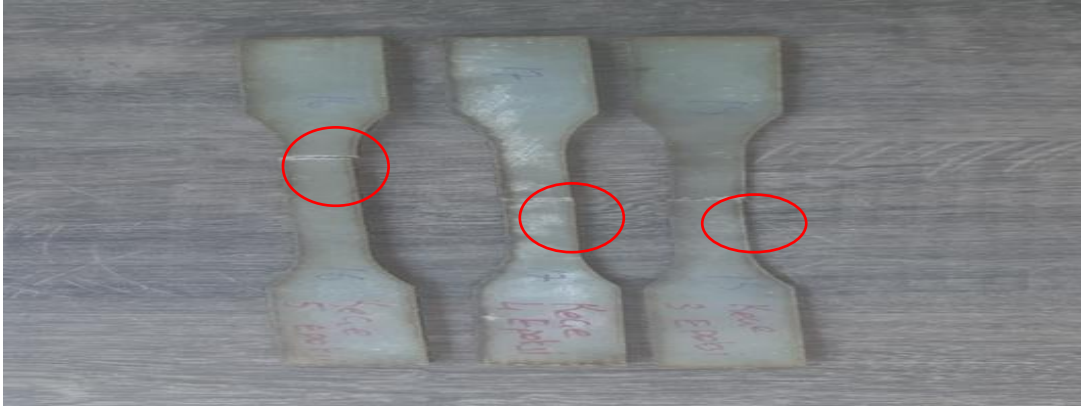


KEÇ-EP-%7,%10,%13



a) Gerilme ve uzama grafiği

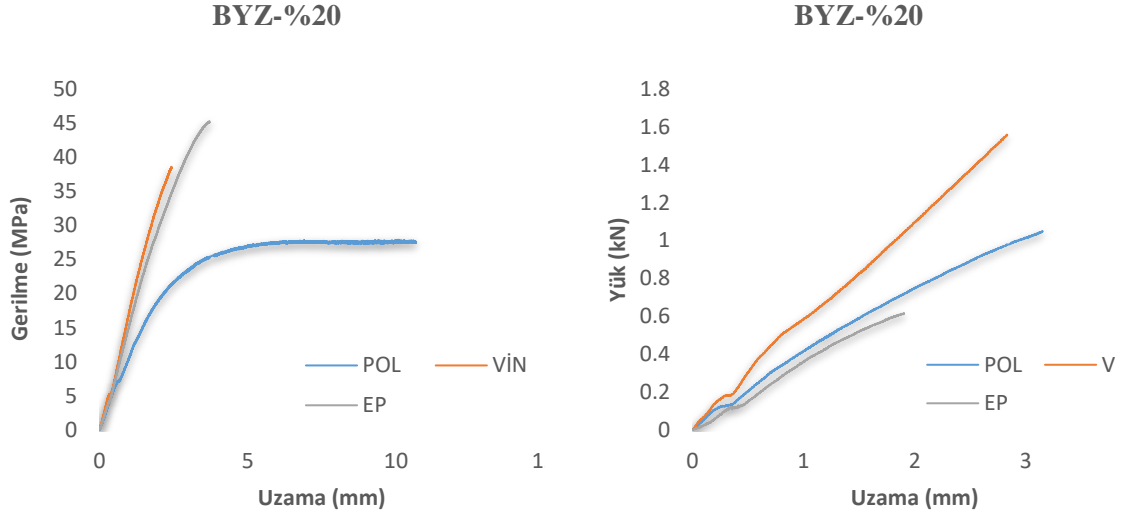
b) Yük ve uzama grafiği



c) Kopma noktaları

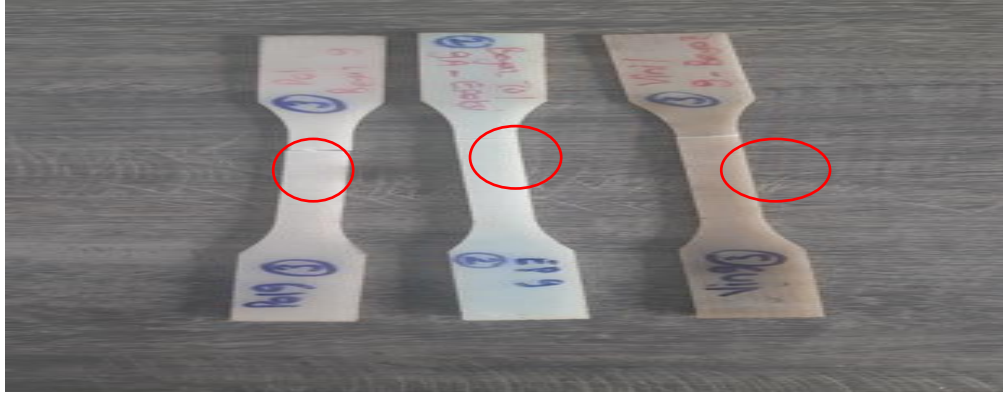
Şekil 8.8. %7, 10 ve 13 piyasa ürünü cam elyaf keçe katkıli epoksi kompozit plakaların gerilme uzama, yük uzama kabiliyetleri ve kopma noktaları.

Numune sonuçlarında gerilme (MPa), yük (kN) ve uzama (mm) dayanımlarına bakılmıştır. Takviye malzemesi olarak BYZ-%20, oranlarında atık tül perde, polyester, vinil ester ve epoksi kullanılarak elde edilen çekme deneyi sonuçları Şekil 8.-9'da, yük deney sonuçları Şekil 8.-9b ve çekme deneyleri sırasında plakaların kopma noktaları da Şekil 8.-9c'de görülmektedir. Bu deney sonuçlarına göre beyaz atık tül %20 oranındaki plakaların çekme mukavemetinin daha iyi olduğu belirlenmiştir.



a) Gerilme ve uzama grafiği

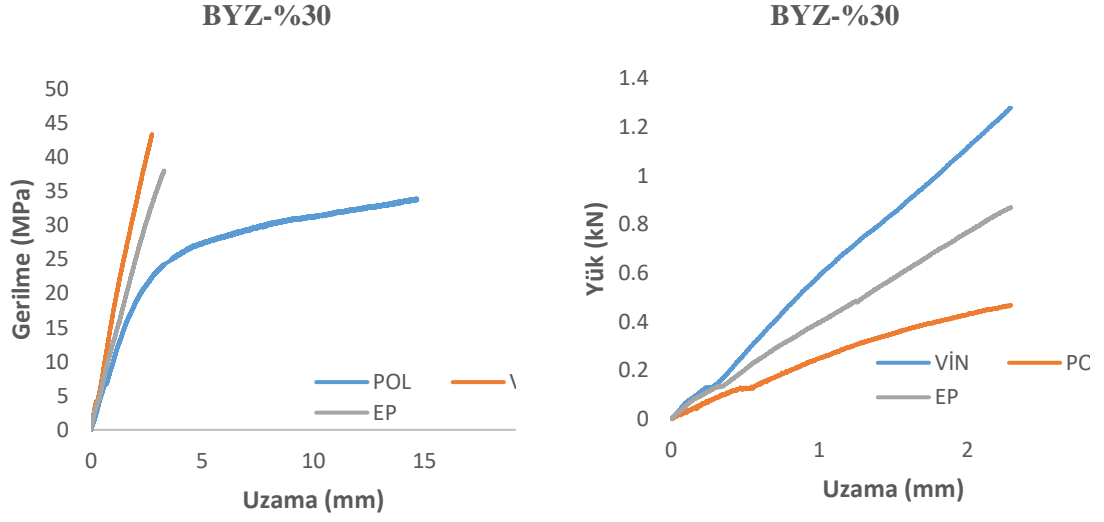
b) Yük ve uzama grafiği



c) Kopma noktaları

Şekil 8.9. %20 atık tül perde katkıli polyester, vinil ester ve epoksi kompozit plakanın gerilme uzama, yük uzama kabiliyetleri ve kopma noktaları.

Numune sonuçlarında gerilme (MPa), yük (kN) ve uzama (mm) dayanımlarına bakılmıştır. Takviye malzemesi olarak BYZ-%30 oranında atık tül perde, polyester, vinil ester ve epoksi kullanılarak elde edilen çekme deneyi sonuçları Şekil 8.-10a'da, yük deney sonuçları Şekil 8.-10b ve çekme deneyleri sırasında plakaların kopma noktaları da Şekil 8.-10c'de görülmektedir. Bu deney sonuçlarına göre beyaz atık tül %20 oranındaki plakaların çekme mukavemetinin daha iyi olduğu belirlenmiştir.



a) Gerilme ve uzama grafiği

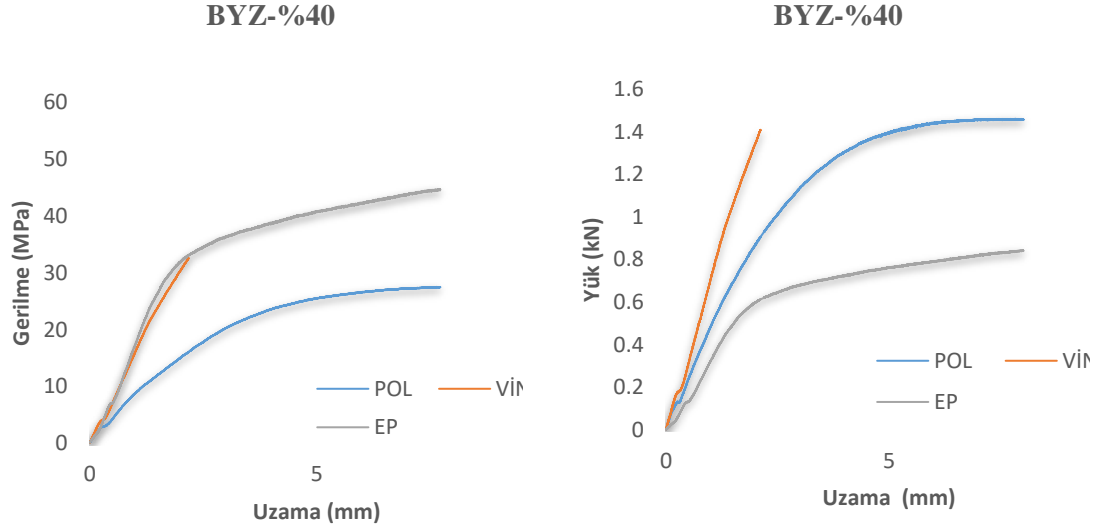
b) Yük ve uzama grafiği



c) Kopma noktaları

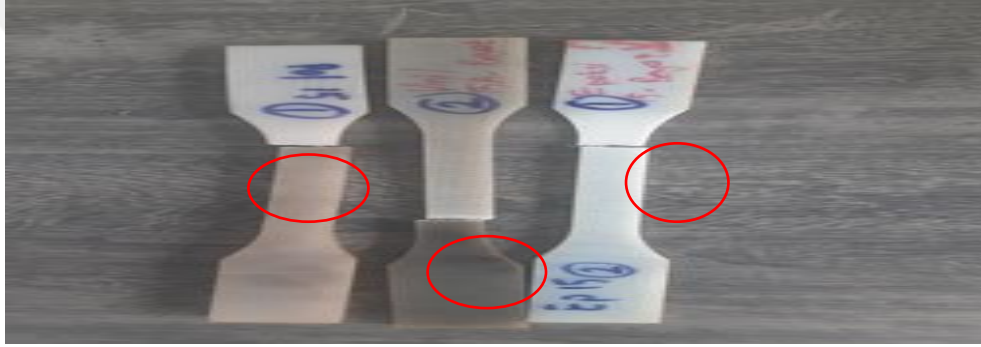
Şekil 8.10. %30 atık tül perde katkılı polyester, vinil ester ve epoksi kompozit plakaların gerilme uzama, yük uzama kabiliyetleri ve kopma noktaları.

