

**FARKLI LİF ÇEŞİTLERİNİN VE SODYUM SİLİKAT  
SOLÜSYONUNUN ALÇI MALZEME ÖZELLİKLERİNE  
ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Merdan Törehan TURAN

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Gökhan KÜRKLÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Kasım 2017

Bu tez çalışması 14.FEN.BİL.13 numaralı proje ile AKÜ BAPK tarafından desteklenmiştir.

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**FARKLI LİF ÇEŞİTLERİNİN VE SODYUM SİLİKAT  
SOLÜSYONUNUN ALÇI MALZEME ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

**Merdan Törehan TURAN**

**DANIŞMAN  
Yrd. Doç. Dr. Gökhan KÜRKLÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**Kasım 2017**

## TEZ ONAY SAYFASI

Merdan Törehan TURAN tarafından hazırlanan “Farklı Lif Çeşitlerinin ve Sodyum Silikat Solüsyonunun Alçı Malzeme Özelliklerine Etkisi” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 27/11/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Yrd. Doç. Dr. Gökhan KÜRKLÜ

**Başkan** : Doç. Dr. Gökhan GÖRHAN

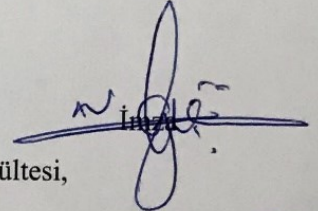
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,

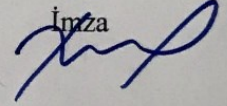
**Üye** : Yrd. Doç. Dr. Gökhan KÜRKLÜ

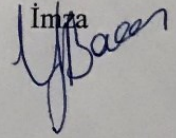
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,

**Üye** : Yrd. Doç. Dr. Yasemin BARAN

Giresun Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,

  
İmza

  
İmza

  
İmza

Afyon Kocatepe Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun  
...../...../..... tarih ve  
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....  
Prof. Dr. İbrahim EROL  
Enstitü Müdürü

**BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI**  
**Afyon Kocatepe Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;**

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı
- 

**beyan ederim.**

**27/11/2017**

**İmza**

**Merdan Törehan TURAN**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### FARKLI LİF ÇEŞİTLERİNİN VE SODYUM SİLİKAT SOLÜSYONUNUN ALÇI MALZEME ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Merdan Törehan TURAN

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Yrd. Doç. Dr. Gökhan KÜRKLÜ

Türkiye’de ve Dünya’da geniş kullanım alanı bulunan alçı malzemesi ile ilgili en büyük sıkıntı düşük dayanım değerleri ve suya karşı hassasiyetidir. Bu özelliklerinin geliştirilebilmesi için bu tez çalışmasında alçı malzemeye belirli oranlarda cam, karbon ve polipropilen lif ile takviye edilip fiziksel ve mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Bu lifler farklı boy ve oranlarda kullanılmıştır. Bununla birlikte sodyum silikat solüsyonu ile alçı malzemede fiziksel özelliklerin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada saten ve kartonpiyer olmak üzere iki farklı alçı çeşidi kullanılmıştır. Üretilen numuneler üzerinde su emme, porozite, yoğunluk, basınç, eğilme, sertlik ve darbe tokluk, deneyleri yapılmıştır. Elde edilen bulgular Duncan çoklu karşılaştırma testleri yardımı ile değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre, en yüksek basınç ve eğilme dayanımı karbon lifinin kullanıldığı 24 mm uzunluğundaki, % 0,5 lif oranlı serilerde sırasıyla 9,1 ve 7,2 MPa olarak elde edilmiştir. İstatistiki değerlendirmelere göre, basınç dayanımı açısından en ideal cam suyu oranı %6, eğilme dayanımı açısından ise %4’tür. Poroziteyi azaltma bakımından %6 cam suyu oranı en iyi orandır. Karbon lifi eğilme dayanımı, tokluk ve sertlik bakımından en iyi sonuçları vermiştir.

**2017, xi + 64 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Alçı, Lif, Sodyum Silikat.

## **ABSTRACT**

M.Sc. Thesis

### **EFFECT OF DIFFERENT FIBER TYPES AND SODIUM SILICATE SOLUTION ON GYPSUM MATERIAL PROPERTIES**

Merdan Törehan TURAN

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

**Supervisor:** Asst. Prof. Gökhan KÜRKLÜ

Gypsum is widely used in Turkey and in the world. However, the biggest problem with Gypsum is its low strength values and susceptibility to water. The aim of this thesis is to improve the physical and mechanical properties of gypsum by reinforcing it with glass, carbon and polypropylene fiber at certain proportions. These fibers were used in different sizes and proportions. Another aim of this thesis is to improve the physical properties of gypsum by using sodium silicate solution. Two different types of gypsum were used in this study. Water absorption, porosity, density, pressure, flexure, hardness and impact toughness tests were performed on samples. Duncan multiple comparison tests were conducted to analyze the data. Results show that series with a length of 24mm and 0.5% carbon fiber has the highest compressive strength (9.1 MPa) and flexure strength (7.2 MPa). According to the statistical analysis, the optimum rates of glass water for compressive and flexure strengths are 6% and 4%, respectively. The optimum rate of glass water to reduce porosity is 6%. Carbon fiber yields the best results for flexure strength, toughness and hardness.

**2017, xi + 64 pages**

**Keywords:** Gypsum, Fiber, Sodium Silicate.

## TEŐEKKÖR

Bu araştırmanın konusu, deneysel alışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarında dolayı tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Gökhan KÖRKLÖ 'ye, bu tez çalışmasına 14.FEN.BİL.13 numaralı proje ile destek veren AKÖ BAPK'ya, alçı tedariki konusunda katkıda bulunan üretici firma Knauf A.Ő.'ye, lif tedariki konusunda katkıda bulunan üretici firmalar DowAksa, Sika Yapı Kimyasalları A.Ő. ve Elsan Elyaf'a, deneylerin yapılmasında destek olan arkadaşım Mehmet Ferhat HAMZİYAN'a, her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teŐekkr ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme ve eşime teŐekkr ederim.

Merdan Törehan TURAN

AFYONKARAHİSAR, 2017

## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
RESİMLER DİZİNİ .....	xi
1. GİRİŞ .....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLER .....	2
2.1 Alçı ve Özellikleri .....	4
2.1.1 Alçı.....	4
2.1.2 Alçının Tarihçesi ve Yapı Sektöründe Kullanımı .....	6
2.1.3 Alçı Taşı .....	8
2.1.3.1 Anhidrit .....	8
2.1.3.2 Bassanit .....	9
2.1.3.3 Jips .....	9
2.1.4 Alçının Kimyasal Yapısı .....	9
2.1.5 Dünya ve Türkiye’de Alçı Kullanımı .....	10
2.1.6 Dünyada Ülkelere Göre Alçı Üretimi .....	11
2.1.7 Alçının Yararları .....	12
2.1.8 Çevre ve İnsan Sağlığı Açısından Alçı .....	14
2.2 Lif .....	15
2.2.1 Lif Çeşitleri .....	16



2.2.1.1 Cam Lifi.....	17
2.2.1.2 Karbon Lif.....	19
2.2.1.3 Polipropilen Lif.....	20
2.3 Cam Suyu.....	21
2.3.1 Cam Suyunun Özellikleri ve Kullanım Yerleri.....	21
3. MATERYAL METOD.....	23
3.1 Kullanılan Malzemeler.....	23
3.1.1 Alçı.....	23
3.1.1.1 Alçı Teknik Özellikler.....	23
3.1.2 Cam Lifi.....	24
3.1.3 Karbon Lifi.....	25
3.1.4 Polipropilen Lif.....	25
3.1.5 Cam Suyu.....	27
3.2 Örneklerin Hazırlanması.....	27
3.3 Uygulanan Deneyler.....	31
3.3.1 Porozite, Yoğunluk ve Su Emme Değerlerinin Belirlenmesi.....	31
3.3.2 Basınç Mukavemeti Deneyi.....	33
3.3.3 Sertlik Deneyi.....	34
3.3.4 Darbe (Çarpma) Deneyi.....	36
3.3.5 Uygulanan İstatiksel Analizler.....	39
4. BULGULAR.....	40
4.1 Fiziksel Özellikler.....	40
4.1.1 Görünen Porozite.....	40
4.1.2 Su Emme.....	42
4.1.3 Birim Hacim Ağırlık.....	44
4.1.4 Görünür Yoğunluk.....	46

4.2 Mekanik Özellikler.....	48
4.2.1 Basınç ve Eğilme Dayanımı.....	49
4.2.2 Tokluk.....	53
4.2.3 Sertlik.....	55
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	57
6. KAYNAKLAR.....	59
ÖZGEÇMİŞ.....	64

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

---

W	Ağırlık
P	Kırılma yükü
A	Yüzey alanı
$\sigma$	Basınç dayanımı
Na <sub>2</sub> O	Sodyum Oksit
SiO <sub>2</sub>	Silisyum Dioksit

### Kısaltmalar

---

TSE	Türk Standartları Enstitüsü
ASTM	American Society for Testing and Materials
KE	Kırılma Enerjisi

---

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 3.1 Bir darbe deneyinin şematik olarak gösterimi .....	37
Şekil 3.2 Charpy darbe deney numunesi şematik gösterimi .....	38
Şekil 4.1 Alçı çeşidi ve cam suyu ikame oranına bağlı görünen porozite.....	41
Şekil 4.2 Lif çeşidi ve lif boyuna bağlı görünen porozite .....	41
Şekil 4.3 Cam suyu ikame oranı, lif çeşidi ve lif oranına bağlı görünen porozite .....	42
Şekil 4.4 Alçı çeşidi ve cam suyu ikame oranına bağlı su emme .....	43
Şekil 4.5 Lif çeşidi ve lif boyuna bağlı su emme .....	43
Şekil 4.6 Cam suyu ikame oranı, lif çeşidi ve lif oranına bağlı olarak su emme .....	44
Şekil 4.7 Alçı çeşidi ve cam suyu ikame oranına bağlı birim hacim ağırlık.....	45
Şekil 4.8 Lif çeşidi ve lif boyuna bağlı birim hacim ağırlık .....	45
Şekil 4.9 Cam suyu ikame oranı, lif çeşidi ve lif oranına bağlı birim hacim ağırlık.....	46
Şekil 4.10 Alçı çeşidi ve cam suyu ikame oranına bağlı görünür yoğunluk.....	47
Şekil 4.11 Lif çeşidi ve lif boyuna bağlı görünür yoğunluk .....	47
Şekil 4.12 Cam suyu ikame oranı, lif çeşidi ve lif oranına bağlı görünür yoğunluk .....	48
Şekil 4.13 Alçı çeşidi ve cam suyu ikame oranına bağlı basınç dayanımı.....	49
Şekil 4.14 Alçı çeşidi ve cam suyu ikame oranına bağlı eğilme dayanımı .....	50
Şekil 4.15 Lif çeşidi ve lif boyuna bağlı basınç dayanımı .....	50
Şekil 4.16 Lif çeşidi ve lif boyuna bağlı eğilme dayanımı.....	51
Şekil 4.17 Cam suyu ikame oranı, lif çeşidi ve lif oranına bağlı basınç dayanımı .....	52
Şekil 4.18 Cam suyu ikame oranı, lif çeşidi ve lif oranına bağlı eğilme dayanımı .....	52

<b>Şekil 4.19</b> Alçı çeşidi ve cam suyu ikame oranına bağlı tokluk.....	53
<b>Şekil 4.20</b> Lif çeşidi ve lif boyuna bağlı tokluk .....	54
<b>Şekil 4.21</b> Cam suyu ikame oranı, lif çeşidi ve lif oranına bağlı tokluk .....	54
<b>Şekil 4.22</b> Alçı çeşidi ve cam suyu ikame oranına bağlı sertlik değeri.....	55
<b>Şekil 4.23</b> Lif çeşidi ve lif boyuna bağlı sertlik .....	56
<b>Şekil 4.24</b> Cam suyu ikame oranı, lif çeşidi ve lif oranına bağlı sertlik .....	56

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Alçı üreticisi ülkelerin üretim rakamları .....	11
Çizelge 2.2 Değişik türdeki liflere ait fiziksel özellikler.....	16
Çizelge 2.3 Bazı cam liflerin tipik özellikleri .....	17
Çizelge 2.4 E-Camların fiziksel, mekanik ve termal özellikleri .....	18
Çizelge 3.1 Saten alçı teknik özellikler .....	24
Çizelge 3.2 Kartonpiyer alçısı teknik özellikler .....	24
Çizelge 3.3 Cam lifi teknik özellikler .....	25
Çizelge 3.4 Polipropilen lif teknik özellikler .....	26
Çizelge 3.5 Cam suyu (SS) teknik özellikler .....	27
Çizelge 3.6 Örneklerin hazırlanması için yapılan karışım oranları.....	27

## RESİMLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
<b>Resim 2.1</b> Cam lifi .....	18
<b>Resim 2.2</b> Karbon lif .....	20
<b>Resim 2.3</b> Polipropilen lif .....	21
<b>Resim 3.1</b> Çalışmada kullanılan; saten alçı, kartonpiyer alçı .....	23
<b>Resim 3.2</b> Kullanılan malzemeler; lif .....	26
<b>Resim 3.3</b> 40x40x160mm prizmatik üçlü çimento kalıbı .....	30
<b>Resim 3.4</b> 40x40x160mm prizmatik üçlü çimento kalıbı ile şekillendirilen alçılar .....	31
<b>Resim 3.5</b> Deneyde kullanılan numune örneklerinin üretimi .....	32
<b>Resim 3.6</b> Laboratuvar tipi etüv .....	32
<b>Resim 3.7</b> Üretilen numune örneği .....	33
<b>Resim 3.8</b> Sertlik tayin cihazı .....	35
<b>Resim 3.9</b> Darbe deney aleti .....	38

## 1. GİRİŞ

Alçı kullanılan en eski yapı malzemelerindendir. Alçı üretimi için kullanılan hammadde alçıtaşıdır. Alçıtaşı ısıtılarak bünyesindeki suyun yarım molekül kalacak şekilde ya da tamamını kaybedecek şekilde ısıtılması ve öğütülerek toz haline getirilmesi sonucu alçı malzemesi oluşmaktadır. Alçılar üretim metoduna bağlı olarak farklı türlerde elde edilebilir.

Türkiye’de ve Dünya’da geniş kullanım alanı bulan alçı malzemesi ile ilgili en büyük dezavantajları mekanik dayanım değerlerinin düşük ve suya karşı direncinin az olmasıdır. Alçı malzemenin bu olumsuz özelliklerinin geliştirilebilmesi için çeşitli kimyasalların eklemesi, doğal veya yapay lif takviyesi gibi çalışmalar literatürde mevcuttur.

Bu tez çalışmasında farklı oranlarda ve farklı boyutlarda cam lifi, polipropilen lif ve karbon lifi gibi fiber elemanlar ile alçı malzemesi takviye edilip mekanik özelliklerinde iyileştirme ve bununla birlikte sodyum silikat solüsyonu ile su emmeye karşı dayanıklılığını artırmak amaçlanmıştır. Bunun için farklı lif çeşitlerinin ve sodyum silikat solüsyonunun alçı malzemeler üzerindeki fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmıştır.

Bu tez çalışmasının ikinci bölümünde literatür özeti ve alçı, karbon lif, polipropilen lif, cam lifi ve sodyum silikat solüsyonu hakkında detaylı bilgiler verilmiştir.

Tez çalışmasının üçüncü bölümünde, örneklerin üretimde kullanılan malzemeler hakkında bilgiler sunulmuş ve örneklerin üretim aşamaları ile uygulanan deneyler hakkında detaylı bilgiler verilmiştir.

Tez çalışmasının dördüncü bölümünde, örneklerden elde edilen bulgular üzerinde yorumlar yapılarak elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Beşinci bölümde ise elde edilen sonuçlar özetlenmiştir.



## 2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

Alçı, kimyasal bileşimi  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  olan alçı taşının içerisinde bulunan kristal suyun yaklaşık olarak yarım molekülünün kalacağı ya da tamamının buharlaştırılacağı şekilde pişirilerek bünyesindeki suyun buharlaştırılması ve sonrasında alçı taşının öğütülerek toz haline gelmesi ile elde edilen yapı malzemesidir. Bu malzeme su ile karşılaştığında yeniden katılaşma ve bağlayıcılık özelliği kazanan bir yapı malzemesidir (Eriç 1978, Herhández *et al.* 1999).