Numune sonuçlarında gerilme (MPa), yük (kN) ve uzama (mm) dayanımlarına bakılmıştır. Takviye malzemesi olarak BYZ- %40 oranında atık tül perde, polyester , vinil ester ve epoksi kullanılarak elde edilen çekme deneyi sonuçları Şekil 8.-11a'da, yük deney sonuçları Şekil 8.-11b ve çekme deneyleri sırasında plakaların kopma noktaları da Şekil 8.-11c'de görülmektedir. Bu deney sonuçlarına göre beyaz atık tül %30 oranındaki plakaların çekme mukavemetinin daha iyi olduğu belirlenmiştir.



a) Gerilme ve uzama grafiği

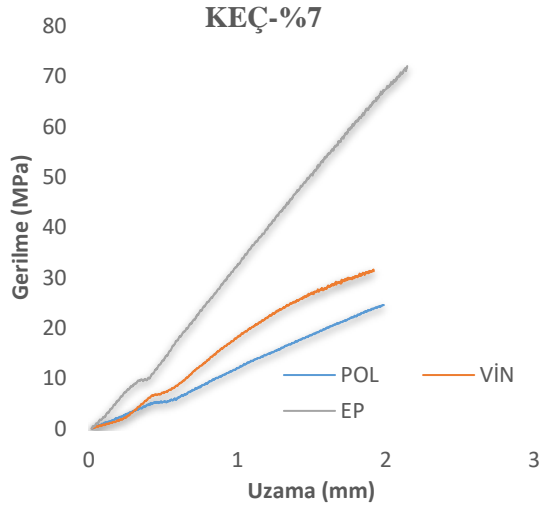
b) Yük ve uzama grafiği



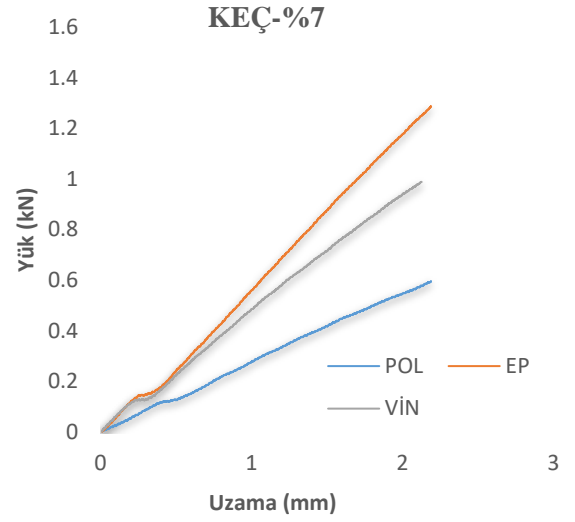
c) Kopma noktaları

Şekil 8.11. %40 atık tül perde katkıli polyester, vinil ester ve epoksi kompozit plakaların gerilme uzama, yük uzama kabiliyetleri ve kopma noktaları.

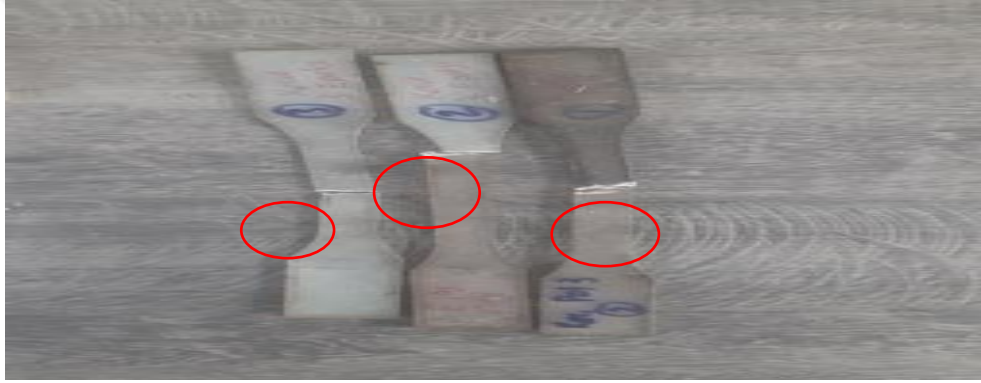
Numune sonuçlarında gerilme (MPa), yük (kN) ve uzama (mm) dayanımlarına bakılmıştır. Takviye malzemesi olarak KEÇ-%7 oranında atık tül perde, polyester, vinil ester ve epoksi kullanılarak elde edilen çekme deneyi sonuçları Şekil 8.-12a'da, yük deney sonuçları Şekil 8.-12b ve çekme deneyleri sırasında plakaların kopma noktaları da Şekil 8.-12c'de görülmektedir. Bu deney sonuçlarına göre %20 beyaz atık tül plakaların, piyasa ürünü cam elyaf keçe plakalara %7 göre çekme mukavemetinin daha iyi olduğu belirlenmiştir.



a) Gerilme ve uzama grafiği



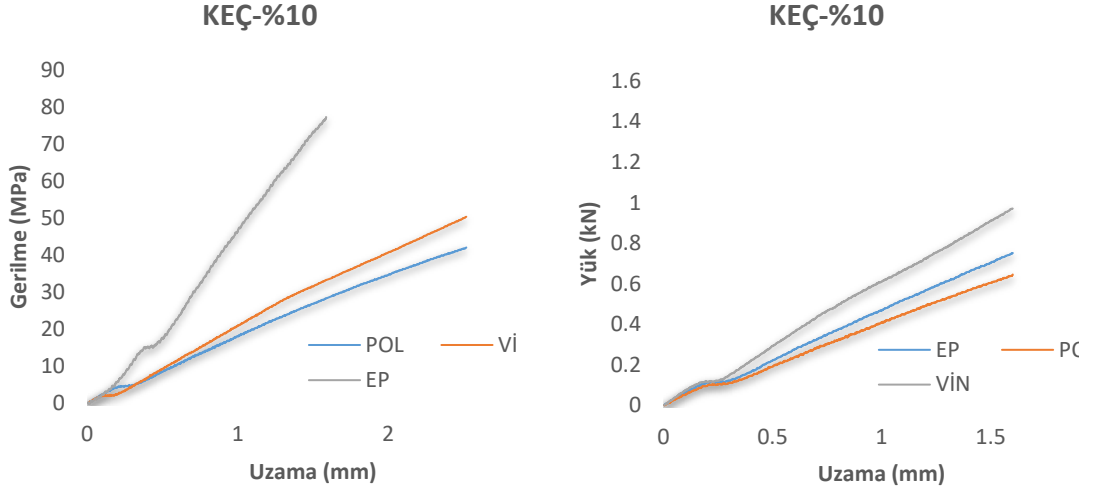
b) Yük ve uzama grafiği



c) Kopma noktaları

Şekil 8.12. %7 cam elyaf keçe katkılı polyester, vinil ester ve epoksi kompozit plakaların gerilme uzama, yük uzama kabiliyetleri ve kopma noktaları.

Numune sonuçlarında gerilme (MPa), yük (kN) ve uzama (mm) dayanımlarına bakılmıştır. Takviye malzemesi olarak KEÇ-%10 oranında piyasa ürünü cam elyaf keçe, polyester, vinil ester ve epoksi kullanılarak elde edilen çekme deneyi sonuçları Şekil 8.-13a'da, yük deney sonuçları Şekil 8.-13b ve çekme deneyleri sırasında plakaların kopma noktaları da Şekil 8.-13c'de görülmektedir. Bu deney sonuçlarına göre %30 beyaz atık tül plakaların, piyasa ürünü cam elyaf keçe plakalara %10 göre çekme mukavemetinin daha iyi olduğu belirlenmiştir.



a) Gerilme ve uzama grafiği

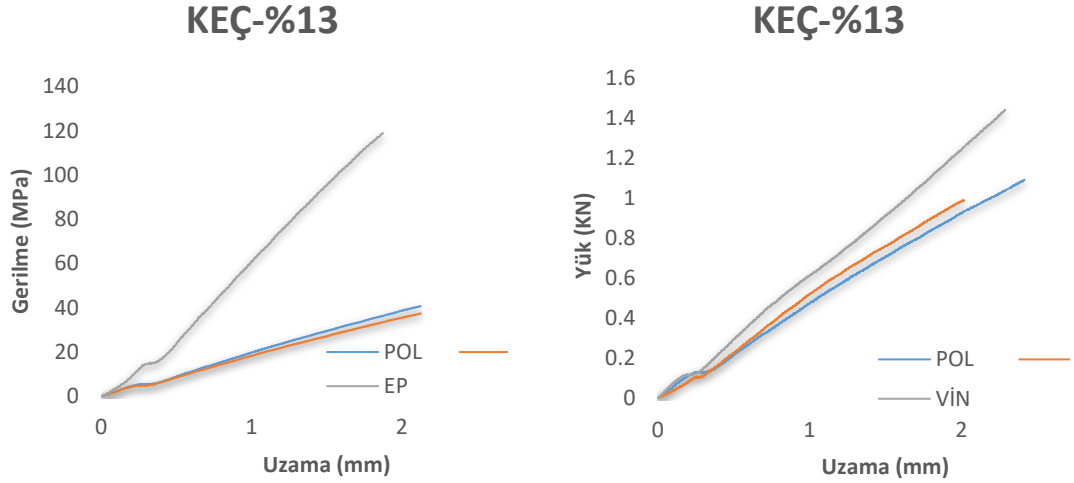
b) Yük ve uzama grafiği



c) Kopma noktaları

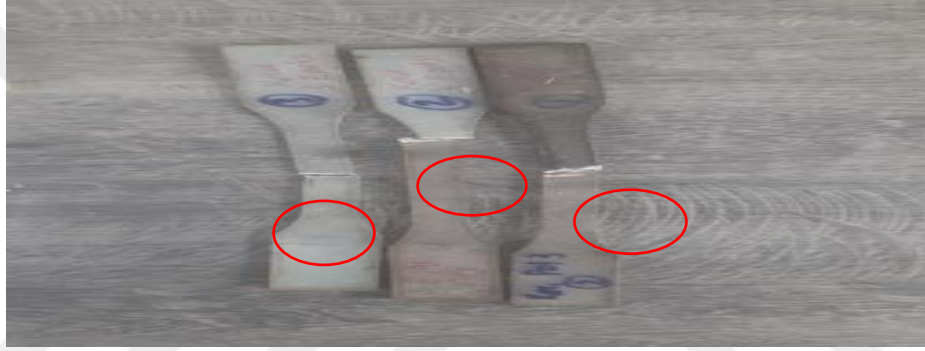
Şekil 8.13. %10 cam elyaf keçe katkılı polyester, vinil ester ve epoksi kompozit plakaların gerilme uzama, yük uzama kabiliyetleri ve kopma noktaları.

Numune sonuçlarında gerilme (MPa), yük (kN) ve uzama (mm) dayanımlarına bakılmıştır. Takviye malzemesi olarak KEÇ-%13 oranında piyasa ürünü cam elyaf keçe, polyester, vinil ester ve epoksi kullanılarak elde edilen çekme deneyi sonuçları Şekil 8.-14a'da, yük deney sonuçları Şekil 8.-14b ve çekme deneyleri sırasında plakaların kopma noktaları da Şekil 8.-14c'de görülmektedir. Bu deney sonuçlarına göre %40 beyaz atık tül plakaların, piyasa ürünü cam elyaf keçe %13 plakalara göre çekme mukavemetinin daha iyi olduğu belirlenmiştir



a) Gerilme ve uzama grafiği

b) Yük ve uzama grafiği



c) Kopma noktaları

Şekil 8.14. %13 cam elyaf keçe katkılı polyester, vinil ester ve epoksi kompozit plakaların gerilme uzama, yük uzama kabiliyetleri ve kopma noktaları.

## 8.2. FARKLI TAKVİYE MALZEMELERİ VE FARKLI REÇİNELER KULLANILARAK ÜRETİLEN PLAKALARIN AKUSTİK ÖZELLİKLERİN BELİRLENMESİ

Ülkemizde gürültü kirliliği ile ilgili düzenlemeler Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından 30 Kasım 2022 tarihinde yayınlanan “Gürültü kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği” (Resmi Gazete, Sayı: 32029) ile sağlanmaktadır [85]. Farklı gürültü kaynağına göre gürültü değerleri Çizelge 8.1’de görülmektedir. Gürültü düzeyi dB cinsinden ifade edilmektedir. Ortamlarda gürültünün belirlenmesi için gürültü ölçüm cihazlarına çeşitli filtre ekipmanları adapte edilir. Bu ölçümlerde (A), (B) ve (C) olarak farklı 3 türü vardır. Ölçülen ses düzeyi de dB(A), dB(B) ve dB(C) olarak ifade edilmektedir. dB(A) insan kulağının frekansa bağlı olarak sesi algılama seviyesine göre

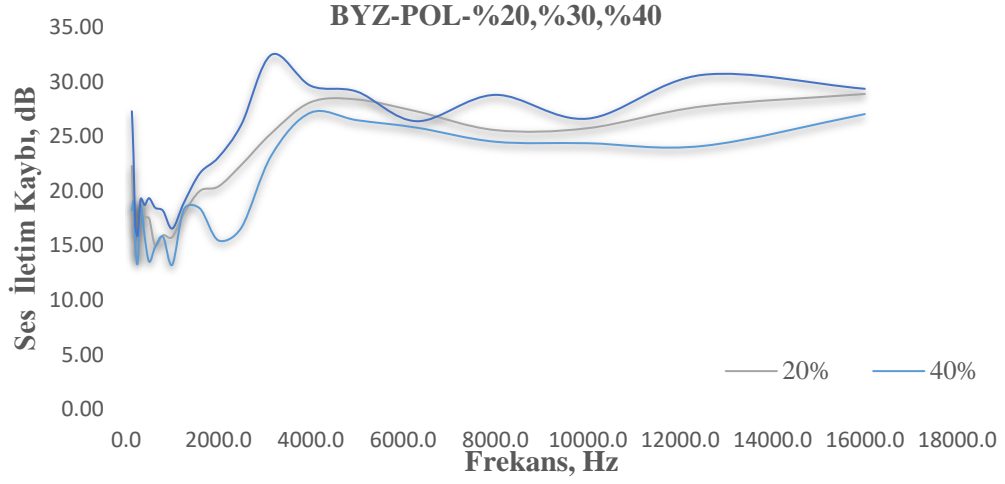
en çok kullanılan birim ve filtre türüdür [86]. Birim saniyede oluşan devir sayısı frekans olarak ifade edilmektedir. Frekansın birimi Hertz (Hz)'dir. 20-2000 Hz arasındaki frekanslar insan kulağının duyarlı olduğu frekans değerleridir [87].

Çizelge 8.1. Çevresel gürültü düzeyi sınır değerleri [85].

Gürültü Kaynağı	Ölçülen Parametre	Çevresel Gürültü Düzeyi		
		Gündüz	Akşam	Gece
Endüstri tesisleri, ulaşım kaynakları	LA eq,Smin	65dB (A)	60dB (A)	55 dB (A)
Müzik yayını yapan işyerleri	LAeq,63-250 Hz	60dB (A)	55 dB (A)	50 dB (A)
İşyerleri	LA eq,Smin	Arka plan + 5 dB (A)		Arka plan + 3 dB (A)
Birden çok olması halinde	LA eq,Smin	Arka plan + 7 dB (A)		Arka plan + 5 dB (A)
Tüm kaynaklar	LC max	100dB (C)		

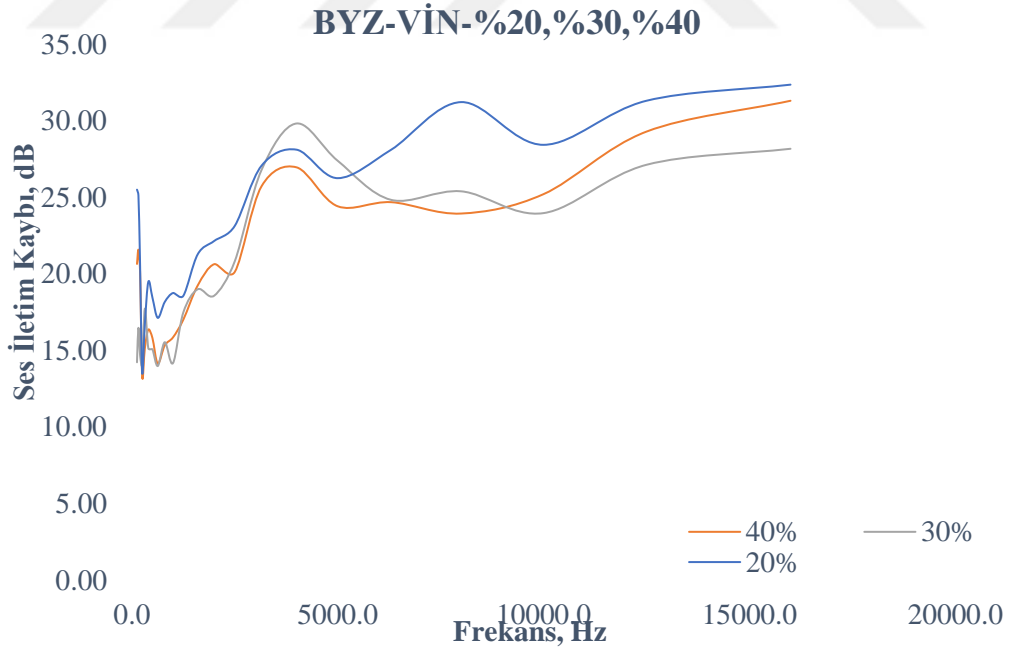
### 8.2.1. Farklı Oranlarda Atık Tül Perde ve Polyester, Vinil Ester ve Epoksi Reçine Kullanılarak Elde Edilen Plakaların Akustik Özellikleri

Takviye malzemesi olarak %20, %30 ve %40 atık tül perde ve polyester kullanılarak elde edilen plakaların akustik deney sonuçları farklı ses frekansına karşılık elde edilen ses iletim kaybı dB olarak Şekil 8.15'de görülmektedir. Elde edilen plakalardaki akustik özellikler farklı frekans değerlerine karşılık gelen ses iletim kaybı verilerine göre değerlendirilmiştir. Bu deney sonuçlarına göre %40 atık tül perde katkılı polyester plakaların ses iletim kaybının %20 ve %30 atık tül perde katkılı polyester plakaya göre daha etkin olduğu belirlenmiştir. Buna göre, takviye malzemesi olarak atık tül perdenin oranının artması ses iletim kaybını azaltırken, sesi engelleme potansiyelini artırmıştır. % 40 atık tül perdesi katkılı polyester plakalarda ses iletim kaybı 13.19-27.19 dB aralığında değişim göstermiştir. İnsan kulağının duyarlı olduğu 20-2000 Hz frekans aralığında ses iletim kaybı 15- 35 dB aralığında değişim göstermiştir. Bu değerlere bakıldığında ortamlarda oluşan gürültüyü önemli ölçüde azaltabileceği öngörülmektedir. Literatürde yapılan bir çalışmada çeşitli reçineler ile lifli takviye malzemesi kullanılarak üretilen kompozit plakalarda, kullanılan tabaka sayısının artması ile ses iletim kaybı azalarak, akustik açıdan daha etkin plakalar elde edilmiştir [88].



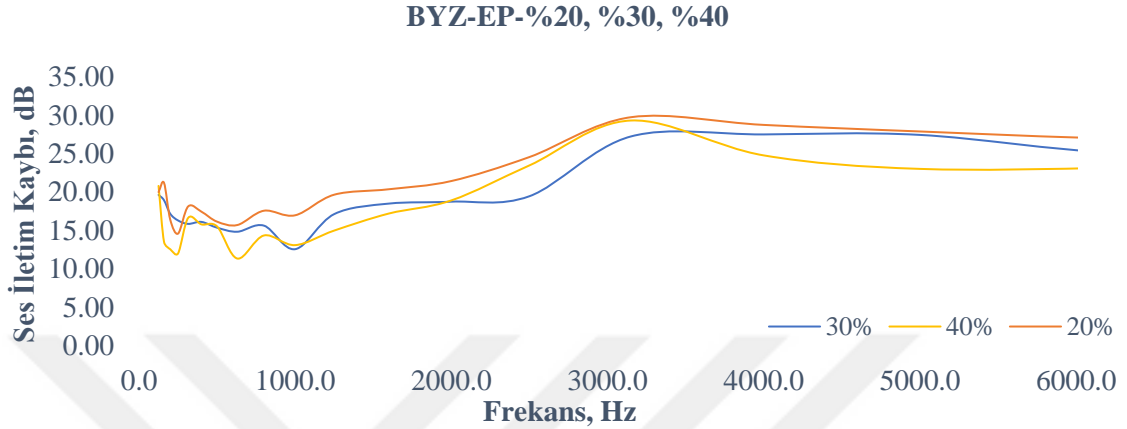
Şekil 8.15. %20, %30 ve %40 oranında atık tül perde katkıli polyester plakaların ses iletim kayıpları.

Takviye malzemesi olarak %20, %30 ve %40 atık tül perde ve polyester kullanılarak elde edilen plakaların akustik deney sonuçları Şekil 8.16'da görülmektedir. Bu deney sonuçlarına göre %40 atık tül perde katkıli vinil ester plakaların ses iletim kaybının %20 ve %30 atık tül perde katkıli vinil ester plakaya göre daha etkin olduğu belirlenmiştir.



Şekil 8.16. %20, %30 ve %40 oranında atık tül perde katkıli vinil ester plakaların ses iletim kayıpları.

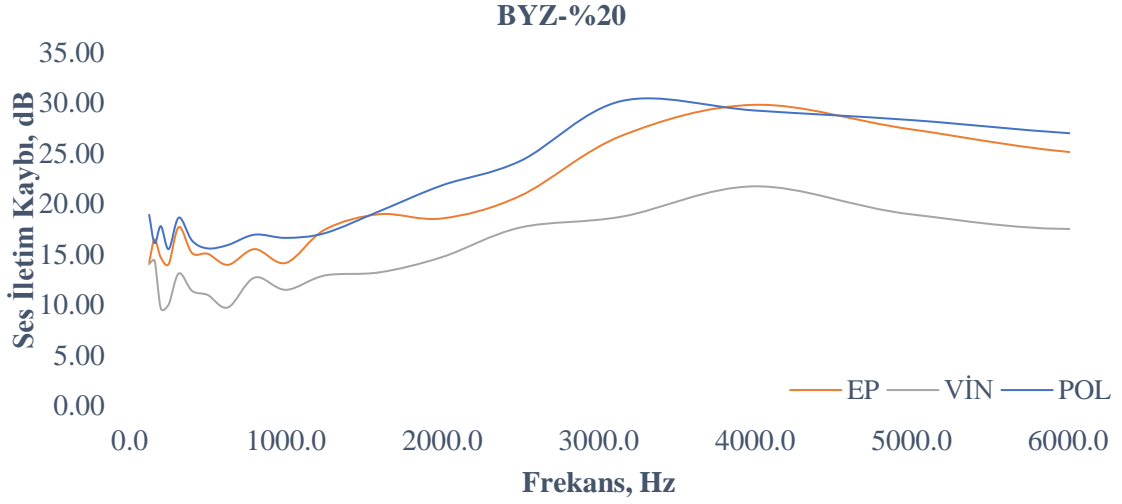
Takviye malzemesi olarak %20, %30 ve %40 atık tül perde ve polyester kullanılarak elde edilen plakaların akustik deney sonuçları Şekil 8.17’de görülmektedir. Bu deney sonuçlarına göre %40 atık tül perde katkıli epoksi plakaların ses iletim kaybının %20 ve %30 atık tül perde katkıli epoksi plakaya göre daha etkin olduğu belirlenmiştir.



Şekil 8.17. %20, %30 ve %40 oranında atık tül perde katkıli epoksi plakaların ses iletim kayıpları.