Alçı sıva 4000 yıllık geçmişe dayanan en eski yapı malzemelerinden biridir (Ryan 1962). Alçı levha yarı hidrate olan kalsiyum sülfattan üretilir. Bu malzeme  $\alpha$  (alfa) ve  $\beta$  (beta) olmak üzere iki farklı tiptir. Bunlardan en yaygın olarak  $\beta$  yarı hidrate tip olan kullanılır.  $\alpha$  tipi alçı ise çok gevrekler. Bu yüzden yapı malzemesi olarak kullanılması uygun olmamaktadır (Wirsching 2005).

Alçılar pişirme sıcaklığı, üretim metodu ve ham madde olarak kullanılan alçı taşının türüne bağlı farklı türlerde üretilebilir (TS 370 1982).

Yapıda kullanılan alçılar iki çeşittir, bunlar normal alçı ve katkılı alçı olarak adlandırılmaktadır (Gürdal 1996).

Belirli standartlara göre üretilen alçı yapı elemanları yapının taşıyıcı olmayan iç mekânlarında duvar ve tavan kaplama malzemesi olarak ya da asma tavan ve çatı döşemelerinde kullanan yapı malzemelerinde kullanılan ana malzeme alçıdır. Yapıda kullanılan alçıya farklı agregalar eklenerek alçı betonu üretilebilir. Bu agregalar doğal agregalar (pomza, kum, tuf gibi), sanayi ürünü olan hafif gözenekli agregalar (yüksek fırın cürufu, perlit, vermikülit gibi) olabilir. Bu özelliklerden farklı olarak organik agregalar veya liflerin eklenmesi ile dolgu malzemesi ve güçlendirme malzemesi olarak da alçı betonu üretilmektedir. Bu çerçevede tahta yongaları ve talaşları, atık durumdaki kâğıtlar, şeker kamışı vb. maddeler kullanılabilir (Alper 1990).

Alçı levhalar gelişmiş olan ülkelerde konut ve iş yeri gibi yapılarda asma tavan ve bölme duvarlarda yaygın olarak kullanılan yanmayan, yüksek ısı ve ses yalıtımına sahip olan ancak bunların yanı sıra darbe dayanımı düşük olan yapı malzemesidir (Lindley and Whitaker 1996).

Yu and Brouwers (2012) yaptıkları çalışmada kendiliğinden yerleşen alçı esaslı hafif kompozit üretimini ve deneysel olarak araştırmasını yapmışlardır. Bu kompozit de 0-2 mm arasında farklı boyutlarda hafif agrega ve bağlayıcı olarak da  $\beta$  yarı hidrate tip alçı kullanılmıştır. Geliştirilen karışımlar yoğunluk, porozite ve mekanik özellikleri de dâhil olmak üzere hem taze hem de sertleşmiş durumda incelenmiştir. Yeni geliştirilmiş kompozitlerin termal davranışları yüksek sıcaklıklarda incelenmiştir. Bu kompozitin geleneksel alçı levha ile kıyaslandığında daha iyi termal ve mekanik özellikler gösterdiği belirlenmiştir (Gencel *et al.* 2011).

Cam elyaf takviyeli alçı duvarlar 1990'ların başında Avustralya'da geliştirilen yeni bir yapı malzemesidir. Sektörde Rapidwall olarak bilinen bu duvarlar genellikle endüstri, ticaret ve konut binalarında yaşanabilir mekânlar için kullanılır. Bu duvarlar alçı sıva ve kesilmiş cam elyafı ile takviye kullanılarak yapılan içi boş bir çekirdeğe sahip olan panellerdir. Wu (2004) yapmış olduğu çalışmada bu duvarların gerilme ve mekanik özelliklerini araştırmıştır.

Gencel vd. (2014) hafif alçıda düşük ısı iletkenliği için geliştirilmiş vermikülit ve polipropilen lif eklemiştir. Gözenek yapıcı olarak vermikülit eklenmesi bu kompozitin ısı iletkenliğini azaltmıştır. Kompozitin fiziksel ve mekanik özellikleri polipropilen lif içeriği ile artırılmıştır. Çalışmada üç noktalı eğilme modeli ve deneysel analizler doğrusal olmayan sonlu elemanlar modeli ve deneysel analiz tasarımı ile geliştirilmiş ve optimize edilmiştir. Üç seviyeli faktöriyel ile istatistiksel tepki yüzeyi metodu ile alçı kompozite vermikülit ve polipropilen liflerinin ilave edilmesinin değerlendirilmesi için kullanılmıştır.

Fiziksel ve ısı iletkenlik özellikleri alçı içine geliştirilmiş silis jel granüllerin eklenerek geliştirilmiştir (Başpınar and Kahraman 2011). Ayrıca farklı boyutlardaki lifler veya

agrega gibi takviye edici malzemeler ile alçı sıva ve panoların bazı mekanik özellikleri geliştirilmiştir (Eve *et al.* 2002, Çolak 2006).

Bu çalışmalara bakıldığında alçıya lif eklemek genel bir yaklaşımken bunların karşılaştırılması ve genel olarak kullanımına rastlanılmayan sodyum silikat solüsyonunun alçı malzemesinin fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisi yapılacak tez çalışmasının önemini oluşturmaktadır.

## **2.1 Alçı ve Özellikleri**

### **2.1.1 Alçı**

Alçı, doğada bulunarak elde edilen ve bünyesinde yaklaşık olarak %20 su bulunduran jipsin fırınlanarak öğütülmesinden sonra, çeşitli kimyasallarla karıştırılması sonucu oluşan bir yapı malzemesidir. Bünyesinde yaklaşık olarak %20 su bulunduran alçı taşı, fırınlandıktan sonra bünyesindeki suyun tamamına yakını veya tamamını atar. Alçı üretim şekillerine göre  $\alpha$  alçısı ve  $\beta$  alçısı olmak üzere ikiye ayrılır. Bu alçılardan basınçlı ortamda üretilen alçı  $\alpha$  alçı olarak adlandırılır. Normal döner ya da bunun gibi fırınlarda kalsine edilerek üretilen alçıya da  $\beta$  alçı denir.  $\alpha$  alçı çoğunlukla dış ve seramik kalıbı gibi kalıplama işlemlerinde kullanılır.  $\beta$  alçı da birçok üretim ve kaktı işlemlerinin ardından sıklıkla inşaat işlerinde duvar kaplama sıva harcı ve kartonpiyer süsleme malzemesi olarak kullanılır (Şener 2012).

Alçı, suyun etkisiyle donup sertleşir bu nedenle hidrolik bağlayıcılar sınıfından bir yapı malzemesidir. Rengi beyaz tonlarında olan alçı inorganik esaslı bir bağlayıcı türüdür, su ile karıştırıldığında kısa süre içerisinde katılaşma özelliği gösterir. Alçı bilinen en eski bağlayıcılarda biridir. Ancak günümüzde bağlayıcı madde olarak pek kullanılmamaktadır. Alçı içine başka malzemeler katılmaksızın tek başına kullanılabilirdiği gibi mekanik dayanımını artırmak amacıyla içine lifli malzemeler de katılabilir (Ün 2009).

Alçılar sıva alçısı olarak bina bölümlerinin fabrikasyon imalatı veya yerinde yapım işlerinde kullanılan ve çeşitli katkı maddeleri ihtiva ederek de üretilebilirler.

Sıva alçısı olarak yaygın biçimde kullanılan iki tip alçı vardır:

- Perlitli sıva alçısı ( kaba alçı sıva 5 – 40 mm )
- Saten perdah alçısı ( ince alçı sıva 0,3 – 1 mm )

*Perlitli sıva alçısı;* kâgir yüzeyler üzerine uygulanan, diğer sıva alçıları ile karşılaştırıldığında daha kaba ve gözenekli olan. Tavan yüzeylerine ve duvar yüzeylerine saten sıva öncesi ilk kat olarak kullanılan alçıdır. Saten alçı uygulamasına zemin hazırlar.

Duvarlarda minimum 5 mm, maksimum 40 mm, tavanda da minimum 5 mm maksimum 20 mm kalınlıkta uygulanmaktadır. Priz alma ve işlenebilme süresi uzatılmış ve de ısı yalıtım özellikleri ile ses yalıtım özellikleri artırılmış bir hazır sıva alçısıdır.

*Saten perdah alçısı;* Duvar ve tavan yüzeylerinin tamamına uygulanabilen, genellikle perlitli sıva üzerine uygulanan yüzey düzeltme alçısıdır.

Yüzeyi düzelterek plastik boya, yağlı boya ve ya duvar kâğıdı için uygun zemin oluşturacak parlak ve düzgün bir hale getirir. Tavan ve duvarlarda 0,3 – 1 mm kalınlığında yapılır (TS EN 13279-1 2007, TS EN 998-1 2006).

Alçının yaygın olarak kullanıldığı bir başka alan ise kartonpiyerdir. Kartonpiyer alçısı genellikle dekoratif amaçlı kullanılmaktadır. Mekânları kabartmalarla süslemek için genellikle duvar ve tavan birleşim yerleri ile tavanın ortasına avize göbeklerinde dekoratif amaçlı kullanılan alçıdır. Kartonpiyer alçısı genellikle dekorasyon amacı ile kullanılsa da yapılarda uygulama sonrası oluşan bazı hataları da gizleme amacı ile günümüzde çok yaygın olarak kullanılır. Yapıların iç mekânlarında, su ve nem almayan yerlerinde ince sıva ya da alçı sıva uygulaması yapımından daha sonra uygulama yapılacak yüzeyleri güzelleştirmek ve süslemek için tavan ve duvarların kesiştiği köşelere, tavana, duvarlara kartonpiyer uygulamaları yapılabilir (Anonim 2008).

Ayrıca alçılar derz dolgu malzemesi olarak da üretilmektedirler. Derz dolgu malzemesi olarak üretilen alçılar, alçı levhaların birleşim yerlerindeki boşlukları doldurmak amacı ile kullanılırlar.

Alçılar yapıştırma amacı ile de kullanılırlar. Tuğla, brüt beton, gaz beton, bims gibi yüzeylere, Alçı levha, EPS (genleştirilmiş polistren), XPS (haddelenmiş polistren), mineral yünler ve yalıtımlı kompozit panelleri yapıştırmak için kullanılan alçıya yapıştırıcı alçı adı verilir. Hacimde meydana gelen kaybın minimum olması istendiği yapıştırma uygulamaları için kullanılacak en uygun yapı malzemesidir. Yüksek aderansa sahiptir. Priz almasının ardından dayanımı çok hızlı artar. Yapısında hemihidrat jips, kalsit, priz geciktirici ve su tutucu bulunur (Özcan 2002).

Son yıllarda ülkemizde alçı yapı malzemesinin kullanım oranı artmıştır. Daha önceleri alçı sıva ve kartonpiyer şeklinde kullanılan alçı malzemeler, alçı duvar teknolojisinin gelişmesi ve çeşitlenmesi ile tasarımcıların alçı malzemeler üzerine bilgilerinin artması ile birlikte, daha fazla tercih edilen bir malzeme rolü almaya başlamıştır.

Bunların dışında az da olsa özel amaçla üretilmiş alçılar vardır; kuyumcu alçısı, hava alanı tamir alçısı gibi (Toydemir *et al.* 2011).

### **2.1.2 Alçının Tarihçesi ve Yapı Sektöründe Kullanımı**

Günümüzden milyonlarca yıl önce, günümüzde Anadolu diye adlandırdığımız topraklar meydana gelirken, buharlaşarak kuruyan denizlerden milyonlarca ton alçı taşı bizlere miras kalmıştır. Çok eski bağlayıcı malzemelerden biri olan alçının ilk Çatalhöyük'te kullanıldığı ve ilk defa kullanılırken alçı kireç ile karıştırılarak sıva alçısı olarak kullanıldığı yazılı kaynaklar sayesinde bilinmektedir. Diğer taraftan Sümer Uygarlığı ve Asur Uygarlıkları dönemlerinde; kentteki yapılar ile yol yapımlarında kullanıldığı görülmüştür. Mısır'daki Firavun mezarları ile yine Mısır'daki piramitlerde bağlayıcı malzeme olarak alçıdan yararlanılmıştır.

Alçı sıva malzemesi olarak eski Yunan ve Roma uygarlıklarında duvarlarda ve ahşap tavanlarda kullanıldığı görülmektedir. Daha sonraları alçının yapı malzemesi olarak Yunan uygarlığı, Roma uygarlığı ve Selçuklu uygarlığında da uygulandığı görülmektedir. Alçının geçmişte tüm yapı geleneklerinde kullanıldığı gözlenmektedir. Bileşimlerinde genel olarak kireç, alçı taşı ve ince kum bulunmaktadır. Bulunan bu malzemelerin miktarları ve çeşitleri uygulanmak istenen sıvanın çeşidine göre farklılık göstermektedir. Uygulama tekniği, çok önemlidir. Alçı işçilik ürünlerine Aztek mimarisinde ve İslam mimari işçiliğinde rastlanır. Eski Yunan tapınaklarında alçı işçiliğinin iç duvar ve dış duvarlarda uygulandığı görülür. Eski Roma yapılarında mimarlar taş duvar ve tuğla duvarları alçı işçiliği ile donatmışlardır. Tivolie M.S. 120 yılı ile 130 yılı arasında inşa edilen Hadrianus Villasındaki hamamlar bunlara örnek gösterilebilir.

Rönesans devrindeki mimarlar ve ressamalar alçı uygulamasını ilk olarak iç cephelerde daha sonra da dış cephelerde yoğun biçimde kullanmışlardır. Rönesans yapılarının köşelerinde ve girişlerinde bulunan ağır ve taş işçiliğine karşılık yaratacak şekilde düzgün alçı uygulamaları yapılmıştır. Alçı uygulamaları Rönesans devrinden sonra da mimarinin özentili ve süslü tavrına kolayca adapte olmuştur. Taş malzemedenden çok daha kolay şekil verildiğini için ve şekil verme maliyeti düştüğü için ilk olarak sütunlar ile birlikte sütunların üzerine oturan kornişlerde uygulanmıştır. Bu dönemdeki yapıların özelliklerinde tavanlarda görülen yoğun alçı işleri göze çarpar. Rönesans tarzının moda olduğu 18. yüzyıl sonu ve 19. yüzyıl başlarında alçı işleri, İngiltere başta olmak üzere birçok ülkede yapıların dış cephelerinde de kullanıldığı görülmüştür. Alçı yapılarda ve sanatta binlerce yıldır kullanılmaktadır.

Akdeniz'deki kuru iklime sahip ülkelerde, sıva malzemesi olarak ve harç malzemesi olarak kullanılmıştır. Daha sonra Amerika Birleşik Devletlerinde iki karton levha arasına alçı dökerek kartonlu alçı levhaları 1890 yılında üretmişler ve bu levhaları yapıda kullanmaya başlamışlardır. 1666 yılında Londra'da meydana gelen yangın alçı kullanımının yaygın şekilde bilinmesi açısından önemlidir. Bu yangın felaketi sonrasında alçının ahşap yapıları koruduğu gözlenmiş ve bu gözlem sonunda alçı kullanımı Paris'te alçının ahşap yapıları koruması nedeni ile zorunlu hale getirilmiş, bu yüzden sıva

uygulamaları için kullanılan sıva alçısı “Paris alçısı” adı ile bilinmeye başlanmıştır (Anonim 2009).

### **2.1.3 Alçı Taşı**

Alçı taşı bir mineraldir. Bu mineralin bileşiminde kalsiyum sülfat bulunmaktadır. Bu mineralin bileşiminde iki molekül kristal su bulundan çeşidine jips denir.

Alçı taşı doğada farklı şekillerde bulunur. Bu bulunuş şekillerine göre doğada 6 çeşit alçı taşı vardır bunlar; anhidrit, bassanit, jips, albatr, ipek jipsi ve selenit'tir. Susuz kalsiyum sülfat doğal anhidrittir. Doğada alçı taşı ile birlikte bulunduğu görülmektedir. Sülfürik asit üretiminde bazı ülkelerde kullanıldığı gözükse de sülfürik asit üretiminin yanı sıra yakın tarihlere kadar fazla kullanım alanı bulanamamıştır. Ancak yaklaşık 30 yıldır kimya sanayisinde ve yapı malzemesi üretiminde önem kazanmış bulunmaktadır. Alçı taşının diğer bir çeşidi de bassanittir. Bassanit anhidrit ile jips arasında mineral faz meydana getirmektedir (Anonim 2001a).

#### **2.1.3.1 Anhidrit**

Bileşimi  $\text{CaSO}_4$  tür. Sistemi ortorombiktir. Kristalleri ise nadirdir. Sertlik değeri 3 ile 3,5 arasında değişmekte olup, yoğunluğu ise 2,95'dir. Maviye dönük gri, beyaz, koyu ve ya kırmızı renktedir. Çoğunlukla yoğun, masif ve lif şekilde bulunur. Şeklinin kristal, daha sert olması, üç taraftan dilinme olanağı olması ve bileşiminde su bulunması nedeni ile jipsten farklıdır. Anhidrit jipse dönüşebilir bu dönüşüm için bünyesine su alması gerekir. Bu dönüşüm sonucu hacminde artış meydana gelir. Bu artış yaklaşık olarak % 40 oranındadır. Anhidrit jipsin bulunduğu ortamlarda görülmesine karşın jips kadar yaygın değildir. Tuz yatakları içinde ve tuz kubbelerinde oluşur. Kaya tuzları ile birlikte deniz ve göllerde çökelir. Çimento bünyesinde da katkı maddesi olarak, tarımda ise verim arttırmak amacı ile ve sanayide ise sülfürik asit elde etmek amacı ile kullanılır (Vardar ve Bozkurtoğlu 2013).

### 2.1.3.2 Bassanit

Bassanit, anhidrit ile jips arasında ayrı bir mineral fazı oluşturmaktadır. Doğada direk teşhisi olanaksızdır. Ancak X ışınları yardımı ile ya da iyi hazırlanmış örnekler üzerinde petrografik yöntem ile tanınması mümkündür. Normal koşullarda Bassanit şekil değiştirebilir çünkü bassanit yarı dengelidir. Bununla birlikte alçı taşı yataklarının %1 kadar Bassanit içerdiği sanılmaktadır (Avdan 1997).

### 2.1.3.3 Jips

Bünyesinde 2 molekül su bulundurmaktadır, doğada genellikle kayaç halinde masif bir şekilde bulunur. Anhidrite göre çok yumuşak olması ve tırnakla kolayca çizilebilmesi nedeni ile anhidritten çok kolay ayırt edilir. Mohs cetveline göre; jipsin sertliği 2 civarındadır. Buna karşın Anhidritin ise sertliği 3 ile 3,5 arasında değişmektedir. Jipsin özgül ağırlığı 2,2 g/cm<sup>3</sup> ile 2,4 g/cm<sup>3</sup> arasında olduğu halde Anhidritin özgül ağırlığı 2,7 g/cm<sup>3</sup> ile 3,0 g/cm<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Jipsin rengi genelde beyaz veya beyazımsı kül rengindedir. Jipsin içindeki yabancı maddeler jipse ve ondan elde edilecek alçıya da renk verirler. Yabancı madde etrafında oluşan kristaller iri taneli olurlar. Buna karşın saf olarak oluşan kristal taneleri ise daha ufaktır. Buda üretim aşamasında maliyeti ve kaliteyi etkilemektedir. Jips yataklarının çoğunda ayrı iki yaşa ait iki tür jips kristalleri görülmektedir. Bazı yataklarda da lifli kristaller diğerlerinin aksine keçe gibi iç içe geçmiş kütleler halinde bulunur. Jips doğada şu şekillerde bulunur;

- Mızrak ikizler halinde,
- Mercek şeklinde yerleşmiş kristaller halinde, yani jips gülü olarak,
- İnce kristalli ve homojen yapıda, albatr olarak,
- Şeker dokusunda ince kristalli, sakkaroid jips şeklinde,
- Kılımsı ve lifsi görünümlü olarak (Önem 1997 ve Kuşçu 2001).

### 2.1.4 Alçının Kimyasal Yapısı

Alçı taşı tüm yapı alçıları ve alçı levhası gibi yağı malzemelerinin üretiminde hammadde olarak kullanılmaktadır. Alçı üretimi esnasında alçı taşı fırında ısıtılarak, bünyesinde



bağlı bulunan kristal suyu buharlaştırarak kalsine etmesi sağlanır. Alçı taşının kalsine edilmesi sonucu kısaca hemihidrat, Kalsiyum sülfat hemihidrat diye adlandırılan ara mamul elde edilir. Elde edilen bu alçıya çeşitli katkı malzemelerinin eklenmesiyle istenilen özelliklere sahip alçı üretilmiş olur.

Alçı, üretimi aşamasında pişirilerek buharlaştırılan yitirdiği suyu, su ile karıştırıldığında ya da su dolu olan bir kap içerisine döküldüğünde ya da alçı sıva makinesi içerisinde su ile karşılaştığında geri kazanır. Yani karışım içerisinde bulunan hemihidrat, yitirmiş olduğu suyu, su ile buluştuğunda geri kazanarak Kalsiyum sülfat dihidrata dönüşür. Meydana gelen bu değişim sonucunda, gerek yapı alçıların gerekse alçı levhaların bünyesinde %20 oranında kristal olarak bağlı su meydana gelir.

Alçı, su ile karıştırılınca yeniden katılaştır. Böylece bağlayıcılık özelliği taşıyan bir yapı malzemesine dönüşür. Ham alçının hidratasyon hızı çok yüksektir. Bu hız alçının saf olmasına bağlı olarak 3 dakika ile 15 dakika arasında sürer yani işlenebilme süresi 3 ile 15 dakika arasındadır. Bu işlenebilme süresi uygulamalarda yeterli olmayacağından uygulanacağı yere göre ham alçının içerisine, alçının üretimi esnasında priz almasını geciktirici bazı maddeler katılarak işlenebilme süresi artırılmaktadır.

Alçı malzemenin ve alçı levhanın bünyesinde bulunan %20 oranındaki kristal olarak bağlı su, yangın başlamadan önce yani 80°C ile 110°C sıcaklıklar arasında açığa çıkarak, yangını söndürür ya da en basit ifadeyle yangının yayılmasını geciktirir (Kaynak 2005).

### **2.1.5 Dünya ve Türkiye’de Alçı Kullanımı**

Dünyada alçı rezervlerinin yarısına yakın oranının Amerika kıtasında bulunduğu ve dünya alçı rezervlerinin yaklaşık olarak 3 milyar tonun üzerinde olduğu bilinmektedir. 2006 yılı sonu itibariyle dünyada mevcut alçı üretimi 125 milyon ton olarak tahmin edilmektedir.

Türkiye’de de alçı taşı rezervleri bulunmaktadır bu rezervler yaygın olarak Orta Anadolu, Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgelerindedir. Onlarca milyon ton olarak alçı taşı rezervlerimizi ifade edebiliriz. Ancak ülkemizde alçının yararlarının yeterince bilinmemesi, alçının gelişmiş toplumlardaki kullanım seviyesine ulaşmamızı engellemektedir (Anonim 2009).

### 2.1.6 Dünyada Ülkelere Göre Alçı Üretimi

Dünyada alçı ve alçı kaynaklı yapı malzemeleri 19. yüzyılın başından beri üretilmektedir. Günümüzde alçının yıllık olarak üretim miktarı 125 milyon tonun üzerindedir. Ayrıca termik santrallerin desülfürizasyonundan üretilen baca gazı sentetik alçının tüketimi doğal alçı kadardır. Amerika Birleşik Devletleri ve birçok Avrupa Birliği ülkesinde alçı üreticilerinin, inşaat sektörü için çok geniş bir ürün yelpazesi mevcuttur. Dünyada çok büyük uluslararası alçı üreticilerinin var olmasına rağmen dünya alçı sektöründe tek başına lider konumunda bir üretici yoktur. Serbest piyasa ekonomisinin hâkim olduğu ülkelerdeki üretim, çok fazla sayıda üretici tarafından yapılmaktadır (İnt.Kyn.2).

**Çizelge 2.1** Alçı üreticisi ülkelerin üretim rakamları (milyon ton) (İnt.Kyn.2).

Ülkeler	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Kanada	9.9	10	10	10.1	10.2	10.4
Çin	8	8	8.1	8.2	8.3	8.5
Mısır	2.2	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
Fransa	5	5.1	5.1	5.2	5.3	5.3
İran	13	13	13.1	13.1	13.2	13.2
İtalya	1.5	1.6	1.7	1.7	1.8	1.8
Japonya	6.2	6.3	6.4	6.5	6.5	6.6
Tayland	8.6	8.6	8.6	8.6	8.8	8.9
İngiltere	3.1	3.2	3.3	3.3	3.4	3.4
A.B.D.	22.3	22.4	22.5	22.6	22.8	22.9
Türkiye	3.4	3.4	4	4.1	5.5	5.7
Kanada	9.9	10	10	10.1	10.2	10.4
Çin	8	8	8.1	8.2	8.3	8.5

### 2.1.7 Alçının Yararları

Kullanılacak yapı malzemelerinin seçimi yapılırken enerji ve malzeme üretim teknikleri arasındaki ilişki dikkate alınmalıdır. Hava ve çevre kirliliği dengeleri hesaba katılarak seçim yapılmalıdır.

Mevcut alternatifler iyi incelenerek bunların zararı en düşük olanı seçilmelidir. Bu seçim yapılırken mimarlar, mühendisler, teknik elemanlar ve son kullanıcılar yapı malzemelerini en az enerji kullanılarak üretilen ve çevre ile uyum sağlayan malzemeleri seçmelidirler.

İnsanlar yaşadıkları yaşam alanlarını kendi istekleri doğrultusunda şekillendirirken, bu şekillendirmenin doğaya uygun ve doğaya zarar vermeden yapılmasına özen gösterilmelidir. Üretimi ve işlenmesi için düşük enerji harcanan ve kullanım ömrü sonunda doğada kolayca geri dönüştürülebilen, üretim esnasında doğaya zarar vermeyen ve de kanserojen maddelerin ortaya çıkmasına sebep vermeyen malzemeler seçilirse doğal dengenin bozulmamasına katkıda bulunulur.

Yukarıda bahsedilen alçı ve alçıdan üretilen yapı malzemelerinin değerlendirmesinin yapılabilmesi için önceden saptanmış bazı bilgilerin bulunması gerekmektedir. Bu saptamalar yedi ayrı grupta toplanabilir:

- Üretim aşamasında harcanan enerji miktarı,
- Üretim aşamasında zararlı madde ya da yan ürün olarak meydana çıkan zararlı maddeler,
- Malzemenin geri dönüşüm kabiliyeti,
- Malzemenin yeniden kullanılabilme kabiliyeti,
- Yerli kaynaklardan üretilebilir olması,
- Merkezi büyük tesisler dışında üretim ve uygulama olanakları,
- İnsan sağlığı ve yaşam alanlarının konfor düzeyi üzerindeki etkileri;

Bu maddelere göre alçı ve alçıdan üretilen yapı malzemeleri, yapı biyolojisine uygun özellikleri bulunduran yapı malzemeleridir.

Yukarıda söz edilen özelliklerin yanı sıra alçının diğer yapı malzemelerine kıyasla üstünlüklerini belirtmek gerekirse;

- Alçı, su ile karıştırılıp priz aldıktan sonra, boyutlarında herhangi bir değişiklik oluşmaz. Bu nedenle alçıda betonda olduğu gibi rötre çatlakları ve ya ahşapta rutubet alıp vererek meydana gelen boyut ve şekil değişiklikleri gözlenmez.
- Alçı ve alçıdan üretilen yapı malzemelerinin üretimi, uygulaması ve bakımı kolay aynı zamanda ucuzdur.
- Alçı, son hali ile yapıda uygulanır, ekstra iş gücü ve bütçe gerektirmez,
- Alçı, hazır yapı malzemesi üretimine uygun olan bir yapı malzemesidir. Duvar ve tavanda kullanılan kaplama elemanlarının önceden hazırlanmasına olanak sağlar.
- Alçı malzeme ile üretilen yapı malzemeleri, ihtiyaç duyulan fiziksel ve ekonomik özelliklere sahip, günümüzün inşaat yöntemlerine uygun, hızlı, kuru, hafif yapı malzemelerinin üretimine olanak sağlayan yapı malzemeleri arasında önemli bir yer tutar,
- Alçı üretiminde çok az enerjiye ihtiyaç vardır, tasarım için istenen konfor ve tasarım koşullarını sağlar, çevre kirliliğine neden olmaz.
- Alçı doğal hammadde ocaklarından elde edilerek üretilir. Bu malzemelerin rezervi ülkemize yetecek miktarda olduğu gibi, yurt dışına ihraç edilecek kadar da rezervler mevcut olup, bu ürün yurt dışına ihraç edilerek ülke ekonomisine fayda sağlayabilir.
- Alçı malzemelerin üretimi için çok büyük yatırım ve karmaşık üretim teknolojileri gerektirmez.
- Hazır yapı elemanları üretmek için elverişli olup, teknolojik gelişmelere uyum sağlar.
- Standartlara uygun olarak alçı malzeme kolaylıkla üretilebilir.
- Alçı malzemenin işlenebilmesi kolaydır. Bu sayede, tasarım ve uygulamada esneklik yapılabilir. Bu nedenle zaman içerisinde meydana gelebilecek kullanıcının farklı istek ve ihtiyaçları kolaylıkla çözülebilir.
- Alçı malzemelerin birim hacim ağırlığı kullanım alanına göre ayarlanabilir. Böylece istenildiği zaman azaltılabilir. Hafif yapı malzemeleri yapının ölü yükünü azaltır, dolayısıyla zemine aktarılan yükün de az olmasını sağlar. Bu özellik sayesinde ülke ekonomisine büyük ölçüde katkı sağlar. Özellikle taşıyıcı sistemi

olan yapılarda bölme duvarların hafif olması sağlanabilirse, daha düşük maliyette yapılar inşa etme olanağı sağlanmış olur,

- Alçı malzemelerin hafif olması nedeni ile üretilen mekândan şantiyeye taşınması kolaydır. Kolay uygulanabilir. İşçilik ve nakliye giderleri düşüktür.
- Nakliye ve uygulama esnasında zarar görmüş malzeme veya yapı elemanları kolay onarılabilir (İnt.Kyn.3).

### **2.1.8 Çevre ve İnsan Sağlığı Açısından Alçı**

Alçı, mevcut kimyasal yapısı sayesinde bünyesinde bakteri barındırmaz. İnsan cildi ile aynı oranda pH değerine sahiptir. Kristalin silis ihtivası mümkün olmadığından kanserojen değildir, pH değeri sayesinde cilde dosttur. Bu nedenle tıbbi nedenlerle kullanımı alanı geniştir.

Ülkemizde inşa edilen bazı konaklama tesislerinde, büyük insan topluluklarının bir araya gelmesini sağlayacak mekânlarda, restoran veya kongre salonlarında alçı sıva ve alçı tavan kaplama yapı elemanlarının kullanılması yabancı danışmanlar tarafından şartnameye yazılmaktadır (İnt.Kyn.4).

Alçıya alternatif olarak kullanılan yapı malzemelerinin karışımlarında kullanılan kumun temin edildiği yer dere yataklarıdır. Bu doğal kaynakların tüketilmesine sebebiyet verir. Ayrıca erozyonu da tetikler. Eğer alçı kullanılırsa bütün bu dezavantajlar ortadan kalkmış olur.

Alçı torbaları plastik torbalardır. Bu plastik torbalar çevre dostudur. Yeniden kullanılabilir ya da geri dönüştürülebilir. Kâğıt torba üretimi plastik torba üretiminden iki kat daha fazla atmosfer kirliliğine neden olur ve 200 kat daha fazla atık su çıkmasına sebebiyet verir.

Duvar ve tavan gibi yüzeylerde ısı yalıtım özelliği geliştirilmiş alçı kullanılarak hava kirliliğinin azaltılmasına katkıda bulunulur (İnt.Kyn.5).

## 2.2 Lif

Lif, doğal ya da yapay kaynaklardan elde edilen, bükülebilir olması, esnekliği ve dayanıklılığı olan hammaddedir. Uygulamada doğal lifler ve yapay lifler kullanılabilir. Burada doğal lif olarak adlandırılan lifler elde edildikleri biçimi ile doğrudan kullanılabilen hayvanlardan, bitkilerden ve mineral gibi doğal kaynaklardan elde edilen liflerdir. Yapay lif olarak adlandırılan lifler ise, ihtiyaç duyulan özellikleri karşılayacak şekilde özel olarak geliştirilen ve bu amaçla yapay olarak üretilen malzemelerdir (Acun 2000).

Malzemelerin en geliştirilmiş hali liflerdir, genellikle büyük hacimli aynı malzemelere göre dayanımları ve elastisite modülleri çok yüksektir. Doğada lif olarak birçok malzeme bulunmaktadır. Lifler insanoğlu tarafından uzun zamandır kullanılmaktadır. Bitkisel liflerden saman geleneksel malzemelerden olan kerpiçte, kil hamuruyla birlikte kullanılmaktadır. Yine hayvansal liflerden atkuyruğu, keçi kılı alçı sıva ve kartonpiyer uygulamalarında, kullanılmaktadır (Ersoy 2001).