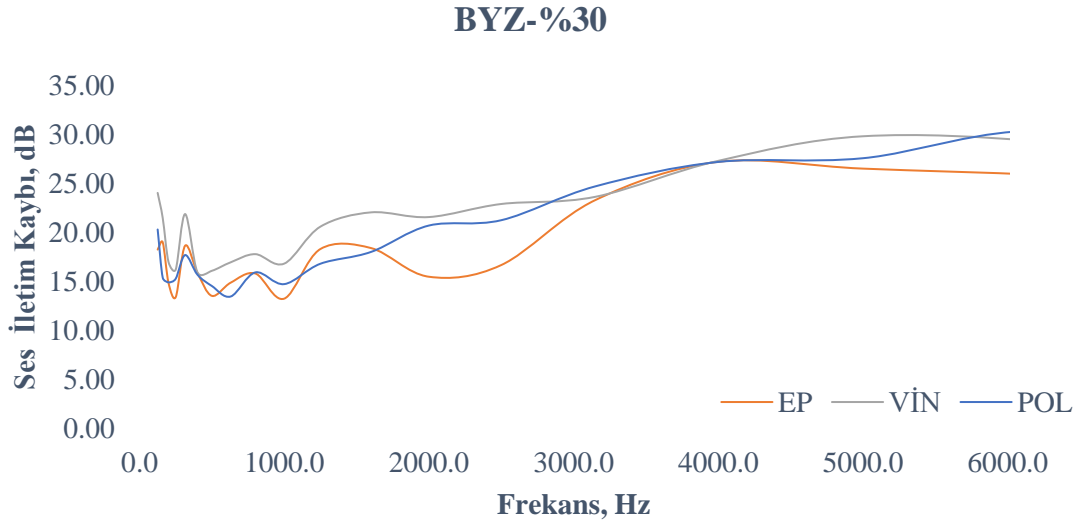
### 8.2.2. 2 Aynı Oranlarda Atık Tül Perde ve Polyester, Vinil Ester ve Epoksi Reçine Kullanılarak Elde Edilen Plakaların Akustik Özellikleri

Takviye malzemesi olarak % 20 atık tül perde ve polyester, vinil ester ve epoksi kullanılarak elde edilen plakaların ses iletim kayıpları Şekil 8.18’de görülmektedir. Bu deney sonuçlarına göre vinil ester atık tül perde katkıli plakaların ses iletim kaybının polyester ve epoksi atık tül perde katkıli plakaya göre daha etkin olduğu belirlenmiştir.



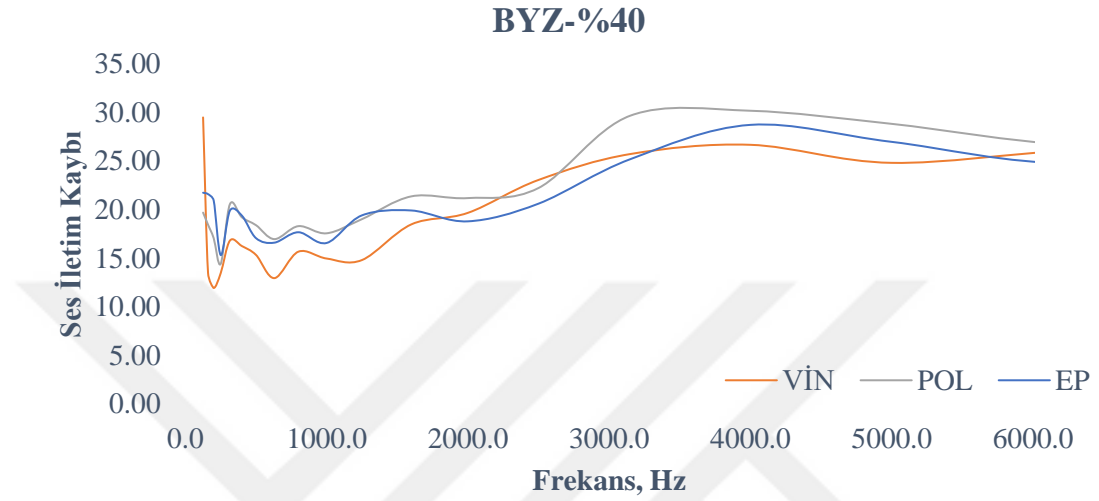
Şekil 8.18. %20 oranında atık tül perde katkılı polyester, vinil ester ve epoksi plakların ses iletim kayıpları.

Takviye malzemesi olarak % 30 atık tül perde ve polyester, vinil ester ve epoksi kullanılarak elde edilen plakaların akustik deney sonuçları Şekil 8.19’da görülmektedir. Bu deney sonuçlarına göre epoksi atık tül perde katkılı plakaların ses iletim kaybının polyester ve vinil ester atık tül perde katkılı plakaya göre daha etkin olduğu belirlenmiştir.



Şekil 8.19. %30 oranında atık tül perde katkılı polyester, vinil ester ve epoksi plakların ses iletim kayıpları.

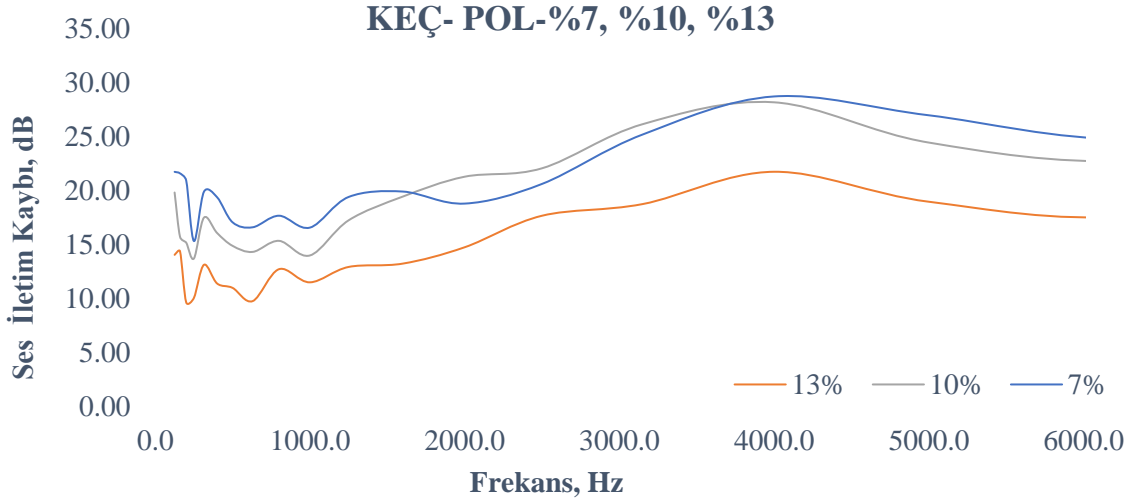
Takviye malzemesi olarak % 40 atık tül perde ve polyester, vinil ester ve epoksi kullanılarak elde edilen plakaların akustik deney sonuçları Şekil 8.20’de görülmektedir. Bu deney sonuçlarına göre epoksi atık tül perde katkı plakaların ses iletim kaybının polyester ve vinil ester atık tül perde katkı plakaya göre daha etkin olduğu belirlenmiştir.



Şekil 8.20. %40 oranında atık tül perde katkı polyester, vinil ester ve epoksi plakaların ses iletim kayıpları.

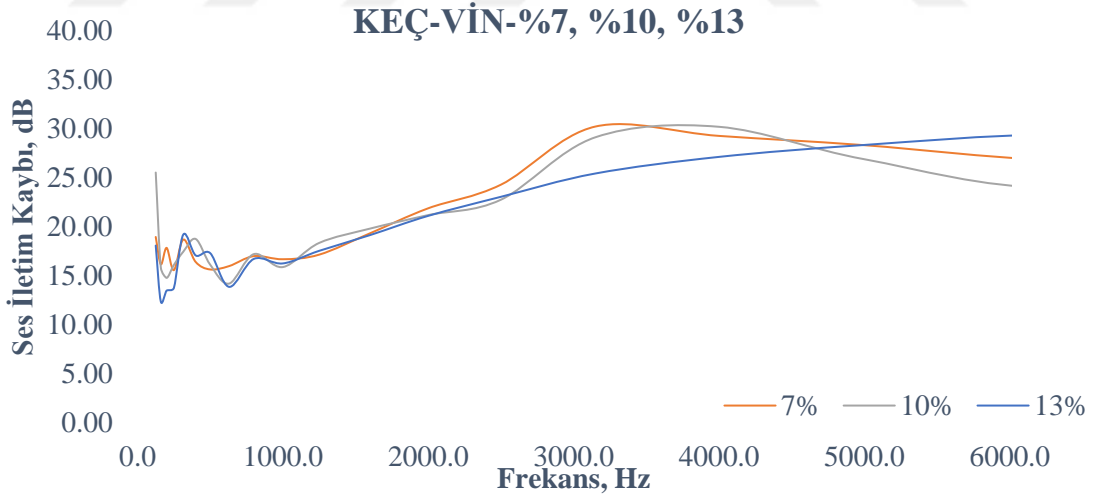
### 8.2.3. Farklı Oranlarda Cam Elyaf ve Polyester, Vinil Ester ve Epoksi Reçine Kullanılarak Elde Edilen Plakaların Akustik Özellikleri

Takviye malzemesi olarak %7, %10 ve %13 cam elyaf keçe ve polyester kullanılarak elde edilen plakaların akustik deney sonuçları Şekil 8.21’de görülmektedir. Bu deney sonuçlarına göre %13 cam elyaf keçe katkı epoksi plakaların ses iletim kaybının %7 ve %10 cam elyaf keçe katkı plakaya göre daha etkin olduğu belirlenmiştir.



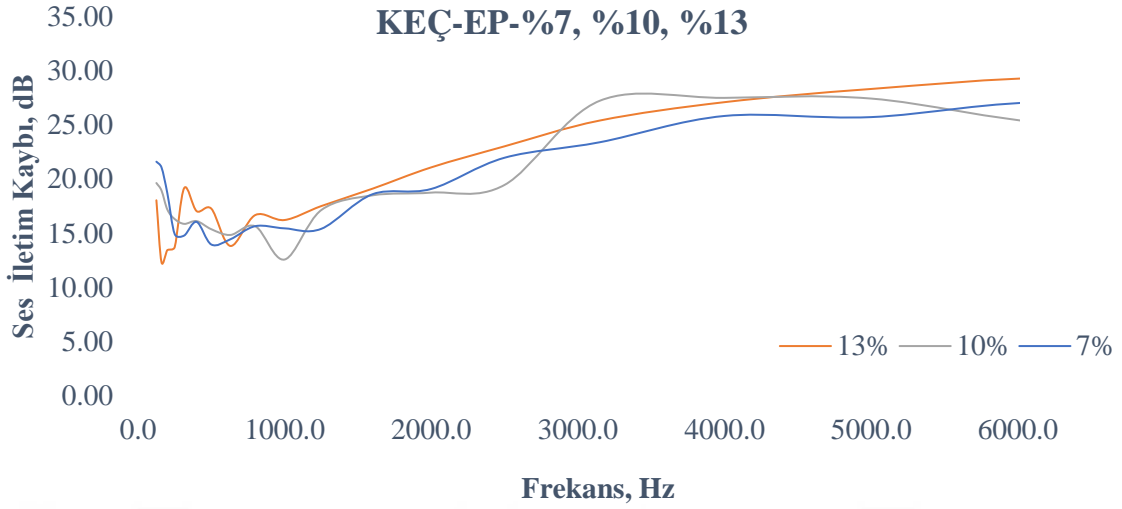
Şekil 8.21. %7, %10 ve %13 oranında atık tül perde katkıli polyester plakaların ses iletim kayıpları.

Takviye malzemesi olarak %7, %10 ve %13 cam elyaf keçe ve vinil ester kullanılarak elde edilen plakaların akustik deney sonuçları Şekil 8.22’de görülmektedir. Bu deney sonuçlarına göre %13 cam elyaf keçe katkıli plakaların ses iletim kaybının %7 ve %10 cam elyaf keçe katkıli plakaya göre daha etkin olduğu belirlenmiştir.



Şekil 8.22. %7, %10 ve %13 oranında atık tül perde katkıli vinil ester plakaların ses iletim kayıpları.

Takviye malzemesi olarak %7, %10 ve % 13 cam elyaf keçe ve epoksi kullanılarak elde edilen plakaların akustik deney sonuçları Şekil 8.23’de görülmektedir. Bu deney sonuçlarına göre %7 cam elyaf keçe katkıli plakaların ses iletim kaybının %10 ve %13 cam elyaf keçe katkıli plakaya göre daha etkin olduğu belirlenmiştir.