İlk kez yapay olarak üretilen lifler 19. yüzyılın sonunda üreilmeye başlanmıştır. Bu açıdan bakıldığında yapay olarak üretilen liflerin geçmişi 60 yıldan uzun değildir. Ancak bu kadar kısa süre içerisinde vazgeçilmez bir malzeme haline gelmişlerdir (Chawla 1998).

Bir boyutunun diğer boyutuna göre çok yüksek olan her türlü malzeme lif olarak tanımlanabilir. Liflerle donatılı kompozit malzeme, genellikle yeterli basınç dayanımına oranla çekme, eğilme, çarpma dayanımları çok düşük düzeyde kalan veya zayıf yapılı, kırılğan malzemenin zayıf olan yönlerinin iyileştirilmesi, kırılğanlığın giderilmesi, malzemenin sünekleştirilmesi gibi amaçlarla, bu özellikleri iyileştirecek nitelikte liflerle donatılmasıyla üretilen kompozitlerdir. Bu tür kompozitler, matris fazını oluşturan malzeme ile fazın özelliklerine bağlı olarak, “kırılğan matris ve sünek lifli kompozitler” ile “sünek matris ve kırılğan lifli kompozitler” olarak iki grupta toplanmaktadır. Bu gruba giren endüstrinin çeşitli alanlardaki üretimin yanı sıra, özellikle son yıllarda yapı alanında da gitgide artış kaydeden bir uygulama olanağı bulmaktadır (Kurt 2006).

### 2.2.1 Lif Çeşitleri

Kullanım alanları ve özellikleri bakımından birçok lif türü vardır. Bu birçok lif türü değişik biçimlerde sınıflandırılabilir. Lifler genel olarak sınıflandırılır ise (Bunsell 1988);

- Doğal Lifler
- Yapay Lifler

Çizelge 2.2 de değişik türlerdeki liflere ait fiziksel özellikler gösterilmektedir. Bu çizelgeye göre gibi çekme dayanımı yönünden en iyi performansa sahip lifler çelik ve cam liflerdir (Biber 2001).

**Çizelge 2.2** Değişik türdeki liflere ait fiziksel özellikler (Biber 2001).

<b>Lif Cinsi</b>	<b>Çekme dayanımı (MPa)</b>	<b>Elastisite modülü (10<sup>3</sup>, MPa)</b>	<b>Maksimum uzama (%)</b>	<b>Özgül ağırlık (gr/cm<sup>3</sup>)</b>
Akrilik	207-414	2,1	25-45	1,1
Asbestler	552-966	83-138	0,6	3,2
Pamuk	414-690	4,8	3-10	1,5
Cam	1035-3795	69	1,5-3,5	2,5
Naylon	759-828	4,1	16-20	1,1
Polyester	724-863	8,3	11-13	1,4
Polietilen	690	0,14-0,4	10	0,95
Polipropilen	552-759	3,5	25	0,90
Pamuk-Yün	414-621	6,9	10-25	1,5
Mineral yün	483-759	69-117	0,6	2,7
Çelik	276-2760	200	0,5-35	7,8

### 2.2.1.1 Cam Lifi

Cam lifi (Resim 2.1) geleneksel olarak cam üretiminde kullanılan silika, kolemanit, alüminyum oksit, soda, magnezyum oksit gibi hammaddelerinden üretilir. Bu cam karışımı çok ince öğütülür, daha sonra homojen olarak bir karışım elde etmek üzere karıştırılarak 1600 °C sıcaklığında bir fırına koyulur. Fırın içerisinde, sıcaklığın etkisiyle, karışım yavaş yavaş sıvı hale geçmeye başlar. Aşamalara uygun şekilde monte edilmiş bir sarma sistemi ile 50–70 m/sn hızında yüksek bir hız ile daha sonraki uygulama çeşidine bağlayarak 5 ila 20 mikron çapında çekilen cam lifleri bir mandrel üzerine sarılarak “kek” adı verilen bir bobin üzerinde toplanır. Daha sonra bu cam lifleri, bağlayıcı adı verilen bir kimyasal ile kaplanır. Daha sonra demet haline getirilir. Çizelge 2.3 de bazı cam liflerin tipik özellikleri gösterilmektedir. Bağlayıcının kimyasal yapısı ve oranı, polimer matris ile cam lif arasındaki ara yüzey etkileşimini ve dolayısıyla kompozit malzemenin performansını etkileyen en önemli faktörlerden birisidir. Polimer cam lif bağının kuvveti kompozit malzemenin mekanik özellikleri ile orantılıdır. Bobin üzerine sarılarak kek diye adlandırılan bu cam liflerinin kurutulma aşamasından sonra cam lifi malzemelerinin elde edilmesi amacıyla ikincil aşamaya gönderilir (İnt.Kyn.6).

**Çizelge 2.3** Bazı cam liflerin tipik özellikleri (Chawla 1998).

<b>Cam lifi tipi</b>	<b>Özgül Ağırlık (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Çekme Dayanımı (GPa)</b>	<b>Elastisite Modülü (GPa)</b>
E	2,54	17-3,5	69-72
S	2,48	2,0-4,5	85
C	2,48	1,7-2,8	70
CEM-FİL	2,70	-	80





**Resim 2.1** Cam lifi.

Üretim esnasında kullanılan bileşenlerde yapılan değişiklik ile değişik karakteristik özelliklere sahip cam lifi ürünleri üretilebilir. Bu değişik karakteristik özelliklere sahip cam lifi türleri ve özellikleri aşağıdaki gibidir;

E Camı: Çekme ve sıkıştırma dayanımı yüksek, alkali oranı düşük, sert ve ekonomiktirler, genel olarak kompozitlerin üretimi amacı ile kullanılırlar. Çizelge 2.4 de E-Camların fiziksel, mekanik ve termal özellikleri gösterilmektedir.

**Çizelge 2.4** E-Camların fiziksel, mekanik ve termal özellikleri (Knox 1982).

<b>Fiziksel Özellikler</b>	
Yoğunluk	2,54
Mohs Sertlik	6,5
<b>Mekanik Özellikler</b>	
Çekme mukavemeti (MPa) (22 °C’de)	3448
Çekme mukavemeti (MPa) (371°C’de)	2620
Çekme mukavemeti (MPa) (538°C’de)	1724
Elastisite modülü (GPa)	72,4
Kopma uzaması (%)	4,8
<b>Termal Özellikler</b>	
Lineer ısı genleşme katsayısı (m/°C )x10 <sup>-6</sup>	5
Isı iletkenlik katsayısı (W/m°K)	10,4
Özgül ısı (kJ/kgK)	0,197
Yumuşama sıcaklığı (°C)	841

*C Camı:* Kimyasal maddelere karşı yüksek dayanıma sahip olan, genellikle su ya da kimyasal malzemelerin taşınması amacı ile kullanılan, boru ve tankların dış yüzey kaplamalarının yapıldığı kompozitler de kullanılırlar.

*R, S veya T Camı:* E camına oranla daha yüksek çekme dayanımına sahiptirler, ıslak halde iyi dayanım gösterirler, ince filamentler halinde de mekanik özellikleri iyidir, pahalıdırlar, uzay, havacılık ve askeri amaçlı kompozitler hazırlanır.

### **2.2.1.2 Karbon Lif**

Sentetik lif çeşitlerinden olan karbon lifi poliakrilonitril veya ziftten üretilmektedir. 1960 yılının son zamanlarında üretimine başlanmıştır. Bu lif çeşidinde, karbon %90'ın üzerinde kullanılırsa bu lif çeşidine grafit lif adı verilir. Resim 2.2 de gösterilen karbon liflerin yoğunlukları metal malzemelere oranla çok düşük yoğunluğa sahiptirler. Karbon lifler yüksek sıcaklıklarda boyutsal olarak kararlılığa ihtiyaç duyulan uygulamalarda tercih edilmektedir. Karbon lif çelik malzemesine göre yaklaşık 5 kat hafif olmasına karşın 3 kat daha dayanıklı malzemedir.

Karbon lifin kimyasal dayanımı oldukça iyidir. İletkenlik açısından da elektriksel iletkenlerdir. Bu sebeple iletken polimer kompozit üretiminde sıklıkla kullanılmaktadır. Üretimi esnasında yavaş ve yüksek enerji gerektiren piroliz işlemlerinden geçirilmektedirler. Bu sebeple maliyet açısından pahalı bir takviye malzemesidir. Maliyetinin yüksek olması nedeni ile yüksek teknoloji gerektiren uçak sanayi ve otomotiv sanayi gibi endüstrilerde kullanılan kompozit kısımların takviye yapılması işleminde kullanılmaktadır (Ulusoy 2016).



**Resim 2.2** Karbon lif.

### **2.2.1.3 Polipropilen Lif**

Betona katılan polimer lifler arasından, diğerlerine oranla en iyi sonucu veren malzeme polipropilen liflerdir (Resim 2.3). Polipropilen lifler doğal mikro donatı olarak sayılabilecek saman ve hayvan kılları uygulanmasının günümüz teknolojisine aktarılmış halidir. Polipropilen liflerin yaygın olarak kullanılan alanları; beton, sıva, harç ve püskürtme beton uygulamalarıdır.

Polipropilen lifler adında da belirtildiği gibi polipropilenden üretilmektedirler. Polipropilen lifler kullanımında ek olarak ekstra işçilik gerektirmeyen, kolay uygulanabilen, betonun ve sıvanın kalitesini artıran ve bozulmayan bir üründür. Polipropilen lif, betonun bazı mekanik özelliklerini iyileştirmektedir.

Bu lifler karışıma iyileştirme amacı ile katılmaktadırlar. Alternatif donatı sistemlerinden hasır demir, metal elyaf ve kümes filesi gibi donatı sistemleri ile karşılaştırıldığında, en hafif mikro donatı sistemidir. Metrekare başına ağırlığı 90 gr ila 200 gr arasındadır. Bu nedenle yapıya diğer donatı sistemleri kadar ölü donatı yükü getirmemektedir (Sancak ve Şimşek 2006).



**Resim 2.3** Polipropilen lif.

Polipropilen liflerin su emme özellikleri nedeniyle beton ve harç karışımındaki su/çimento oranını değiştirmediğinden, yeni bir karışım hesabı ya da karışım oranlarında herhangi bir değişiklik gerektirmez. Polipropilen demetleri karıştırdıktan sonra çözülr ve binlerce lif oluşur. Bu binlerce lifler betonun her tarafına homojen bir şekilde dağılır. Bu nedenle polipropilen lifli betonu yerleştirmek kolay ve ekonomiktir (Güngör 2013).

## **2.3 Cam Suyu**

Sodyum silikat, sodyum oksit ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) ve silika ( $\text{SiO}_2$ ) formülüne sahip bir kimyasal bileşendir. Sodyum silikat su camı olarak bilinen maddedir. Genel biçimi renksiz haldedir. Ancak ticari olarak kullanılan türevlerinde yabancı maddelerle birlikte yeşil veya mavi renk alabilirler. Sodyum silikat, çimento sektöründe, tekstilde, kereste işleme sanayinde, otomobillerde ve refrakter özellikli malzemelerde sıklıkla kullanılır. Sodyum karbonat ve silikon dioksit maddelerinin tepkimesi sonucu ortaya çıkabilir.

### **2.3.1 Cam Suyunun Özellikleri ve Kullanım Yerleri**

Cam suyu renksiz ve şeffaf bir bileşendir. Su camı ya da suda çözünen cam olarak da adlandırılır. Cam suyu, kristal yapısına göre farklı sınıflandırmalara maruz bırakılmaktadır. X-ray kırınım metodu ile sınıflandırılmaktadırlar. Suyu

kariştirildiğında şuruba benzer bir yapı alır. Farklı sınıflandırılan bazı cam suları suda zor çözünebilir. Bu cam suları için en iyi çözüme yolu suyun basınç altında ısıtılmasıdır.

Aynı zamanda cam suyu, silika jellerin ham maddesidir. Bunun yanı sıra deterjan üretiminde, cam için çimento yapısı oluşturmada, seramik ve çömlek yapımında, yanmaz kâğıt yapımında, ahşap işleme sektöründe, çimento işleme sektöründe, tekstil boyanması ve baskılanmasında sıklıkla kullanılır. Ayrıca mukavvanın yapıştırılması ve kumların kalıplaştırılması için de iyi bir bağlayıcı yapıştırıcıdır.

Cam suyunun genel uygulamaları şu şekildedir;

- Silika jel üretiminde,
- Deterjan üretiminde ve temizlik sırasında kirin tortulaşmasını önlemek amacıyla,
- Peroksit stabilizör olarak tekstil sektöründe ve kâğıt üretiminde,
- Mürekkep çözücü olarak,
- Seramik üretimi esnasında kilin sıvılaştırılması ve pıhtılaşmasının engellemek için,
- Yanmaz kâğıt katalizörü olarak,
- Betonların sertleştirilmesi amacı ile
- Betonların asit geçirmez yapıya sahip olması amacı ile
- Petrol prose işleminde aşınmanın önüne geçmek için,
- Kerestelerin işlenmesinde,
- Suların arıtılmasında ve suların pıhtılaşmasının önlenmesinde,
- Tekstil sektöründe pH düzenleyici olarak
- Madencilikte minerallerin paketlenmesinde cam suyu kullanılır (İnt.Kyn.7).

### 3. MATERYAL VE METOD

#### 3.1 Kullanılan Malzemeler

Bu çalışmada toz alçı, sodyum silikat solüsyonu, lif ve su kullanılmıştır. Bu bölümde yapılan çalışmada kullanılan malzemelerin teknik, kimyasal ve fiziksel özellikleri hakkında bilgiler verilmiştir.

##### 3.1.1 Alçı

Örneklerin hazırlanmasında iki farklı alçı çeşidi kullanılmıştır. Bunlar, saten sıva alçısı ve kartonpiyer alçısıdır. Her iki alçı tipide Ankara Bala ocağından temin edilen alçılarla Knauf A.Ş. Ankara Ahıboz fabrikasında TS EN 13279 – 1 standardına göre üretilen alçılardan kullanılmıştır.

##### 3.1.1.1 Alçı Teknik Özellikler

Çalışmada kullanılan Resim 3.1 de gösterilen alçılardan saten alçı teknik özellikleri Çizelge 3.1 de, kartonpiyer alçı teknik özellikleri Çizelge 3.2 de verilmiştir. Çalışmada kullanılan saten perdah alçısı ve kartonpiyer alçısı Resim 3.1 de gösterilmiştir.



**Resim 3.1** Çalışmada kullanılan; saten alçı, kartonpiyer alçı.

**Çizelge 3.1** Saten Alçı Teknik özellikler (İnt.Kyn.8)

Su karışım oranı - 10 kg Saten Alçı (L)	6-7
Yangına tepki	A1
CaSO <sub>4</sub> Yapı alçısı oranı (%)	>50
Basınç dayanımı (N / mm <sup>2</sup> )	≥2
Eğilmede çekme dayanımı (N / mm <sup>2</sup> )	≥1
Tüketim miktarı (1 mm kalınlık)	1 kg / m <sup>2</sup>
Uygulama sıcaklığı	≥5 °C
İşlenebilirlik süresi	90 - 100 dk
Donma süresi	180 - 220 dk

**Çizelge 3.2** Kartonpiyer Alçısı Teknik özellikler (İnt.Kyn.8)

Su karışım oranı - 10 kg Saten Alçı (L)	7-7,5
Yangına tepki	A1
CaSO <sub>4</sub> Yapı alçısı oranı (%)	>50
Yüzey sertliği (N / mm <sup>2</sup> )	(2h) ≥ 4,0 (7d) ≥ 10,0
Eğilmede çekme dayanımı (N / mm <sup>2</sup> )	(2h) ≥ 1,5 (7d) ≥ 3,0
Uygulama sıcaklığı	≥5 °C
İşlenebilirlik süresi	10 - 15 dk
Donma süresi	25 - 30 dk

### 3.1.2 Cam Lifi

Bu çalışmada kullanılan cam lifleri 12 mm ve 24 mm olmak üzere iki farklı boyutta kırılmış olarak temin edilmiştir. Temin edilen bu cam lifleri E tipi cam lifleridir. Kullanılan cam lifine ait teknik özellikler Çizelge 3.3 de verilmiştir.

**Çizelge 3.3** Cam Lifi Teknik Özellikler

Çekme Dayanımı	3400 MPa
Elastisite Modülü	77 GPa
Uygulama Sıcaklık Limitleri	60°C - +650°C
Ergime Sıcaklığı	1120°C
Özgül Ağırlık	2,60gr/cc
Lif Çapı	13 mikron
Lif Uzunluğu	12 -24 mm

### **3.1.3 Karbon Lifi**

Bu çalışmada kullanılan Karbon lifi, DowAksa Advanced Composites Company (Yalova, Türkiye)'in A-42 kod numarası ile ürettiği liflerden kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan karbon lif, DowAksa firmasının piyasada AKSACA® markası adı altında bulunan liflerden farklı olarak, boyutlandırılmamış ticari dolgusuz olarak temin edilmiştir.

### **3.1.4 Polipropilen Lif**

Polipropilen lif, Fibercon PP adı ile Elsan Elyaf (Bursa, Türkiye) şirketinden temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan %100 saf polipropilen lifler, karışım içinde homojen dağılabilmektedir. Bu homojen dağılım sayesinde üç boyutlu mikro donatı sistemi oluşturmaktadır. Çalışmada kullanılan polipropilen lifler (Resim 3.2) 12 mm ve 24 mm olmak üzere iki farklı boyutta kırılmış olarak temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan polipropilen life ait teknik özellikler Çizelge 3.4 de verilmiştir.





**Resim 3.2** Kullanılan malzemeler; lif.

**Çizelge 3.4** Polipropilen lif teknik özellikler

Kimyasal Yapı	% 100 polipropilen lif
Özgül Ağırlık	0,91 g/cm
Lif Uzunlukları	12 – 24 mm
Lif Çapı	18 mikron-nominal
Su Emme	Eser miktarda
Ergime Noktası	160 °C
Tutuşma Sıcaklığı	365 °C
Elektrik İletkenliği	Düşük
Isı İletkenliği	Düşük
Liflerin Özgül Yüzey Alanı	250 m <sup>2</sup> /kg
Asit Direnci	Yüksek
Alkali Direnci	%100
Çekme Dayanımı	300 – 400 N/mm <sup>2</sup>
Elastiklik Modülü	~ 4000 N/mm <sup>2</sup>

Çalışmada kullanılan numunelerin hazırlanması için polipropilen lif, cam lifi ve karbon lifi olmak üzere üç farklı lif kullanılmıştır. Bu lifler iki farklı boyutta kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan lifler 12 mm ve 24 mm olmak üzere iki farklı boyutta kullanılmıştır. Cam lifi ve polipropilen lif 12 mm ve 24 mm uzunluğunda kırılmış olarak temin

edilmiş olup, karbon lifi kırılmamış olarak temin edilip, 12 mm ve 24 mm olarak kırılarak iki farklı uzunlukta kullanılmıştır.

### 3.1.5 Cam Suyu

Çalışmada kullanılan cam suyunun kimyasal ve teknik özellikleri Çizelge 3.5 de verilmiştir.

**Çizelge 3.5** Cam Suyu (SS) Teknik özellikler

Na <sub>2</sub> O	7,5–8,5%
SiO <sub>2</sub>	25,5–28,5%
Yoğunluk (20 °C)	1.296–1.396 g/ml
Fe	≤ 0.005%
Ağır Metaller: (as Pb)	≤ 0.005%

### 3.2 Örneklerin Hazırlanması

Örneklerin hazırlanmasında kullanılan malzemeler öncelikle etüv kurusu ağırlığa gelinceye kadar 200 lt hacme sahip etüvde kurutulmuştur. Cam lifi ve polipropilen lifler 12 mm ve 24 mm olmak üzere kırılmış olarak temin edilmiş olup, karbon lifi ise kırılmamış olarak temin edilip 12 mm ve 24 mm olmak üzere iki farklı boyutla kırılmıştır. Örneklerin hazırlanması için yapılan karışım oranları Çizelge 3.6 da belirtilmiştir.

**Çizelge 3.6** Örneklerin hazırlanmasında kullanılan malzemeler ve karışım oranları.

NUMUNE NO	CAM SUYU (%)	LİF (%)	ALÇI (gr)	LİF (gr)	SU (gr)	CAM SUYU (gr)
PP12601K	6%	0,1	1998	2	1316	84
PP12401K	4%	0,1	1998	2	1344	56
PP12201K	2%	0,1	1998	2	1372	28
PP120605K	6%	0,5	1990	10	1316	84
PP120405K	4%	0,5	1990	10	1344	56
PP120205K	2%	0,5	1990	10	1372	28

**Çizelge 3.6** (Devam) Örneklerin hazırlanmasında kullanılan malzemeler ve karışım oranları.

<b>NUMUNE NO</b>	<b>CAM SUYU (%)</b>	<b>LİF (%)</b>	<b>ALÇI (gr)</b>	<b>LİF (gr)</b>	<b>SU (gr)</b>	<b>CAM SUYU (gr)</b>
PP12061K	6%	1%	1980	20	1316	84
PP12041K	4%	1%	1980	20	1344	56
PP12021K	2%	1%	1980	20	1372	28
PP12062K	6%	2%	1960	40	1316	84
PP12042K	4%	2%	1960	40	1344	56
PP12022K	2%	2%	1960	40	1372	28
PP24601K	6%	0,1%	1998	2	1316	84
PP24401K	4%	0,1%	1998	2	1344	56
PP24201K	2%	0,1%	1998	2	1372	28
PP240605K	6%	0,5%	1990	10	1316	84
PP240405K	4%	0,5%	1990	10	1344	56
PP240205K	2%	0,5%	1990	10	1372	28
PP24061K	6%	1%	1980	20	1316	84
PP24041K	4%	1%	1980	20	1344	56
PP24021K	2%	1%	1980	20	1372	28
PP24062K	6%	2%	1960	40	1316	84
PP24042K	4%	2%	1960	40	1344	56
PP24022K	2%	2%	1960	40	1372	28
KL12601K	6%	0,1%	1998	2	1316	84
KL12401K	4%	0,1%	1998	2	1344	56
KL12201K	2%	0,1%	1998	2	1372	28
KL120605K	6%	0,5%	1990	10	1316	84
KL120405K	4%	0,5%	1990	10	1344	56
KL120205K	2%	0,5%	1990	10	1372	28
KL12061K	6%	1%	1980	20	1316	84
KL12041K	4%	1%	1980	20	1344	56
KL12021K	2%	1%	1980	20	1372	28
KL12062K	6%	2%	1960	40	1316	84
KL12042K	4%	2%	1960	40	1344	56
KL12022K	2%	2%	1960	40	1372	28
KL24601K	6%	0,1%	1998	2	1316	84
KL24401K	4%	0,1%	1998	2	1344	56

**Çizelge 3.6** (Devam) Örneklerin hazırlanmasında kullanılan malzemeler ve karışım oranları.

<b>NUMUNE NO</b>	<b>CAM SUYU (%)</b>	<b>LİF (%)</b>	<b>ALÇI (gr)</b>	<b>LİF (gr)</b>	<b>SU (gr)</b>	<b>CAM SUYU (gr)</b>
KL24201K	2%	0,1%	1998	2	1372	28
KL240605K	6%	0,5%	1990	10	1316	84
KL240405K	4%	0,5%	1990	10	1344	56
KL240205K	2%	0,5%	1990	10	1372	28
KL24061K	6%	1%	1980	20	1316	84
KL24041K	4%	1%	1980	20	1344	56
KL24021K	2%	1%	1980	20	1372	28
KL24062K	6%	2%	1960	40	1316	84
KL24042K	4%	2%	1960	40	1344	56
KL24022K	2%	2%	1960	40	1372	28
CL12601K	6%	0,1%	1998	2	1316	84
CL12401K	4%	0,1%	1998	2	1344	56
CL12201K	2%	0,1%	1998	2	1372	28
CL120605K	6%	0,5%	1990	10	1316	84
CL120405K	4%	0,5%	1990	10	1344	56
CL120205K	2%	0,5%	1990	10	1372	28
CL12061K	6%	1%	1980	20	1316	84
CL12041K	4%	1%	1980	20	1344	56
CL12021K	2%	1%	1980	20	1372	28
CL12062K	6%	2%	1960	40	1316	84
CL12042K	4%	2%	1960	40	1344	56
CL12022K	2%	2%	1960	40	1372	28
CL24601K	6%	0,1%	1998	2	1316	84
CL24401K	4%	0,1%	1998	2	1344	56
CL24201K	2%	0,1%	1998	2	1372	28
CL240605K	6%	0,5%	1990	10	1316	84
CL240405K	4%	0,5%	1990	10	1344	56
CL240205K	2%	0,5%	1990	10	1372	28
CL24061K	6%	1%	1980	20	1316	84
CL24041K	4%	1%	1980	20	1344	56
CL24021K	2%	1%	1980	20	1372	28

**Çizelge 3.6** (Devam) Örneklerin hazırlanmasında kullanılan malzemeler ve karışım oranları.

NUMUNE NO	CAM SUYU (%)	LİF (%)	ALÇI (gr)	LİF (gr)	SU (gr)	CAM SUYU (gr)
CL24062K	6%	2%	1960	40	1316	84
CL24042K	4%	2%	1960	40	1344	56
CL24022K	2%	2%	1960	40	1372	28

Karışımın hazırlanması sırasında kullanılan alçı malzemesi ilk olarak lif ile 10 dakika boyunca manuel olarak karıştırılmış, daha sonra su ve sodyum silikat solüsyonu karıştırılarak homojen sıvı karışım elde edilmiştir. Daha sonra alçı ve lif karışımına su karışımı ilave edilerek karışım yapılmış ve homojen karışım sağlanana kadar yoğurulmuştur. Ardından Resim 3.3 de ve Resim 3.4 de gösterilen 40x40x160 mm ölçülerinde üçlü prizmatik çimento kalıbına dökülerek şekillendirilmiş ve priz almasının ardından kalıplardan çıkarılarak, 24 saat etüv kurusu ağırlığa getirilinceye kadar bekletilmiştir.



**Resim 3.3** 40x40x160mm prizmatik üçlü çimento kalıbı.



**Resim 3.4** 40x40x160mm prizmatik üçlü çimento kalıbı ile şekillendirilen alçılar.

### **3.3 Uygulanan Deneyler**

#### **3.3.1 Porozite, Yoğunluk ve Su Emme Değerlerinin Belirlenmesi**

Örneklerin bazı fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla kurutulan örnekler su tankına yerleştirilmiş ve 24 saat süreyle su içerisinde bekletilmiştir. Örnekler su tankından alınarak, su içerisinde asılı ağırlıkları ( $W_2$ ) ve suya doymun yüzey kuru ağırlıkları ( $W_3$ ) belirlenmiştir. Ardından ilgili örnekler etüvde (Resim 3.4) değişmez ağılığa gelinceye kadar kurutulmuştur ( $W_1$ ).

Bu değerler yardımıyla örneklerin görünen porozite, net birim hacim ağırlık ve görünür yoğunluk değerleri TS EN 772-4'e, su emme değerleri ise TS EN 771-1'e göre Eş. 3.1 – 3.4 te belirtilen eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır. Deneylerde kullanılan bazı numune örneklerinin üretimi Resim 3.5 de ve üretilen numune örneği Resim 3.7 de gösterilmiştir.



**Resim 3.5** Denedeyde kullanılan numune örneklerinin üretimi.



**Resim 3.6** Laboratuvar tipi etüv.



**Resim 3.7** Üretilen numune örneği.

$$\text{Görünen porozite (\%)} = \left( \frac{W_3 - W_1}{W_3 - W_2} \right) \times 100 \quad (3.1)$$

$$\text{Net birim hacim ağırlık (kg/m}^3\text{)} = \left( \frac{W_1}{W_3 - W_2} \right) \quad (3.2)$$

$$\text{Görünür yoğunluk (kg/m}^3\text{)} = \left( \frac{W_1}{W_1 - W_2} \right) \quad (3.3)$$

$$\text{Su emme (\%)} = \left( \frac{W_3}{W_1 - W_2} \right) \quad (3.4)$$

### 3.3.2 Basınç Mukavemeti Deneyi

Mekanik özelliklerden biri olan basınç mukavemet testi için örnekler üzerinde testler gerçekleştirilmiştir. Sabit hızla yükleme yapılmış ve yükleme sonunda maksimum basınç dayanım değeri tespit edilmiştir.

Mekanik özelliklerden biri olan basınç mukavemeti deneyi için numuneler önceden hazırlanmıştır. Bu numunelerin basınç dayanımlarının belirlenmesi için tek eksenli tam otomatik basınç presi kullanılmıştır. Basınç mukavemeti deneyi 40x40x160 mm boyutlu eğilme deneyi sonucu çıkan numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Numuneler bir gün önce kür havuzundan çıkartılarak yüzey nemini bırakmaları sağlanmıştır. Numuneler ortalama bir hızla yüklenmiş ve kırılma yükleri belirlenmiştir. Numunenin kırıldığı



kuvvetin yüzey alanına bölünmesi ile basınç dayanımı hesaplanmıştır. Çıkan sonuçların aritmetik ortalaması alınarak serilere ait dayanımlar belirlenmiştir. Deney Afyon Kocatepe Üniversitesi İnşaat Mühendisliği, Yapı Malzemesi Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

Basınç dayanımı (3.5) eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\sigma(\text{N/mm}^2) = \frac{P}{A} \quad (3.5)$$

*Burada;*

$\sigma$ : basınç dayanımını ( $\text{N/mm}^2$ ),

P: kırılma yükünü (N)

A: deney yükü uygulama yönüne dik deney numunesi kesit alanıdır( $\text{mm}^2$ )'.

### 3.3.3 Sertlik Deneyi

Genel olarak sertliğin tanımlaması malzemenin deformasyona karşı gösterdiği dirençtir. Sertlik doğrudan bir büyüklük değildir. Kendisinden daha yüksek dayanıma sahip olan bir malzemenin kendisinden daha düşük dayanımda sahip diğer bir malzeme üzerinde yapmış olduğu deformasyon etkisi üzerinden hesaplanmaktadır (Oflaz 2008).

Plastik ya da esnek malzemelerin sertlik değerini belirlemek için kullanılan yöntem Shore sertlik değeri denir. Polimerlerin, elastomerlerin, kauçukların, kumaşların, süngerlerin sertliğini ölçmek için kullanılmaktadır. Ölçümlerde en sık Shore-A ve Shore-D kullanılmaktadır. Uç çeşidi ve uygulanan ağırlığa göre sınıflandırılmaktadır.

Shore-A yöntemi kullanılarak; genel itibari ile elastomer, vinil, kauçuk, lastik, deri, PVC, silikon kauçuk, teflon, neopren gibi yumuşak malzemelerin sertliğini,

Shore-D yöntemi Resim 3.8 de gösterilen Shore-D sertlik tayin cihazı ile polyester, ABS, naylon, poliüretan, poliamid, kevlar, akril, ahşap ve polistren gibi daha rijit malzemelerin

sertliğini ölçülmektedir. Mühendislik plastiklerinin sertliğinin ölçümünde Shore-D yöntemi kullanılmaktadır.



**Resim 3.8** Sertlik tayin cihazı.

Bu uygulamada, batırılan ucunun malzemeye ne kadar battığı ölçülmektedir. Bu uç, uluslararası standartlara göre tayin edilmiş özelliklere sahip yaylı bir sistem tarafından hareket ettirilmektedir. Malzemenin sertlik değeri ne kadar büyükse, ucun batma o kadar az olacak ve uygulanan kuvvet de bir o kadar yüksek olacaktır.

Farklı standartlardaki sertlik uçları ve yay karakteristik yapıları; farklı ölçülerdeki Shore sertliklerine uygun tasarlanmaktadır. En bilindik Shore Sertlik Skalaları Shore A ve D'dir. Ek olarak özel uygulamalar için Shore B, C, 0, 00, 000 ve D0 gibi farklı sertlik ölçekleri da kullanılabilir.

Shore ölçeği sertlik testleri çok geniş uygulama alanlarına sahiptir örnek olarak yumuşak elastomer (Shore A) malzemelerden başlamakta ve rijit termoplastik malzemelere (Shore D) kadar geniş malzeme yelpazesini içerisinde bulundurur bir alanı kapsamaktadır.

Plastik malzemelerde durum farklıdır. Çünkü bu malzemelerde malzeme üzerinde kalıcı bir deformasyon olmamaktadır. Yük yüklenmeye devam ettiği esnada, deney ucunun malzemeye girme miktarı üzerinden hesaplanan Shore ve IRHD yöntemleri ile sertlik ölçümleri yapılmaktadır. Ancak çok sert plastiklerde nadiren Rockwell yöntemi kullanılabilir.