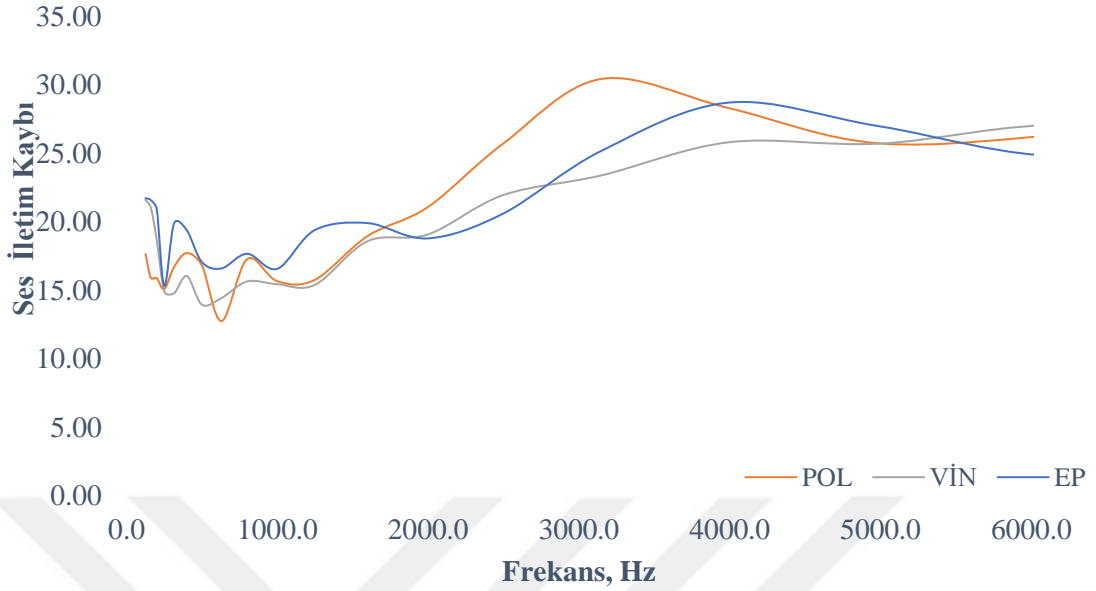


Şekil 8.23. %7, % 10 ve % 13 oranında cam elyaf keçe katkıli epoksi plakaların ses iletim kayıpları.

#### **8.2.4. Farklı Oranlarda Cam Elyaf ve Polyester, Vinil Ester ve Epoksi Reçine Kullanılarak Elde Edilen Plakaların Akustik Özellikleri**

Takviye malzemesi olarak % 7 cam elyaf keçe ve polyester, vinil ester ve epoksi kullanılarak elde edilen plakaların akustik deney sonuçları Şekil 8.24’de görülmektedir. Bu deney sonuçlarına göre epoksi atık tül perde katkıli plakaların ses iletim kaybının polyester ve vinil ester atık tül perde katkıli plakaya göre daha etkin olduğu belirlenmiştir.

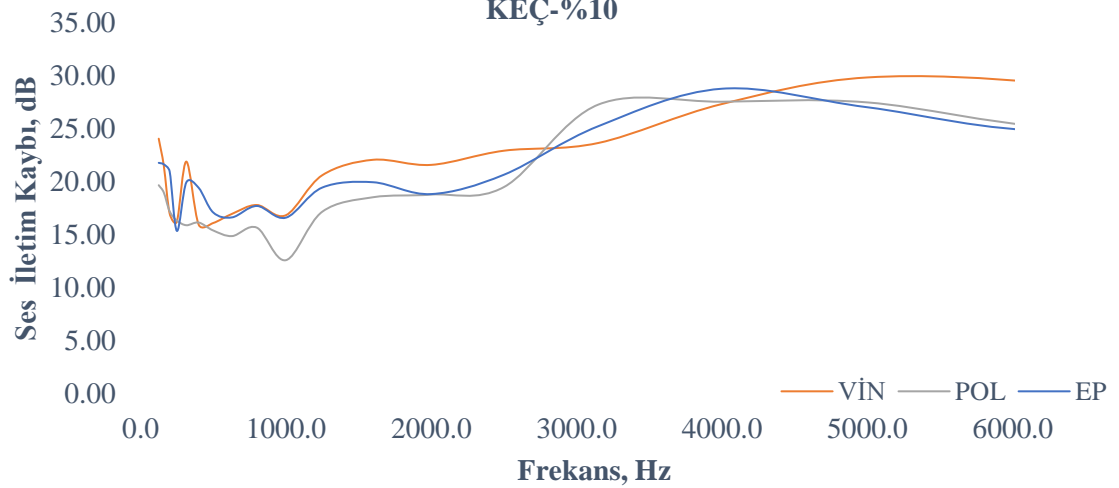
### KEÇ-%7



Şekil 8.24. %20, %30 ve %40 oranında cam elyaf keçe katkılı polyester, vinil ester ve epoksi plakların ses iletim kayıpları.

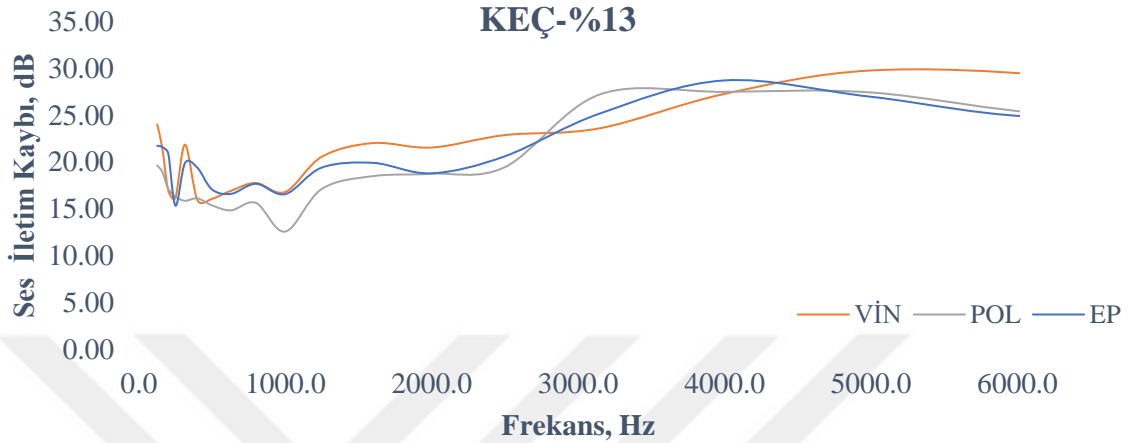
Takviye malzemesi olarak % 10 cam elyaf keçe ve polyester, vinil ester ve epoksi kullanılarak elde edilen plakaların akustik deney sonuçları Şekil 8.25’de görülmektedir. Bu deney sonuçlarına göre cam elyaf keçe katkılı epoksi plakaların ses iletim kaybının polyester ve vinil ester katkılı plakaya göre daha etkin olduğu belirlenmiştir.

### KEÇ-%10



Şekil 8.25. %7, %10 ve %13 oranında cam elyaf keçe katkılı polyester, vinil ester ve epoksi plakaların ses iletim kayıpları.

Takviye malzemesi olarak % 13 cam elyaf keçe ve polyester, vinil ester ve epoksi kullanılarak elde edilen plakaların akustik deney sonuçları Şekil 8.26’de görülmektedir. Bu deney sonuçlarına göre cam elyaf keçe katkı plakaların ses iletim kaybının polyester ve vinil ester plakaya göre daha etkin olduğu belirlenmiştir.



Şekil 8.26. %7, %10 ve %13 oranında cam elyaf keçe katkı polyester, vinil ester ve epoksi plakaların ses iletim kayıpları.

Genel olarak bakıldığında, takviye malzemesi olarak atık tül perdenin kullanıldığı ve % 20 oranındaki atık tül perde katkı vinil ester plakaların ses iletim kaybının epoksi ve vinil ester plakalara göre daha etkin olduğu, %30 ve %40 oranında atık tül perde oranında ise epoksi plakaların diğer reçinelere göre daha etkin olduğu belirlenmiştir. Takviye malzemesi olarak cam elyafın kullanıldığı ve tüm farklı oranlarda epoksi ile elde edilen plakaların diğer reçineler ile elde edilen plakalara göre daha etkin olduğu görülmüştür.

### 8.3. OPTİMİZASYON ÇALIŞMALARI

Tüm deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen verilerin özeti Çizelge 8.1’de verilmiştir. Buna göre, en düşük çekme mukavemeti sırasıyla ve plakalarda, en yüksek çekme mukavemeti ve plakalarda elde edilmiştir. Literatürde de benzer çalışmalarda bu ya da buna yakın sonuçlar elde edilmiştir.

En düşük akustik özellik plakalarda, en yüksek akustik özellik plakalarda elde edilmiştir. Literatürde de benzer çalışmalarda elde edilen sonuçlara yakın sonuçlar elde edilmiştir.

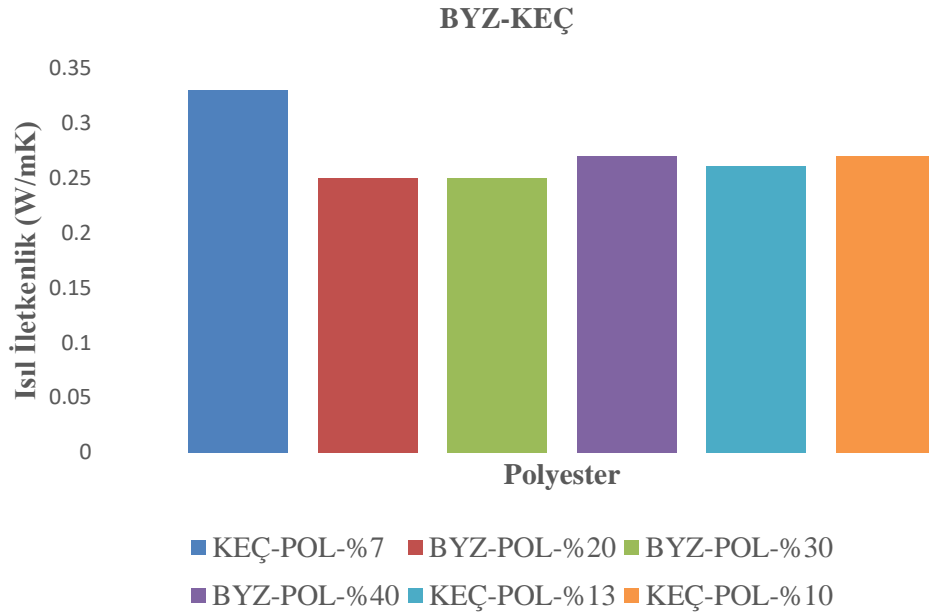
En düşük termal iletkenlik özelliği BYZ-POL %20, %30 ve %40 oranlarında atık tül perde plakalarda, en yüksek termal iletkenlik özelliği plakalarda elde edilmiştir. Literatürde de benzer çalışmalarda elde edilen sonuçlara yakın sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 8.2. Deneysel sonuçların özeti.

Matris Malzemesi	Takviye Malzemesi	Malzeme karışım oranı	Çekme mukavemeti (MPa)	Yük (kN)	Ses İletim Kaybı (dB)	Termal İletkenlik (W/mk)	
Polyester	Atık tül Perde	%20	28	0,5	15-23	0,25	Mevcut çalışma
		%30	29	0,6	16-28	0,25	
		%40	31	1,15	13-19	0,27	
	Cam elyaf keçe	%7	29	0,6	16-22	0,32	
		%10	35	0,9	17-23	0,27	
		%13	42	1	10-15	0,26	
Vinil ester	Atık tül Perde	%20	31	0,9	16-26	0,24	
		%30	32	1,2	14-18	0,24	
		%40	36	1,3	14-18	0,31	
	Cam elyaf	%7	30	1	16-20	0,26	
		%10	45	1,4	14-26	0,32	
		%13	48	1,5	12-20	0,33	
Epoksi	Atık tül Perde	%20	38	1,3	16-22	0,3	
		%30	45	0,9	14-21	0,5	
		%40	40	1,4	12-22	0,31	
	Cam elyaf	%7	50	0,8	14-23	0,29	
		%10	70	0,9	12-21	0,31	
		%13	105	1	11-20	0,30	
<b>Literatürdeki Farklı Çalışmalar</b>							
Polyester	Kırpılmış cam elyaf	%5				0,23	[88]
		%10				0,24	
		%15				0,19	
	Açılmış cam elyaf	%5				0,19	
		%10				0,21	
Vinil ester	Lifli malzeme	PLP			43		[88]
		PLLP	-		72	-	
		PLLLP			71		
Epoksi	Seramik Partikül	%5	363				[88]
		%10	335				
		%15	317				
	Cam elyaf keçe	Num1	400	5010			
		Num2	500	6010			
		Num3	550	7000			

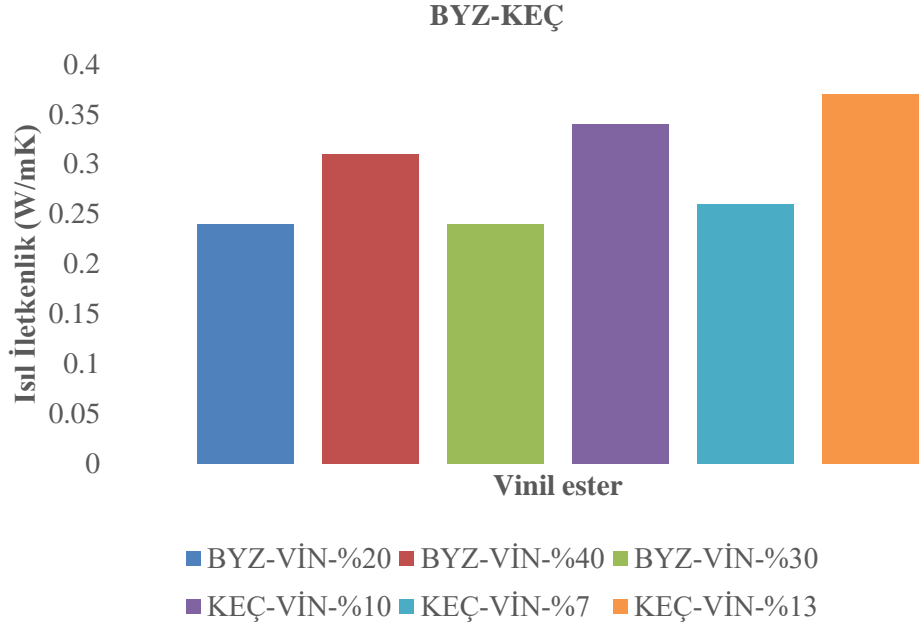
#### 8.4. KOMPOZİT PLAKALARIN TERMAL İLETKENLİK ÖLÇÜMLERİ

Takviye malzemesi olarak %20, %30, %40 oranlarında atık tül perde polyester reçine ve %7, %10, %13 oranlarında piyasa ürünü cam elyaf keçe kullanılarak elde edilen plakaların termal iletkenlik deney sonuçları Şekil 8.28 BYZ-KEÇ polyester termal iletkenlik ölçüm grafiğinin’de görülmektedir. Bu deney sonuçlarına göre plakaların termal iletkenlik özelliklerinin atık tül perde plakalara göre daha etkin olduğu görülmüştür. Literatürde tarafından yapılan çalışmada da bu çalışmaya benzer sonuçlar elde edilmiştir.



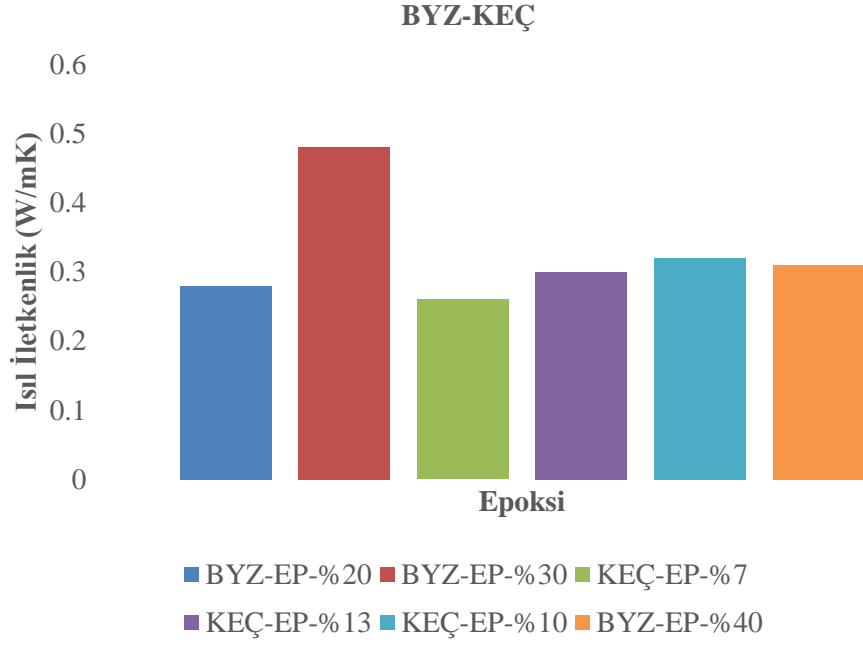
Şekil 8.27. BYZ-KEÇ Polyester Termal iletkenlik ölçüm grafiği.

Takviye malzemesi olarak %20, %30, %40 oranlarında atık tül perde polyester reçine ve %7, %10, %13 oranlarında piyasa ürünü cam elyaf keçe kullanılarak elde edilen plakaların termal iletkenlik deney sonuçları Şekil 8.29 BYZ-KEÇ vinil ester termal iletkenlik ölçüm grafiğinin’de görülmektedir. Bu deney sonuçlarına göre plakaların termal iletkenlik özelliklerinin atık tül perde plakalara göre daha etkin olduğu görülmüştür. Literatürde tarafından yapılan çalışmada da bu çalışmaya benzer sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 8.28. BYZ-KEÇ Vinil ester Termal iletkenlik ölçüm grafiği.

Takviye malzemesi olarak %20, %30, %40 oranlarında atık tül perde polyester reçine ve %7, %10, %13 oranlarında piyasa ürünü cam elyaf keçe kullanılarak elde edilen plakaların termal iletkenlik deney sonuçları Şekil 8.30 BYZ-KEÇ epoksi termal iletkenlik ölçüm grafiğinde görülmektedir. Bu deney sonuçlarına göre plakaların termal iletkenlik özelliklerinin atık tül perde plakalara göre daha etkin olduğu görülmüştür. Literatürde tarafından yapılan çalışmada da bu çalışmaya benzer sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 8.29. BYZ-KEÇ Polyester Termal iletkenlik ölçüm grafiği.

## 8.5. SONUÇ

Bu tez çalışmasında atık tekstil ürünü olan tül perde ve ticari cam elyafın takviye malzemesi olarak, polyeser, vinilester ve epoksi reçinelerin matris malzemesi olarak kullanılarak elde edilen kompozit plakaların mekanik, akustik ve termal iletkenlik özellikleri incelenmiştir. Buna göre tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlar aşağıdaki maddeler halinde özetlenmiştir.

- Üretilen BYZ- %20, %30 ve %40 oranında polyester katkılı kompozit malzemeler arasında en yüksek gerilme dayanımına sahip malzemenin yüzde ağırlıkça BYZ %40, 31 (MPa) olduğu ve piyasa ürünü KEÇ- %7, %10 ve %13 oranlarında polyester katkılı malzemelerin en yüksek çekme dayanımı KEÇ-%13, 42 (MPa ) olduğu tespit edilmiştir. Atıktan elde edilen polyester takviyeli kompozit plakaların yüzdelik oranı arttıkça yüksek oranlardaki piyasa ürünü malzemelere eş değere yakın ürünler olduğu tespit edilmiştir.
- BYZ- %20, %30 ve %40 oranında vinil ester katkılı kompozit malzemeler arasında en yüksek gerilme dayanımına sahip malzemenin yüzde ağırlıkça BYZ %40, 39 (MPa) olduğu ve piyasa ürünü KEÇ- %7, %10 ve %13 oranlarında vinil ester katkılı malzemelerin en yüksek çekme dayanımı KEÇ-%13, (48 MPa) olduğu tespit edilmiştir. Atıktan elde edilen vinil ester takviyeli kompozit plakaların yüzdelik oranı

artıkça yüksek oranlarda ki piyasa ürünü malzemelere eş değere yakın ürünler olduğu tespit edilmiştir.

- BYZ- %20, %30 ve %40 oranında epoksi katkıli kompozit malzemeler arasında en yüksek gerilme dayanımına sahip malzemenin yüzde ağırlıkça BYZ %30, (45MPa) olduğu ve piyasa ürünü KEÇ- %7, %10 ve %13 oranlarında epoksi katkıli malzemelerin en yüksek çekme dayanımı KEÇ-%13, (105 MPa ) olduğu tespit edilmiştir. Atıktan elde edilen epoksi takviyeli kompozit plakaların yüzdelik oranı %30 oranındakinin en yüksek gerilme dayanımına sahip olduğu, piyasa ürünüde ise en yüksek orana sahip plakanın gerilme dayanımına sahip olduğu elde edilmiştir.
- BYZ- %20 ve %30 oranında polyester, vinil ester ve epoksi katkıli kompozit malzemeler arasında en yüksek gerilme dayanımına sahip reçinenin epoksi olduğu ve piyasa ürünü KEÇ- %7 ve %10 oranında polyester, vinil ester ve epoksi kompozit malzemeler arasında en yüksek gerilme mukavemetine sahip reçinenin epoksi olduğu elde edilmiştir.
- BYZ-%40 oranında polyester, vinil ester ve epoksi katkıli kompozit malzemeler arasında en yüksek gerilme dayanımına sahip reçinenin vinil ester olduğu ve piyasa ürünü KEÇ- %13 oranında polyester, vinil ester ve epoksi kompozit malzemeler arasında en yüksek gerilme mukavemetine sahip reçinenin epoksi olduğu tespit edilmiştir.
- Sonuç olarak çekme deney sonuçlarında, atık tül perdeden elde edilen kompozit plakaların gerilme dayanımları malzemelerin yüzdelik oranları artıkça gerilme dayanımlarının piyasa ürününe yakın olduğu ve yapılan çalışma sonucunda atık tül perdeden elde edilen kompozit plakaların alternatif olabileceği belirlenmiştir.
- Takviye malzemesi olarak %20, %30 ve %40 atık tül perde ve polyester kullanılarak elde edilen plakaların sonuçlarına göre %40 atık tül perde katkıli epoksi plakaların ses iletim kaybının %20 ve %30 atık tül perde katkıli epoksi plakaya göre daha etkin olduğu belirlenmiştir. Piyasa ürünü %7, %10 ve %13 cam elyaf keçe ve polyester kullanılarak elde edilen plakaların sonuçlarına göre %13 cam elyaf keçe katkıli epoksi plakaların ses iletim kaybının %7 ve %10 cam elyaf keçe katkıli plakaya göre daha etkin olduğu belirlenmiştir.
- Takviye malzemesi olarak %20, %30 ve %40 atık tül perde ve polyester kullanılarak elde edilen plakaların deney sonuçlarına göre %40 atık tül perde katkıli vinil ester plakaların ses iletim kaybının %20 ve %30 atık tül perde katkıli vinil ester plakaya

göre daha etkin olduğu belirlenmiştir. Piyasa ürünü %7, %10 ve %13 cam elyaf keçe ve vinil ester kullanılarak elde edilen plakaların deney sonuçlarına göre %13 cam elyaf keçe katkıli plakaların ses iletim kaybının %7 ve %10 cam elyaf keçe katkıli plakaya göre daha etkin olduğu belirlenmiştir.