Shore-A ve Shore-D yöntemlerinin yanında Shore-B, Shore-C, Shore,E, Shore-M, Shore-O Shore-OO gibi yöntemler de kullanılmaktadır. Bu yöntemler ölçülecek malzemenin cinsine bağlı olarak seçilmektedir. Ölçü aletinin uç kısmındaki iğnenin sivrilik açısına, iğne kalınlığına, yay kuvvetine göre yöntemler değişmektedir.

- Ölçüm genel olarak ASTM D2240 standardına göre yapılmaktadır.
- Referans ile numunenin Shore birimleri aynı olmalıdır. Biri Shore-A ile ölçülürken diğeri Shore-D ile ölçülüp karşılaştırılmamalıdır.
- Shoremetre cihazının diğeri adı da Durometredir.
- Sertlik malzemeye has özellik olması yanında sıcaklığın da bir fonksiyonu olduğundan, referans ve numune aynı ortam sıcaklığında bakılması karşılaştırmada daha doğru sonucu verecektir.
- Genel olarak ürünün sertlik değerine 15sn boyunca, düz zemine, ~3mm kalınlığında, numunenin zemini sert bir yüzeye yapışıkken uygulandıktan sonra ucu derinliğine bağlıdır. Shore'un birimi yoktur, boyutsuzdur.

Shore-A sertlik yöntemi yumuşak malzemelerin sertlik tayininde kullanılmaktadır. Daha sert malzemelerin sertlik tayininde ise Shore-D yöntemi kullanılmaktadır. Alçı malzemedен üretilen numuneler daha sert malzeme olduklarından yapılan bu tez çalışmasında Shore-D sertlik yöntemi kullanılmıştır.

### **3.3.4 Darbe (Çarpma) Deneyi**

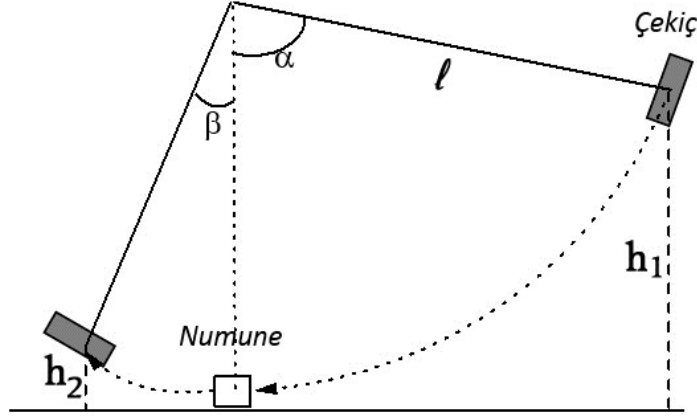
Bu deney ile malzemenin dinamik yükler altında kırılma enerjisini tayin edilmesi amaçlanan bir deneydir. Bu deneyin temel olarak çalışma prensibi Şekil 3.1 de şematik olarak gösterilmiştir. Buna göre l uzunluğundaki bir sarkacın ucundaki belli bir G ağırlığına sahip çekiç belli bir h1 yüksekliğinden numuneyi kırması için serbest bırakılır. Serbest bırakılmadan önce çekicinin potansiyel enerjisi Denklem 3.6 da belirtildiği gibi iken numune kırıldıktan sonra belli bir h2 yüksekliğine çıkan çekicinin potansiyel enerjisi Denklem 3.7 deki gibi olur. Bu durumda kırılma enerjisi Denklem 3.8 ve Denklem 3.9 da gösterildiği gibi ifade edilir.

$$\text{Serbest bırakılmadan önce çekicinin potansiyel enerjisi} = G \cdot h_1 \quad (3.6)$$

$$\text{Numune kırıldıktan sonra çekicinin potansiyel enerjisi} = G \cdot h_2 \quad (3.7)$$

$$\text{K. E. (Kırılma Enerjisi)} = G \cdot h_1 - G \cdot h_2 \quad (3.8)$$

$$\text{K. E. (Kırılma Enerjisi)} = G (h_1 - h_2) = G \cdot l (\cos\beta - \cos\alpha) \quad (3.9)$$



Şekil 3.1 Bir darbe deneyinin şematik olarak gösterimi.

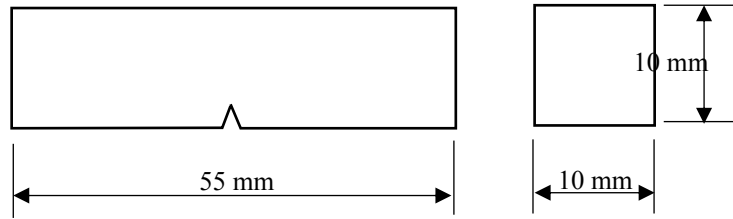
Şekil 3.1 de  $\beta$  olarak gösterilen salınım açısı ve  $h_2$  ile gösterilen mesafe ne kadar düşük olursa kırılan malzemenin darbe direnci ve tokluğu hakkında bilgi sahibi olunmuş olur (Anonim 2014).

Darbe deney numuneleri belirli bir standarda bağlı olarak, standartlar çerçevesinde hazırlanmalıdır. Darbe yöntemleri genellikle Charpy ve Izod olmak üzere iki çeşittir. Bu iki yöntemde temel prensipleri aynıdır. Charpy deney numunesi yatay olarak Izod deney numunesi dikey olarak darbe deney aletine yerleştirilir. Bu deney için Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi yapı malzemesi laboratuvarında bulunan Resim 3.9 da gösterilen darbe deney aleti kullanılmıştır.



**Resim 3.9** Darbe deney aleti.

Yapılan bu tez çalışmasında numuneler yatay olarak Charpy deney numunesi olarak yatay olarak darbe deney aletine yerleştirilmiştir. Tipik bir Charpy darbe deney numunesinin ölçü boyutu ve şematik gösterimi Şekil 3.2 de verilmiştir.



**Şekil 3.2** Charpy darbe deney numunesi şematik gösterimi.

Genel olarak bir malzemenin darbe direnci enerjisi yani tokluğu ile sünekliliği arasında bir ilişki vardır. Sünekliliği %1-2'in altında olan yani sünekliliği düşük malzemelerin darbe dirençleri de düşüktür. Bir malzemenin çekme gerilme-uzama eğrisi altında kalan alan ne kadar fazla ise o malzeme o kadar çok darbeye karşı direnç gösterecektir (Anonim 2012).

Sıcaklık malzemelerin kırılma enerjilerinde değişime sebebiyet vermektedir. Sıcaklık dūřtūķe malzemelerin kırılma enerjileri de dūřer. Farklı sıcaklıklarda kırılma enerjisinin ōlçūlmesiyle malzemenin geçiş sıcaklığı belirlenir. Geçiř sıcaklığı malzemenin sūnek kırılmadan gevrek kırılmaya geçişin olduğu sıcaklıktır. Bu genellikle malzemedede % 50 gevrek % 50 sūnek kırılmanın olduğu noktadaki sıcaklık olarak bilinir (Anonim 2014).

### **3.3.5 Uygulanan İstatiksel Analizler**

Numunelerin ūretim ve hazırlanması aşamasında kullanılan değişkenlerin, değerler ūzerindeki etkilerinin araştırılması amacıyla çoklu karşılaştırma testlerinden biri olan Duncan çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır (Gōrhan 2011).

## **4. BULGULAR**

Yapılan deneyler sonucunda elde edilen verilerin daha anlaşılabilir ve daha mantıklı izahı için örneklerin hazırlık ve üretim aşamasındaki değişkenlerin etkilerini ortaya koymak amacıyla çoklu karşılaştırma testlerinden biri olan Duncan çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır. Duncan çoklu karşılaştırma testinde, her bir örnek grubu, ayrı ayrı analiz edilmiştir. Böylece elde edilen analiz sonuçlarına göre fiziksel ve mekanik özelliklerin açıklamaları yapılmıştır.

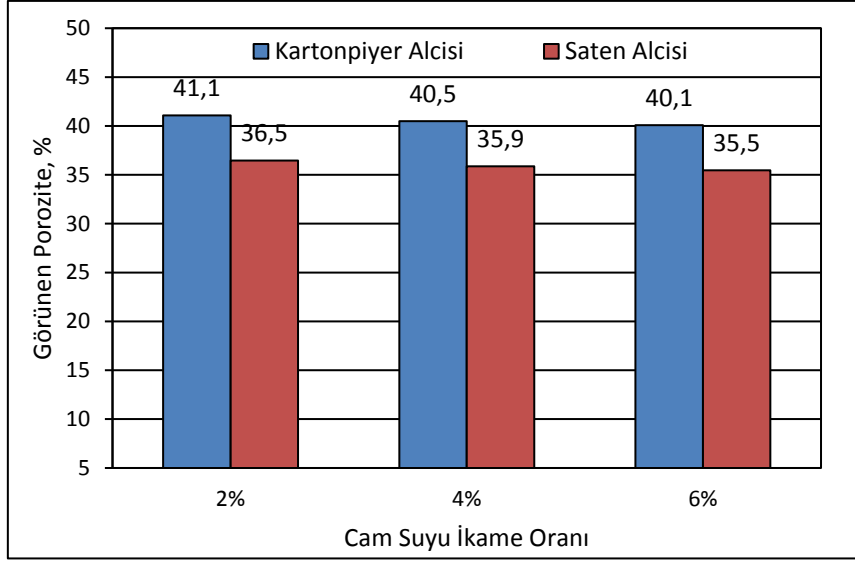
### **4.1. Fiziksel Özellikler**

Bu bölümde yapılan deneyler sonucunda alçı çeşidi, lif çeşidi, lif boyutu ve cam suyu oranına bağlı olarak malzemenin fiziksel özelliklerinden görünen porozite, su emme, birim hacim ağırlık ve görünür yoğunluk değerleri verilmiştir. Ayrıca alçı çeşidinden bağımsız olarak cam suyu ikame oranı, lif çeşidi ve lif oranına göre malzemenin fiziksel özellikleri incelenmiştir.

#### **4.1.1 Görünen Porozite**

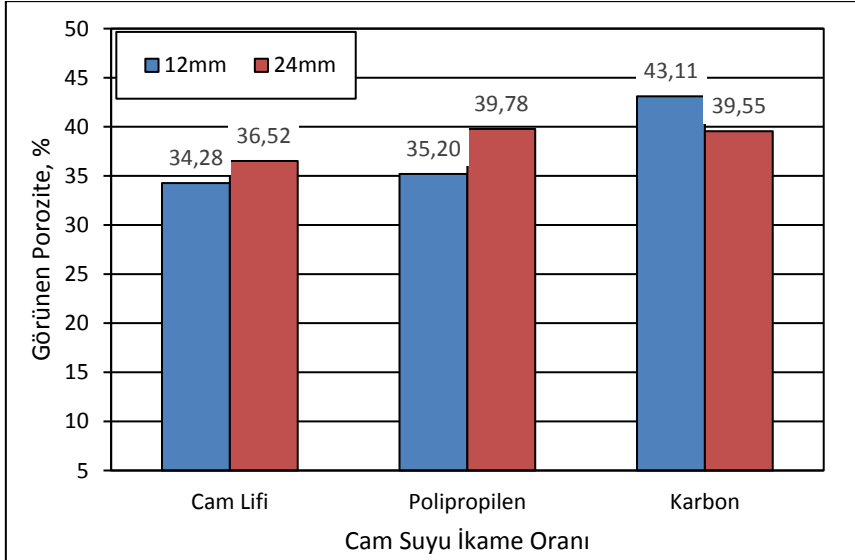
Porozite ve özellikle gözeneklerin boyut dağılımı farklı yapı malzemeleri açısından durabilite özelliğini belirleyen önemli bir parametredir (Görhan 2011).

Şekil 4.1 de cam suyu ikame oranına bağlı görünen porozite değerleri verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre cam suyu ikame oranındaki artışın kartonpiyer ve saten alçı kullanılarak üretilen örneklerde görünen poroziteyi azalttığı belirlenmiştir. Ayrıca kartonpiyer alçısı kullanılarak üretilen numunelerin görünen porozite değerlerinin, saten alçı kullanılarak üretilen numunelerin görünen porozite değerlerine göre daha yüksek görünen porozite değerine sahip olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.1 Alçı çeşidi ve cam suyu ikame oranına bağlı görünen porozite.

Şekil 4.2 de ise lif çeşidine ve lif boyuna bağlı olarak görünen porozite değerleri verilmiştir. Elde edilen bulgular incelendiğinde lif uzunluğunun artması cam lifi ve polipropilen lif ile üretilen numunelerde görünen poroziteyi artırmış olup, karbon lifi kullanılarak üretilen numunelerde ise tam tersi eğilim gözükmüş, lif uzunluğunun artması görünen poroziteyi azaltmıştır.

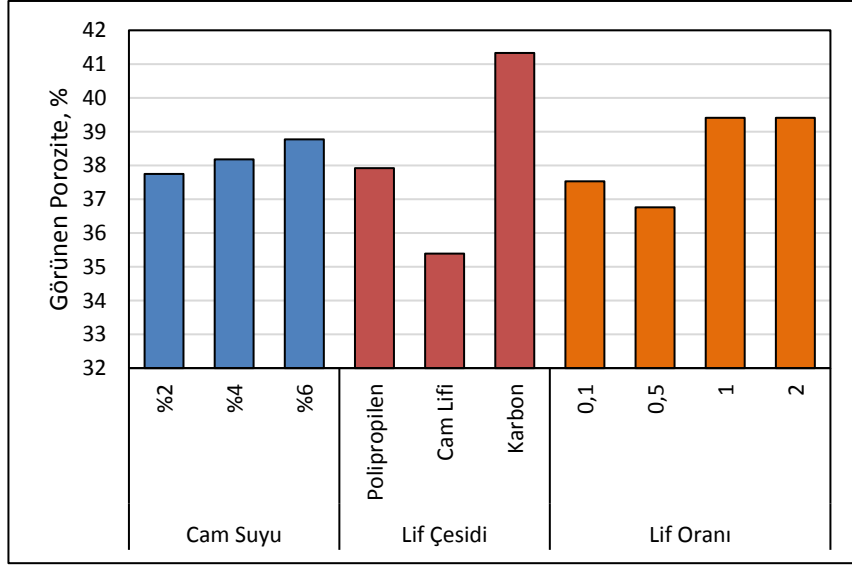


Şekil 4.2 Lif çeşidi ve lif boyuna bağlı görünen porozite.

Şekil 4.3 de alçı çeşidinden bağımsız olarak cam suyu ikame oranı, lif çeşidi ve lif oranına lif bağlı olarak görünen porozite değerleri verilmiştir. Elde edilen veriler



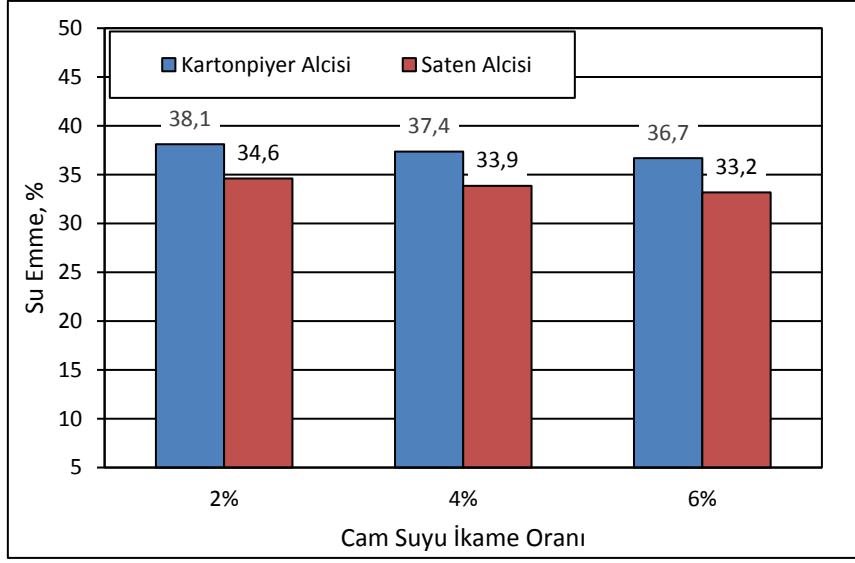
incelendiğinde cam suyu ikame oranının artışı görünen poroziteyi artırmıştır. Lif oranları incelendiğinde lif oranının artışı görünen poroziteyi artırmıştır. En yüksek porozite değeri karbon lifi kullanılarak üretilen numunelerde, en düşük görünen porozite değeri ise cam lifi kullanılarak üretilen numunelerde elde edilmiştir.



Şekil 4.3 Cam suyu ikame oranı, lif çeşidi ve lif oranına bağlı görünen porozite.