- Takviye malzemesi olarak %20, %30 ve %40 atık tül perde ve polyester kullanılarak elde edilen plakaların deney sonuçlarına göre %40 atık tül perde katkıli epoksi plakaların ses iletim kaybının %20 ve %30 atık tül perde katkıli epoksi plakaya göre daha etkin olduğu belirlenmiştir. Piyasa ürünü olarak %7, %10 ve %13 cam elyaf keçe ve epoksi kullanılarak elde edilen plakaların akustik deney sonuçlarına göre %7 cam elyaf keçe katkıli plakaların ses iletim kaybının %10 ve %13 cam elyaf keçe katkıli plakaya göre daha etkin olduğu belirlenmiştir.
- Takviye malzemesi olarak %20 atık tül perde ve polyester, vinil ester ve epoksi kullanılarak elde edilen plakaların deney sonuçlarına göre vinil ester atık tül perde katkıli plakaların ses iletim kaybının piyasa ürünü olarak %7 cam elyaf keçe ve polyester, vinil ester ve epoksi kullanılarak elde edilen plakaların akustik deney sonuçları göre epoksi atık tül perde katkıli plakaların ses iletim kaybının polyester ve vinil ester atık tül perde katkıli plakaya göre daha etkin olduğu belirlenmiştir. Polyester ve epoksi atık tül perde katkıli plakaya göre daha etkin olduğu belirlenmiştir.
- Takviye malzemesi olarak %10 cam elyaf keçe ve polyester, vinil ester ve epoksi kullanılarak elde edilen plakaların akustik deney sonuçları göre cam elyaf keçe katkıli plakaların ses iletim kaybının polyester ve vinil ester katkıli plakaya göre daha etkin olduğu belirlenmiştir. Takviye malzemesi olarak %30 atık tül perde ve polyester, vinil ester ve epoksi kullanılarak elde edilen plakaların akustik deney sonuçları göre epoksi atık tül perde katkıli plakaların ses iletim kaybının polyester ve vinil ester atık tül perde katkıli plakaya göre daha etkin olduğu belirlenmiştir.
- Takviye malzemesi olarak %40 atık tül perde ve polyester, vinil ester ve epoksi kullanılarak elde edilen plakaların akustik deney sonuçları Şekil 7’de görülmektedir. Bu deney sonuçlarına göre epoksi atık tül perde katkıli plakaların ses iletim kaybının polyester ve vinil ester atık tül perde katkıli plakaya göre daha etkin olduğu belirlenmiştir. Takviye malzemesi olarak %13 cam elyaf keçe ve polyester, vinil ester ve epoksi kullanılarak elde edilen plakaların akustik deney sonuçlarına göre cam elyaf

keçe katkılı plakaların ses iletim kaybının polyester ve vinil ester plakaya göre daha etkin olduğu belirlenmiştir.

- Sonuç olarak takviye malzemesi olarak atık tül perden oranının artması ses iletim kaybını azaltırken, sesi engelleme potansiyelini artırmıştır. % 40 atık tül perdesi katkılı polyester plakalarda ses iletim kaybı 13.19-27.19 dB aralığında değişim göstermiştir.
- Takviye malzemesi olarak %20, %30, %40 oranlarında atık tül perde polyester reçine ve %7, %10, %13 oranlarında piyasa ürünü cam elyaf keçe kullanılarak elde edilen plakaların termal iletkenlik deney sonuçlarına göre kompozit plakaların termal iletkenlik özelliklerinin atık tül perde plakalara göre daha etkin olduğu görülmüştür.
- Takviye malzemesi olarak %20, %30, %40 oranlarında atık tül perde polyester reçine ve %7, %10, %13 oranlarında piyasa ürünü cam elyaf keçe kullanılarak elde edilen plakaların termal iletkenlik deney sonuçlarına göre plakaların termal iletkenlik özelliklerinin atık tül perde plakalara göre daha etkin olduğu görülmüştür.
- Takviye malzemesi olarak %20, %30, %40 oranlarında atık tül perde polyester reçine ve %7, %10, %13 oranlarında piyasa ürünü cam elyaf keçe kullanılarak elde edilen plakaların termal iletkenlik deney sonuçlarına göre plakaların termal iletkenlik özelliklerinin atık tül perde plakalara göre daha etkin olduğu görülmüştür.

Tüm bu değerlendirmeler ışığında, atık tül perde katkılı plakaların piyasada satılan cam elyaf katkılı reçineler ile elde edilen plakalara göre çekme dayanımı ve termal iletkenlik değerlerinin üstünlük gösterdiği ve alternatif olabileceği belirlenmiştir.

## 9. KAYNAKLAR

- [1] F. Caldeira, D. Nascimento, A. Paiva, J. Pinto, A. Sa Briga, N. Teixeira ve H. Varum, "Textile waste as an alternative thermal insulation building material solution," *Construction and Building Materials*, ss. 155-160, 2013.
- [2] B. Behera Kumar ve Z. Kamble, "Sustainable hybrid composites reinforced with textile waste for construction and building applications," *Construction and Building Materials*, s. 122800, 2021.
- [3] E. Eser ve B. Schwab, "Evaluating the impact of unconventional monetary policy measures: Empirical evidence from the ECB's securities markets programme," *Journal of Financial Economics*, ss. 147-167, 2016.
- [4] Ç. Ayvazoğluyüksel, Y. M. Barbaryiğit, B. Elmas, T. K. Huvaj, İ. Kılınç, G. Kılınç, ... İ. Yılmaz, [Çevrimiçi]. Erişim: [www.tekstilisveren.org.tr](http://www.tekstilisveren.org.tr)
- [5] W. Lijing, H. İ. Mahbuba ve P. Rajiv, "Textile waste management in Australia: A review," *Textile Waste Management in Australia: A Review*, c. 18, s. 200154, 2023.
- [6] L. S. Carol, L. Christophe, K. Guneet, D. Liang ve S. Shauhrat, "Sustainable process design for circular fashion: Advances in sustainable chemistry for textile waste valorisation," *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, c. 39, s. 100747, 2022.
- [7] D. M. Goretty, H. Komal, W. Olaf ve W. Sabine, "Textile waste in Ontario, Canada: Opportunities for reuse and recycling, Resources," *Conservation and Recycling*, c. 190, s. 106835, 2023.
- [8] Atık yönetimi yönetmeliği, *T.C. Resmi Gazete*, Sayı: 29314, 2 Nisan 2015.
- [9] I. Ioana, "Clean technology from waste management. Proceedings of advances in waste management," *4th WSEAS International Conference on Waste Management, Water Pollution, Air Pollution, Indoor Climate (WWAI'10)*, Energy and Environmental Engineering Series A Series of Reference Books and Textbooks, WSEAS Press, 2010, ss. 155-171.
- [10] H. Kumar, S. Kumar Mangla ve H. Sharma, "Enablers to computer vision technology for sustainable E-waste management," *Journal of Cleaner Production*, s. 137396, 2023.
- [11] TUIK, [Çevrimiçi]. Erişim: <https://data.tuik.gov.tr>

- [12] M. Aydın ve K. Deniz, “Atık yönetiminde vergi politikasının rolü: Türkiye değerlendirmesi,” *Yönetim Bilimleri Dergisi*, c.15, sayı 30, ss. 435–461, 2020.
- [13] S. Ali, T. Melike ve B. Nurdan, “Geri dönüştürülebilir atıkların materyallerine göre sınıflandırılması için Raspberry Pi tabanlı donanım geliştirilmesi,” *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, ss. 30-38, 2020.
- [14] Amasya Valiliği, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü, 2018.
- [15] K. Özgen, *3R Kuralı*, [Çevrimiçi]. Erişim: <https://kalkinmasozlugu.izka.org.tr>
- [16] S. El-Haggar, *Sustainable Industrial Design and Waste Management, Cradle-to-cradle for Sustainable Development*, Elsevier Academic Press, 2007.
- [17] E. Álvarez-Ayuso, A. Murcigo, M. A. Rodríguez ve R. Mosser-Ruck, “Cement encapsulation processes to mitigate the risks posed by different types of antimony-bearing mine waste,” *Journal of Cleaner Production*, s. 372, 2022.
- [18] A. Yasin ve U. Ahmed Celal, “Recycled fibers from pre- and post-consumer textile waste as blend components in 100% cotton yarn production in ring spinning: A sustainable and environmentally friendly approach,” *Heliyon*, 2022.
- [19] A. Apoorva, G. V. Ramana, D. Mano, S. Narendra Kumar ve S. Rajiv, Pullout behaviour of polymeric strips embedded in mixed recycled aggregate (MRA) from construction & demolition (C&D) waste – *Effect of type of fill and compaction, Geotextiles and Geomembranes*, ss. 405-417, 2023.
- [20] M. Michael ve B. Arabelle, “Fishing for Litter: From the implementation of practical actions locally, to its spin-offs and the adoption of a new legally adopted waste type at continental scale, a success story,” *Marine Policy*, 2022.
- [21] C. Chiara, B. Emily, D. C. Maria, C. Mazzoli, A. Hein ve L. Maritan, “A new brick-type using grape stalks waste from wine production as pore-agent,” *Open Ceramics*, 2023.
- [22] K. Bayise ve A. A. Vatansever, “Ar-Ge kuruluşunda kimyasal maddelerin sınıflandırılması, etiketlenmesi, ambalajlanması, depolanması, taşınması ve oluşan kimyasal atıkların bertarafı,” *Sakarya University Journal of Science*, c. 22, sayı 2, ss. 159-173, 2018.
- [23] Atık yönetimi yönetmeliği, *T.C. Resmi Gazete*, Sayı: 29314, (2 Nisan 2015).

- [24] Ö. Mustafa, *Singapur Sıfır Atık Modeli*, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2022.
- [25] T. Mohamed, E. Saadony, S. M. Ahmed, A. Nahed, E. Wafai, E. Hamed, F. Synan ve J. AbuQamar, "Hazardous wastes and management strategies of landfill leachates: A comprehensive review," *Environmental Technology & Innovation*, 2023.
- [26] T. Merve, D. Aslı ve Ö. Esen, *Tekstil endüstrisi için geri dönüşüm ve önemi*, Pamukkale University, 2019.
- [27] Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, *Türkiye Tekstil Hazır Giyim ve Deri Ürünleri Sektörleri Strateji Belgesi ve Eylem Planı*, 2014.
- [28] T. Metin ve T. Murat, "Kompozit malzemeler ve jeotermal uygulamaları," *Kompozit Malzemeler*, s. 410, 2014.
- [29] E. Arzu ve D. S. Devrim, "Tekstil malzemelerinin inşaat mühendisliği uygulamaları," *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2016.
- [30] Ü. İbrahim ve T. Buket, "Tekstil katı atıklarının geri dönüşümü ve yalıtım malzemesi olarak değerlendirilmesi," *Academic Platform-Journal of Engineering and Science*, c. 3, sayı 3, 2019.
- [31] Y. Şahin, *Kompozit Malzemelere Giriş*, Seçkin Yayıncılık, 2006.
- [32] M. Eken, *Yalıtım malzemesi üretiminde atık malzemelerin kullanılması*, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012.
- [33] A. B. Young, W. Zhenhua, C. R. Jose, F. Gabriel, K. Aditya, N. Narayanan ve S. Gaurav, "Laurent Pilon, A general method for retrieving thermal deformation properties of microencapsulated phase change materials or other particulate inclusions in cementitious composites," *Materials & Design*, ss. 259-267, 2017.
- [34] Ç. Kadir ve B. Mahmut, "Farklı takviye malzemelerinin kompozit malzemelerinin kompozit malzeme mekanik özelliklerinin iyileştirilmesine etkisi," *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, ss. 123-132, 2016.
- [35] D. Ziming, Y. Zhangfeng, B. Jin, L. Jinji, L. Zhisheng, H. Guozhi, Y. Zhendi ve Y. Yunjing, "Advantages and disadvantages of PVA-fibre-reinforced slag- and fly ash-blended geopolymer composites: Engineering properties and microstructure," *Construction and Building Materials*, 2022.