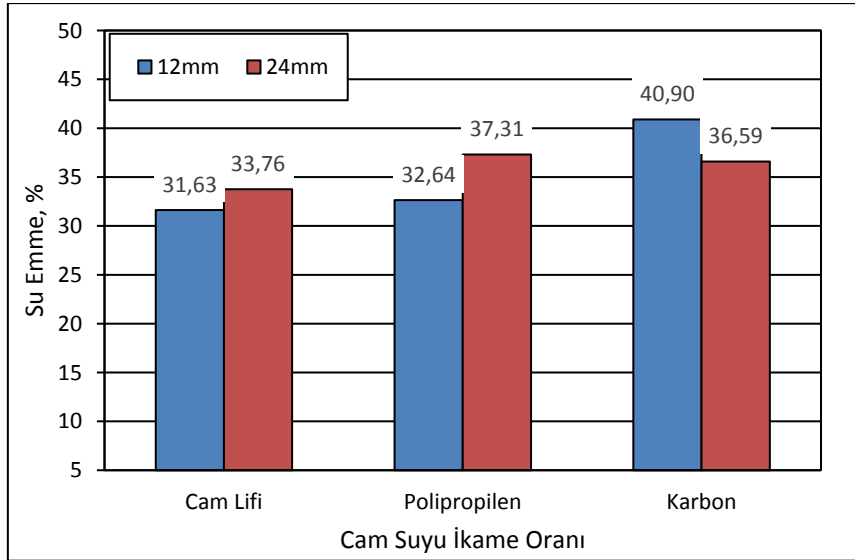
#### 4.1.2 Su Emme

Şekil 4.4' de cam suyu ikame oranı ile su emme miktarı arasındaki ilişki verilmiştir. Elde edilen sonuçlara dayanarak, cam suyu ikame oranı arttıkça su emme oranında düşüş olduğu görülmektedir. Alçı malzeme suya dayanım açısından su emme kabiliyeti yüksek bir malzemedir. Bu neden ile alçı malzeme için su emme önemlidir.



Şekil 4.4 Alçı çeşidi ve cam suyu ikame oranına bağlı su emme.

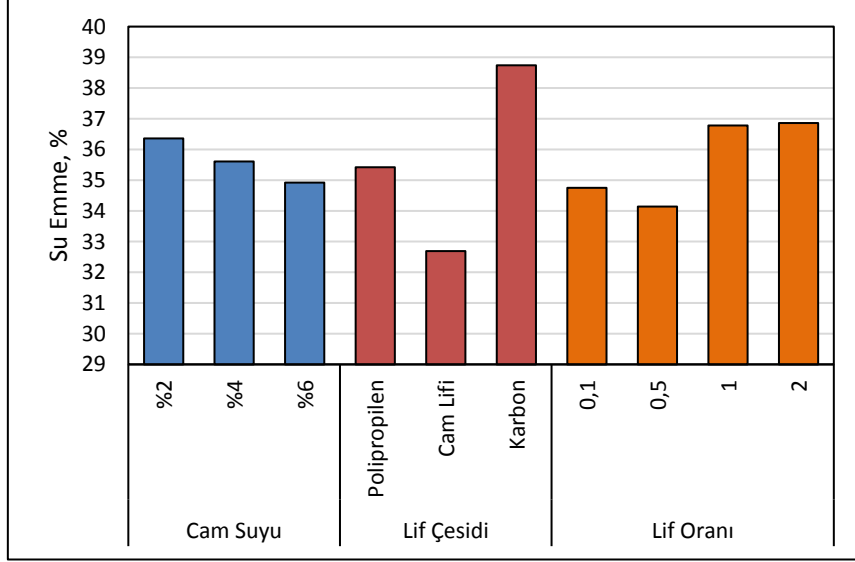
Şekil 4.5 de ise lif çeşidine ve lif boyuna bağlı olarak su emme değerleri verilmiştir. Elde edilen veriler incelendiğinde cam lifi ve polipropilen lif kullanılarak üretilen numunelerde lif uzunluğunun artması su emmeyi artırmıştır. Karbon lifinde ise polipropilen ve cam lifinin aksine karbon lifi uzunluğunun artışı su emme oranında azalmaya neden olmuştur.



Şekil 4.5 Lif çeşidi ve lif boyuna bağlı su emme.

Şekil 4.6 da alçı çeşidinden bağımsız olarak cam suyu ikame oranı, lif çeşidi ve lif oranına lif bağlı olarak su emme değerleri verilmiştir. Elde edilen veriler incelendiğinde cam suyu

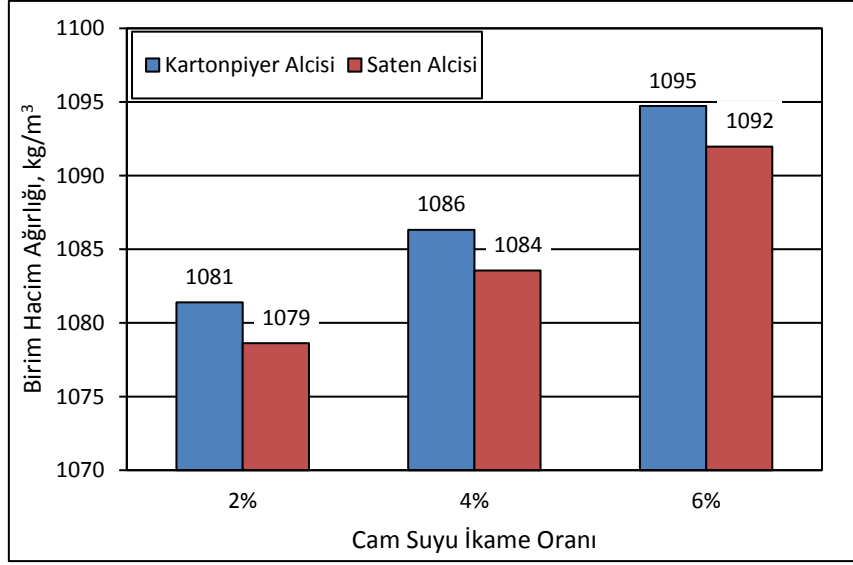
ikame oranının artışı su emme oranını düşürmüş olup lif oranı artışı su emme oranını artırmıştır. Karbon lifi kullanılarak üretilen numuneler en yüksek su emme oranına, cam lifi kullanılarak üretilen numunelerde en düşük su emme değerlerine ulaşmıştır.



Şekil 4.6 Cam suyu ikame oranı, lif çeşidi ve lif oranına bağlı su emme.

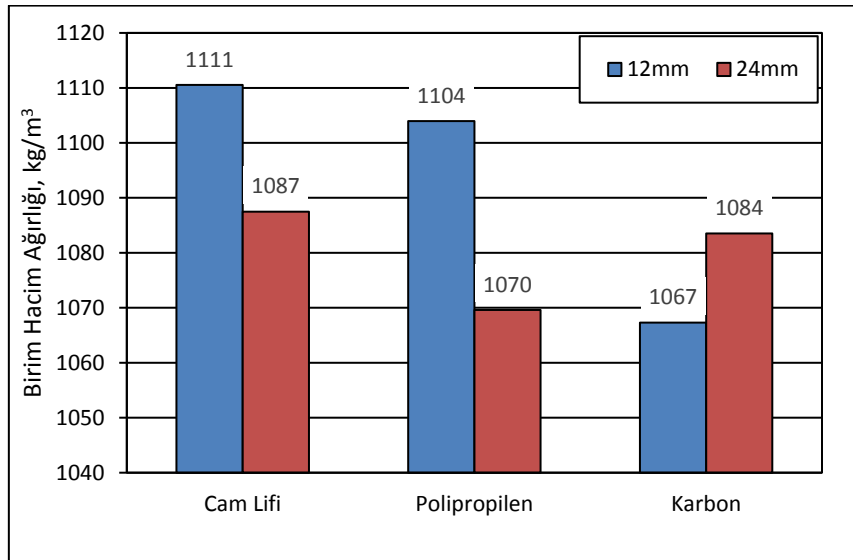
#### 4.1.3 Birim Hacim Ağırlık

Şekil 4.7 de alçı çeşidi ve cam suyu ikame oranına bağlı birim hacim ağırlık değerleri verilmiştir. Elde edilen değerler incelendiğinde, cam suyu ikame oranının artması hem kartonpiyer alçıda hemde saten alçıda birim hacim ağırlık oranını artırmıştır. Kartonpiyer alçısı kullanılarak üretilen örnekler ile saten alçı kullanılarak üretilen örnekler karşılaştırıldığında ise, kartonpiyer alçısı kullanılarak üretilen örneklerin birim hacim ağırlık değerlerinin saten alçı kullanılarak üretilen örneklerin birim hacim ağırlık değerlerinden yüksek olduğu belirlenmiştir.



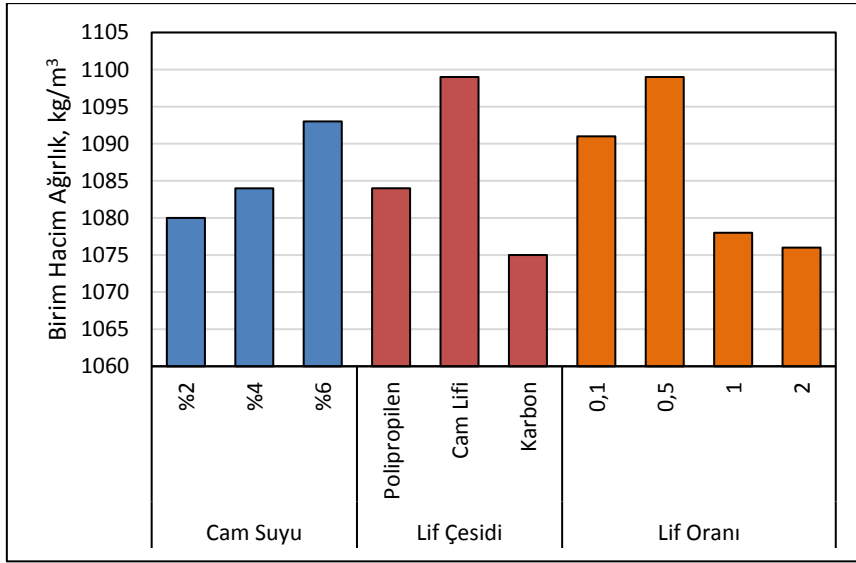
Şekil 4.7 Alçı çeşidi ve cam suyu ikame oranına bağlı birim hacim ağırlık.

Şekil 4.8 de lif çeşidine ve lif boyuna bağlı olarak birim hacim ağırlık değerleri verilmiştir. Elde edilen bulgular incelendiğinde lif uzunluğunun artması cam lifi ve polipropilen lif kullanılarak üretilen numunelerin birim hacim ağırlığını düşürmüş olup, karbon lifi kullanılarak üretilen numunelerin birim hacim ağırlığını artırmıştır. En yüksek birim hacim ağırlık değeri 12 mm cam lifi kullanılarak üretilen örneklerde gözlemlenmiş, en düşük birim hacim ağırlık değeri ise yine 12mm uzunluğunda olan karbon lifi kullanılarak üretilen örneklerde elde edilmiştir.



Şekil 4.8 Lif çeşidi ve lif boyuna bağlı birim hacim ağırlık.

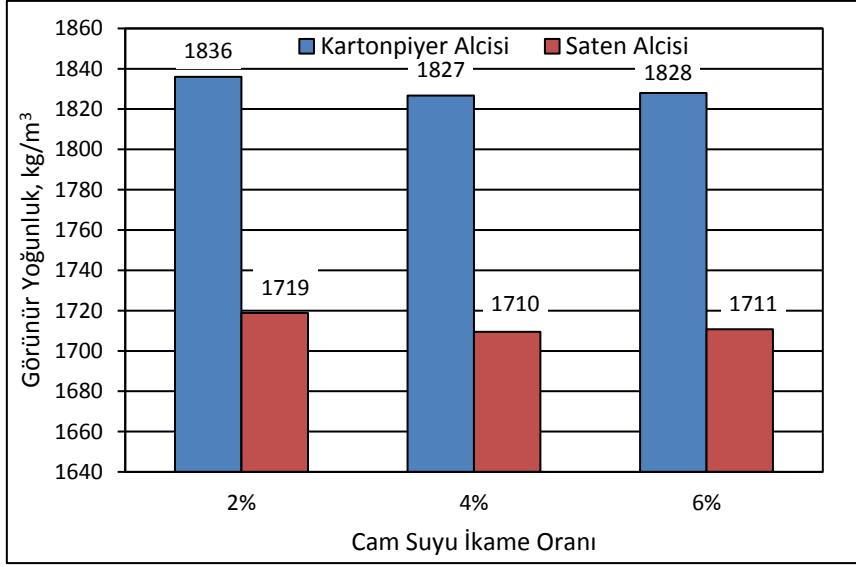
Şekil 4.9 de alçı çeşidinden bağımsız olarak cam suyu ikame oranı, lif çeşidi ve lif oranına lif bağlı olarak birim hacim ağırlık değerleri verilmiştir. Elde edilen veriler incelendiğinde cam suyu ikame oranının artışı birim hacim ağırlığı artırmıştır. Lif oranı % 0,5 oranına kadar kullanıldığında birim hacim ağırlıkta artış gözlemlenmiştir. Ancak % 0,5 ten sonraki lif oranı artışlarında birim hacim ağırlığı düşürmüştür. En yüksek birim hacim ağırlık değerleri numunelerde gözlemlenmiştir. En düşük birim hacim ağırlık değerleri ise karbon lifi ile üretilen örneklerde elde edilmiştir.



Şekil 4.9 Cam suyu ikame oranı, lif çeşidi ve lif oranına bağlı birim hacim ağırlık.

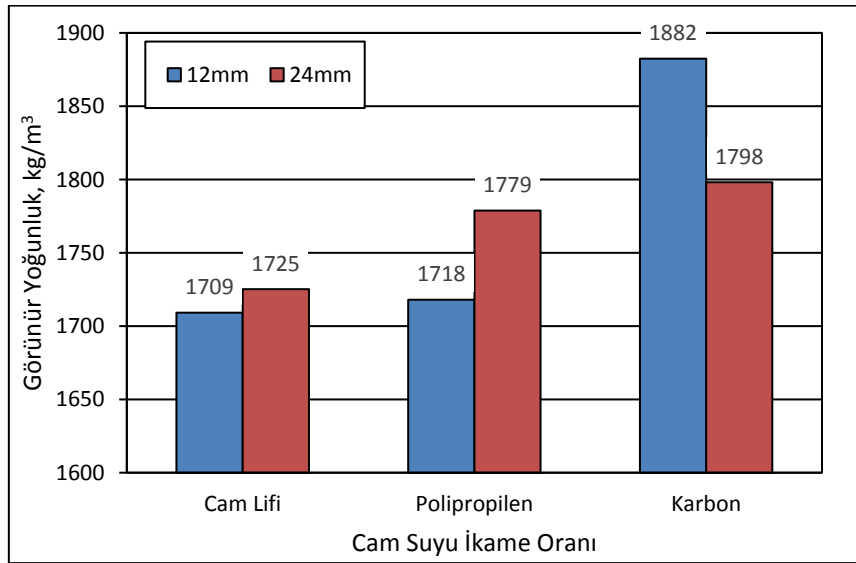
#### 4.1.4 Görünür Yoğunluk

Şekil 4.10 da alçı çeşidi ve cam suyu ikame oranına bağlı görünür yoğunluk değerleri verilmiştir. Cam suyu ikame oranının artışı saten alçı ve kartonpiyer alçı kullanılarak üretilen numunelerde görünür yoğunluğunu düşürmüştür. Kullanılan her iki alçı çeşidi karşılaştırıldığında ise kartonpiyer alçısı ile üretilen numuneler de, saten alçı ile üretilen numunelere göre daha yüksek görünür yoğunluk değerleri elde edilmiştir.