- [36] A. M. Navy, R. Ajith, N. R. Rajasekhar ve V. Vangari, "Show more, numerical and analytical analysis of wing spar made with different composite material," *Materialtoday's Proceedings*, 2023.
- [37] E. Erdem ve A. E. Ayşegül, "Savunma sanayinde kullanılan ileri kompozit malzemeler ve uygulama alanları," *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, c. 7, sayı 4, ss. 8-12, 2015.
- [38] O. Gülcan, K. Tekkanat ve B. Çetinkaya, "Fiber metal laminatlar ve uçak sanayiinde kullanımı üzerine bir inceleme," *Mühendis ve Makine*, c. 60, sayı 697, ss. 262-288, 2019.
- [39] A. M. Navy, R. Ajith, N. R. Rajasekhar ve V. Vangari, "Show more, numerical and analytical analysis of wing spar made with different composite material," *Materialtoday's Proceedings*, 2023.
- [40] H. Itoh, "Efficiency changes at major container ports in Japan: A window application of data envelopment analysis," *Review of Urban and Regional Development Studies*, c.14, ss. 133-152, 2002.
- [41] B. E. Zafer, "Celebrity endorsement: A literature review," *Journal of Marketing Management*, c. 15, sayı 4, ss. 291-314, 1999.
- [42] M. S. Özgür, U. Tuğçe, Y. M. Ece ve S. Kutlay, "The influence of coupling agents on mechanical properties of lignin-filled polypropylene composites," *Türkiye Ormanlık Dergisi*, ss. 308-316, 2018.
- [43] H. Itoh, "Efficiency changes at major container ports in Japan: A window application of data envelopment analysis," *Review of Urban and Regional Development Studies*, c. 14, ss. 133-152, 2002.
- [44] Ü. R. Ali, "Geri dönüşmüş termoplastik matrisli kompozitlerin otomotiv endüstrisinde uygulaması," *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2013.
- [45] T. İlyas ve N. K. Sinan, "Cam elyaf takviyeli polyester matrisli kompozit malzemelerin ve darbe dayanımının incelenmesi," *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, c. 8 sayı 2, ss. 17-30, 2012.
- [46] K. İlyas, N. Gülşah ve D. Halil, Cam ve Bambu Lifleriyle Takviyelendirilmiş Vinilester Kompozitlerinin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, *International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies*, ss. 34-37, 2019.

- [47] K. Vahdettin, D. Mehtap, Epoksi Reçine-MgO Polimer Matrisli Kompozit Malzemelerin Üretilmesi ve Pin On Disk Abrasiv Aşınma Özelliklerinin İncelenmesi, *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, c. 31 sayı 1, ss. 1-10, 2019 .
- [48] G.İbrahim, D. Behcet, K.Sami A, Faturalı CTP Levhalarda Gerilme Konsantrasyonun Araştırılması, *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, c. 5 sayı 2, ss. 27-35, 2003.
- [49] A. K. Kaw, “Mechanics of Composite Materials,” CRC Press LLC, Boca Raton, 1997.
- [50] B. Ayça ve G. Nazlı, The identification and characterization of unsaturated polyester resins used in the coating industry/ Boya Endüstrisinde Kullanılan Doymamış Polyester Reçinelerin Belirlenmesi ve Karakterizasyonu, *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, c.14, sayı 3, ss. 1077-1086, 2021.
- [51] Termoplastik ve Termoset, [Çevrimiçi]. Erişim: [www.teknoresin.com](http://www.teknoresin.com)
- [52] K.İ. Ali, D. Tuncer ve U.H. Betül, “Görme engelliler için mutfak tasarımı”, *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, cilt 6 sayı 3, ss. 970-983, 2017.
- [53] Ş. Famil, ve Ü. “Ulaş sahiplik yapısı ve firma performansı arasındaki ilişki: İMKB 100 endeksi firmaları üzerine bir uygulama,” *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, sayı: 46, ss. 66-73, 2010.
- [54] A.R. Ünal, Geri dönüşmüş termoplastik matrisli kompozitlerin otomotiv endüstrisinde uygulaması, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2013.
- [55] V.V. Vasiliev ve E.V. Morozov, *Mechanics and analysis of composite materials*, Oxford: Elsevier Science Ltd., 2001.
- [56] L. Peng, *New Design Consideration of Polymer Matrix Composite Materials*, *Encyclopedia of Materials: Composites*, ss. 1029-1037, 2021.
- [57] C. Pınar, “Endüstriyel ürünlerin tasarımında yaygın yer edinen polimer matrisli kompozit malzemelerin özellikleri”, *Ege Üniversitesi Havacılık Meslek Yüksek Okulu*, c. 3, sayı 2, 2021.
- [58] Ş. Burcu, Plastik matrisli hibrit kompozitlerde doku bileşenlerinin mekanik özelliklere etkisi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009.

- [59] S. Yusa Sahin ve K. Fuat, The influences of matrix and steel fibre tensile strengths on the fracture energy of high-strength concrete, *Construction and Building Materials*, ss. 1801–1806, 2011.
- [60] A. Kisa ve K. Ersoy, “The need for time management training is universal: Evidence from Turkey, *Hospital Topics*, c. 83, ss. 13-19, 2005.
- [61] K. Ayşe, Metal matrisli kompozitlere genel bir bakış, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü Mühendislik Fakültesi Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, 2014.
- [62] K. Gözde, K. Gökhan, P. Muharrem, G. Hakan, B. Volkan, AA7075 Matrisli B4C+SiC Takviyeli Hibrit Kompozitlerin Toz Takviyeli EEİ Yöntemiyle İşlenmesinde Boşalım Akımı ve Takviye Oranının İşlenmiş Yüzeyin Mikroyapısı ve Pürüzlülüğüne Etkisi, *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, c.13, sayı 2, 2021.
- [63] A. Kisa ve K. Ersoy, The need for time management training is universal: Evidence from Turkey, *Hospital Topics*, c. 83, ss. 13-19, 2005.
- [64] E.J. Ashton, C.J. Halpin ve P.H. Petit, Primer on composite material: Analysis, Technomic Publishing Co., Inc., Westport, 1969.
- [65] G.V. Reddy, B. Gupta, K. , Ray ve V. Rodrigues, *Development of the Drosophila olfactory sense organs utilizes cell-cell interactions as well as lineage*, 1997.
- [66] Ö. Leyla, Polibenzoksazol türü polimerlerle modifikasyonun epoksi reçine özelliklerine etkisi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2015
- [67] R. Gu, S. Kumarappa ve G. VN, “Mechanical and physical characterization of agricultural waste reinforced polymer composites,” *College of Engineering and Technology*, c.3, sayı 5, ss. 907-916, 2012.
- [68] K. Imre, T. Mihai-Paul ve C.G. Vasile, “Development of fabric-reinforced polymer matrix composites using bio-based components from post-consumer textile waste”, Doktora tezi, University Politehnica Timisoara, Timisoara/Hunedoara, Romania, 2021.
- [69] L.T. Claudiu ve C. Shaun, “Science of the total environment influence of temperatur on styrene emission from a vinyl ester resin thermoset composite material”, c. 409, sayı 18, ss. 3403-3408, 2011.

- [70] Ö. Erkan, A. Takmaz ve E. Yücel, “Cam elyaf takviyeli plastik kompozit malzemenin kenar frezelenmesinde kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerinin istatistiksel olarak incelenmesi, *Duzce University Journal of Science and Technology*, c. 4, ss. 567-573, 2016.
- [71] A. C. Balaban ve M.E. Toygar, Usage of nanomaterials on carbon fibre/epoxy composites for improvement of their material properties,” *Procedia Structural Integrity*, cilt 42, ss. 292-29, 2022.
- [72] T. Chaozhi, W. Yu, H. Zhengxiang, X. Zu ve J. Xin, “Polyurea-coated ceramic-aluminum composite plates subjected to low velocity large fragment impact,” *Materialstoday Communications*, s. 104501, 2022.
- [73] B.K. Bijoya ve K. “Zunjarrao, Sustainable hybrid composites reinforced with textile waste for construction and building applications,” *Construction and Building Materials*, c. 284: s. 122800, 2021.
- [74] P.K.Subrata, S. Suchismita ve M. K. Tushar, “Thermal and acoustic properties evaluation of waste tire and textile reinforced epoxy composites”, *Materials Today: Proceedings*, c. 62: ss. 5982-5986, 2022.
- [75] V. Heura, C. Josep, L.G. Laura, A.D. Maria ve A. Monica, “Cement composite plates reinforced with nonwoven fabrics from technical textile waste fibres: Mechanical and environmental assessment,” *Journal of Cleaner Production*, c. 372: s. 133652, 2022.
- [76] Ö. Berk, M. Küçükali, B. Öztürk, H. Sezgin ve E.İ Yalçın, “Design of composite insulation panels containing 100% recycled cotton fibers and polyethylene/polypropylene packaging wastes”, *Journal of Cleaner Production*, c. 304, s. 127132, 2021.
- [77] K. Aamer, T. Alberto, A. Jalal, I. Komal, R. Massimo M. Mohammad ve S. Noor, “Low temperature synthesis of carbon fibres from post-consumer textile waste and their application to composites: An ecofriendly approach”, *Diamond & Related Materials*, c. 130, s. 109504, 2022.
- [78] M. Alka, K. Anam, P. Asokan, G.K. Manoj, T. Prashant, C. Ranjan, P. Ravi ve T.K. Vijay “Next-generation high-performance sustainable hybrid composite materials from silica-rich granite waste particulates and jute textile fibres in epoxy resin”, *Industrial Crops & Products*, c. 177, s. 114527, 2022.
- [79] F. Albert de la, C. Josep, A. Monica ve S. Payam, “Characterization of a textile waste nonwoven fabric reinforced cement composite for non-structural building components”, *Construction and Building Materials*, c. 276, s. 122179, 2021.

- [80] P. K. Subrata, S. Suchismita ve M. K. Tushar, Thermal and acoustic properties evaluation of waste tire and textile reinforced epoxy composites, *materials today: Proceedings*, c. 62, ss. 5982-5986, 2022.
- [81] S. Aydın, “Pamuklu ev tekstil ürünlerinin üretim süreçleri ve nihai ürünlerin yaşam döngüsünün değerlendirilmesi”, *Kurumsal Akademik Arşiv*, s. 37, 2016.
- [82] O. Saf, Perforasyonlu susturucuların akış ve akustik etkinliklerinin incelenmesi, İstanbul teknik üniversitesi, Fen bilimleri enstitüsü, 2010.
- [83] M.O. Kaman, “Tabakalı kompozitlerin gerilme analizi üzerinde doğrusal olmayan malzeme davranışının etkisi”, *Fırat Üniv. Müh. Bil. Dergisi*, c. 30, sayı 2, ss. 103-110, 2018.
- [84] D. Asi, “Polimer matrisli kompozit malzemelerde ilave olarak kullanılan parçacıkların geometrisinin kompozit malzemelerin fiziksel ve mekaniksel özelliklerine etkisinin araştırılması”, Doktora tezi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, 2018.
- [85] Gürültü kirliliği ve kontrolü yönetmeliği. *T.C. Resmi Gazete*, Sayı: 32029, 30 Kasım 2022.
- [86] S. Eren, “Karabük ili Safranbolu ilçesi, gürültü kirliliğinin, değerlendirilmesi ve haritalandırılması”, Yüksek lisans tezi, Çevre Mühendisliği, 2018.
- [87] Ş.H.Katranç, “Şanlıurfa’da gürültü kirliliği ve çevresel etkileri/ Noise pollution and environmental effects in Şanlıurfa”, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı.
- [88] M. Küçükali Öztürk, İ. Yalçın Eniş ve H. Sezgin, Çevre dostu akustik panel tasarımı, *İTÜ Ulusal Tekstil Kongresi ve II.Ar-Ge Günü*, 2-3 Nisan 2020.

# ÖZGEÇMİŞ

## KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mürvet MIHÇI

Yabancı Dili : İngilizce

## ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	İş Sağlığı ve Güvenliği	Kastamonu Üniversitesi	2019
Lisans	Çevre Mühendisliği	Cumhuriyet Üniversitesi	2017
Lise	Eşit Ağırlık	Düzce Anadolu Lisesi	2009