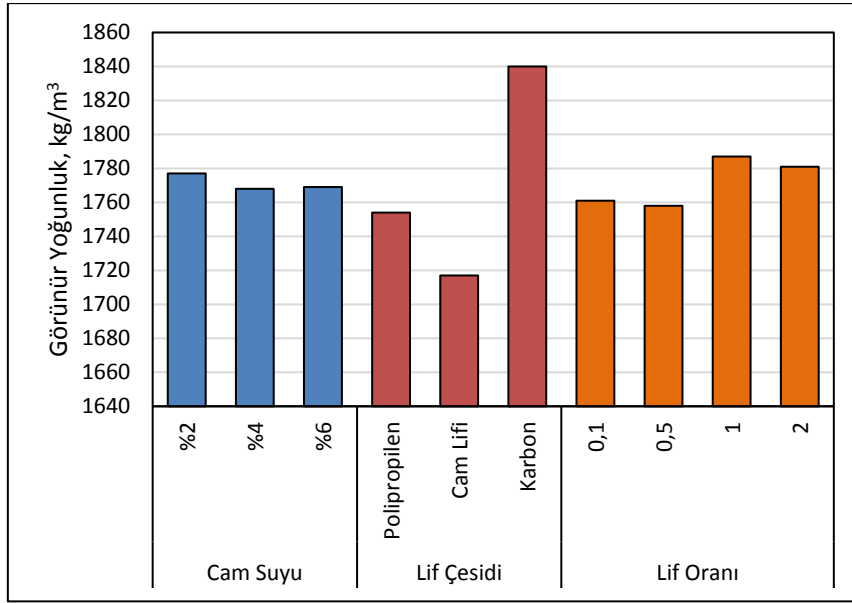
Şekil 4.10 Alçı çeşidi ve cam suyu ikame oranına bağlı görünür yoğunluk.

Şekil 4.11 de lif çeşidine ve lif boyuna bağlı olarak görünür yoğunluk değerleri verilmiştir. Elde edilen bulgular incelendiğinde lif uzunluğunun artması cam lifi ve polipropilen lif kullanılarak üretilen numunelerde görünür yoğunluk değerini artırırken, karbon lifi kullanılarak üretilen numunelerde ise görünür yoğunluk değerini düşürmüştür. En yüksek görünür yoğunluk değeri 12 mm uzunluğundaki karbon lifi kullanılarak üretilen örneklerde görülürken, en düşük görünür yoğunluk değeri yine 12 mm uzunluğundaki cam lifi kullanılarak üretilen numunelerde elde edilmiştir.



Şekil 4.11 Lif çeşidi ve lif boyuna bağlı görünür yoğunluk.

Şekil 4.12 de alçı çeşidinden bağımsız olarak cam suyu ikame oranı, lif çeşidi ve lif oranına lif bağı olarak görünür yoğunluk değerleri verilmiştir. Elde edilen veriler incelendiğinde cam suyu ikame oranının artışı görünür yoğunlukta azalmaya neden olmuştur. Lif oranı artışı %1 oranına kadar görünür yoğunluğu artırmış olup, bu oran %1 yoğunluğun üzerine çıktıkça görünür yoğunluk azalmıştır. Görünür yoğunluğu en yüksek olarak karbon lifi ile üretilen numuneler belirlenmiş olup, en düşük değerler ise cam lifi ile üretilen örneklerde elde edilmiştir.



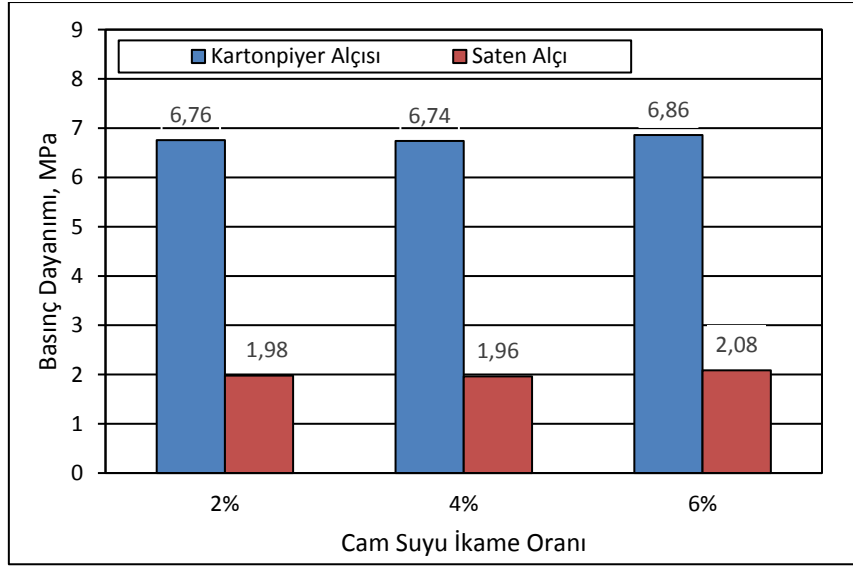
Şekil 4.12 Cam suyu ikame oranı, lif çeşidi ve lif oranına bağlı görünür yoğunluk.

## 4.2 Mekanik Özellikler

Bu bölümde yapılan deneyler sonucunda alçı çeşidi, lif çeşidi, lif boyutu ve cam suyu ikame oranına bağlı olarak malzemenin mekanik özelliklerinden basınç dayanımı, eğilme dayanımı, tokluk ve sertlik değerleri verilmiştir. Ayrıca alçı çeşidinden bağımsız olarak cam suyu ikame oranı, lif çeşidi ve lif oranına göre malzemenin mekanik özellikleri incelenmiştir.

#### 4.2.1 Basınç ve Eğilme Dayanımı

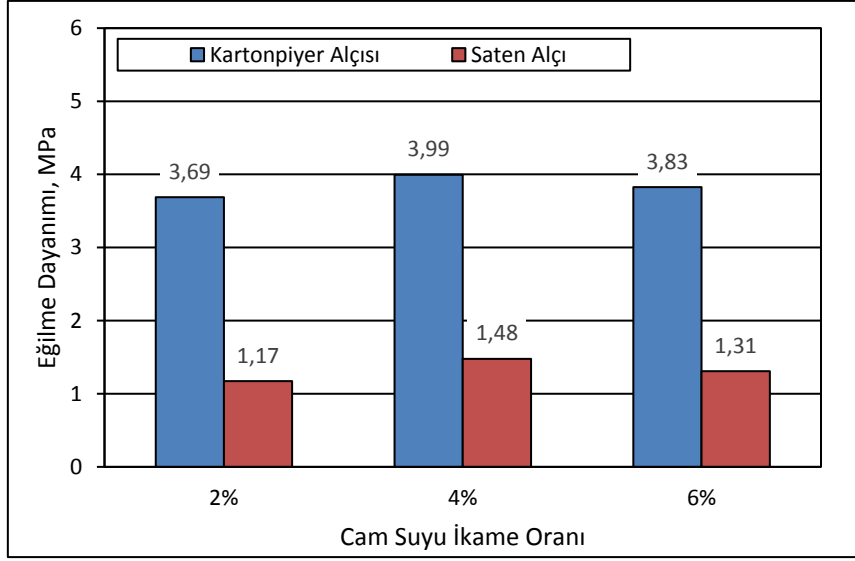
Deneyleerde kullanılan numunelere ait basınç dayanımı / cam suyu ikame oranı ölçüm sonuçları Şekil 4.13’de verilmiştir. Elde edilen veriler incelendiğinde cam suyu ikame oranının artması kartonpiyer alçısı ve saten alçı ile üretilen her iki numune çeşidinde basınç dayanımını arttırmıştır. Kartonpiyer alçısı ve saten alçı ile üretilen örnekler karşılaştırıldığında. Kartonpiyer alçısı ile üretilen örneklerin saten alçı ile üretilen örneklere oranla basınç dayanımının yaklaşık olarak 3,3 kat daha yüksek olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.13 Alçı çeşidi ve cam suyu ikame oranına bağlı basınç dayanımı.

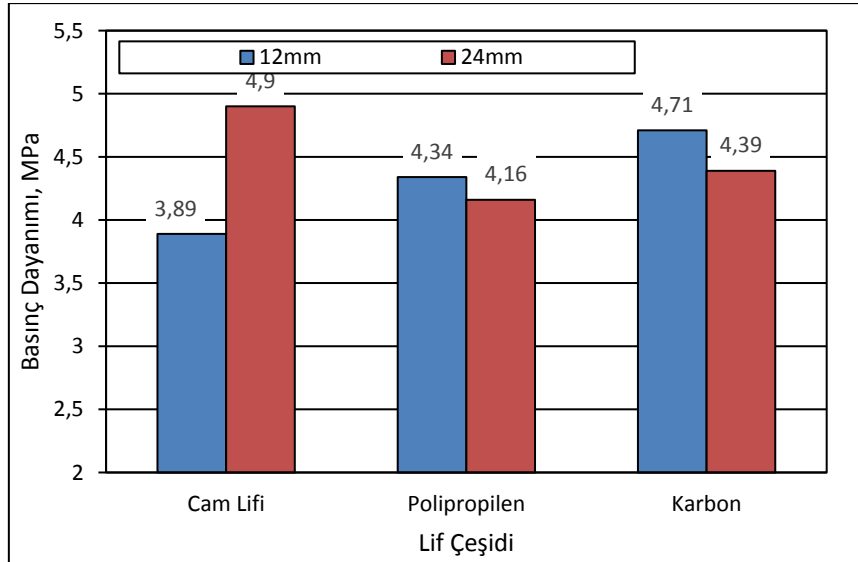
Şekil 4.14 de alçı çeşidi ve cam suyu ikame oranına bağlı eğilme dayanımı grafiği verilmiştir. Cam suyu ikame oranının artması eğilme dayanımını arttırmıştır ancak cam suyunun belirli orandan fazla kullanımı eğilme dayanımını düşürmüştür. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde %4 oranında ikame edilen cam suyunun eğilme dayanımı açısından ideal olduğu belirlenmiştir. Kartonpiyer alçısı ve saten alçı kullanılarak üretilen örnekler karşılaştırıldığında ise kartonpiyer alçı kullanılarak üretilen örneklerin saten alçı kullanılarak üretilen örneklere göre çok daha yüksek eğilme dayanımına sahip olduğu belirlenmiştir.





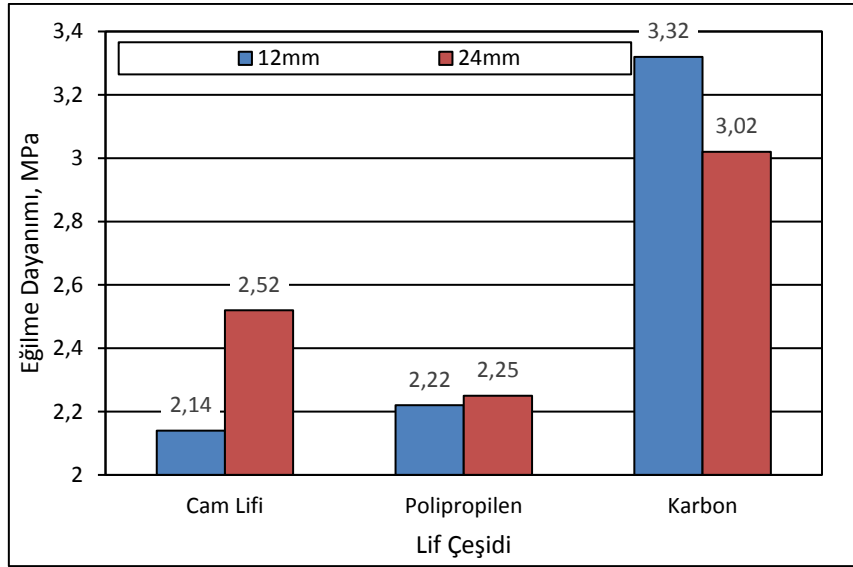
Şekil 4.14 Alçı çeşidi ve cam suyu ikame oranına bağlı eğilme dayanımı.

Şekil 4.15 de lif çeşidine ve lif boyuna bağlı olarak basınç dayanım ilişkisi verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde cam lifinin uzunluğunun artması basınç dayanımını arttırdığı belirlenmiştir. Karbon lifi ve polipropilen liflerde ise cam lifinin aksine lif uzunluğunun artması basınç dayanımını düşürmüştür. 24 mm kırılmış cam lifi kullanılan numunelerde en yüksek basınç değeri elde edilmiştir.



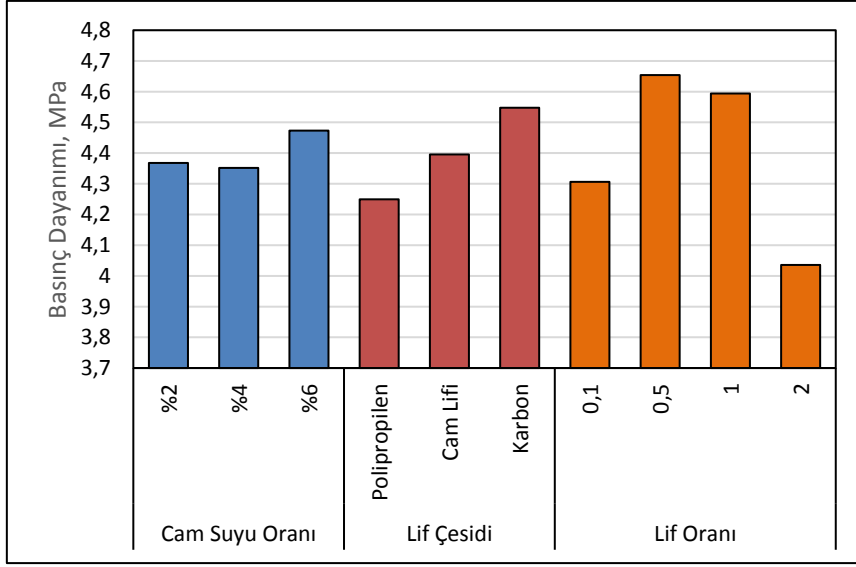
Şekil 4.15 Lif çeşidi ve lif boyuna bağlı basınç dayanımı.

Şekil 4.16 da ise lif çeşidine ve lif boyuna bağlı olarak eğilme dayanım ilişkisi verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde cam lifi ve polipropilen lif kullanılarak üretilen numunelerin uzunluğundaki artış eğilme dayanımını arttırmıştır. Karbon lifi kullanılarak üretilen numunelerde ise cam lifi ve polipropilen lifin aksine lif boyunun artışı eğilme dayanımını düşürmüştür. 12 mm uzunluğunda karbon lifi kullanılarak üretilen numunelerde en yüksek basınç dayanımı gözlemlenmiştir.



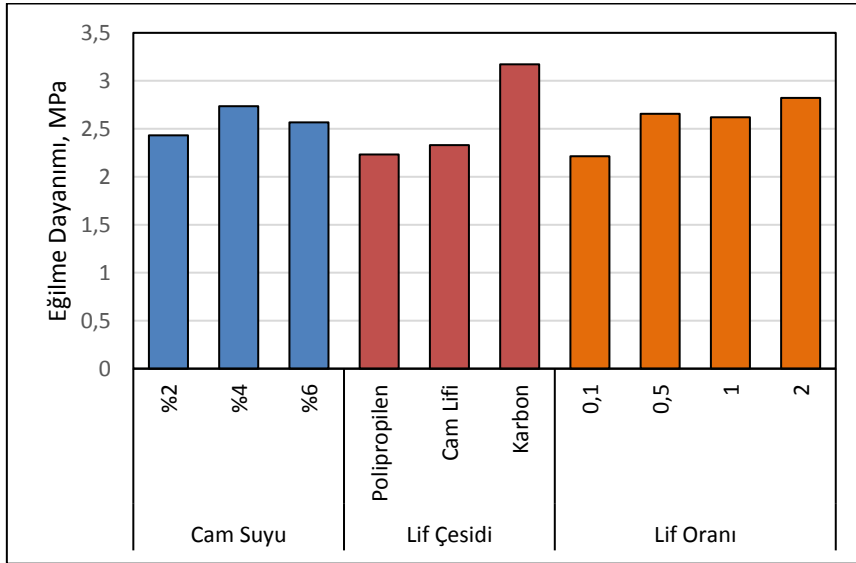
Şekil 4.16 Lif çeşidi ve lif boyuna bağlı eğilme dayanımı.

Şekil 4.17 de alçı çeşidinden bağımsız olarak cam suyu ikame oranı, lif çeşidi ve lif oranına lif bağlı olarak basınç dayanım değerleri verilmiştir. Elde edilen değerler incelendiğinde cam suyu ikame oranı artışı basınç dayanımını artırmış olup, lif oranının % 0,5 düzeyinde kullanılması basınç dayanımını artırırken % 0,5 ten fazla kullanılması basınç dayanımını düşürmüştür. Karbon lifi kullanılarak üretilen numunelerde en yüksek basınç dayanımına ulaşılmış olup, polipropilen lif kullanılarak üretilen numunelerde ise en düşük basınç dayanım değerleri elde edilmiştir.



Şekil 4.17 Cam suyu ikame oranı, lif çeşidi ve lif oranına bağlı basınç dayanımı.

Şekil 4.18 de alçı çeşidinden bağımsız olarak cam suyu ikame oranı, lif çeşidi ve lif oranına lif bağlı olarak eğilme dayanım değerleri verilmiştir. Elde edilen veriler incelendiğinde cam suyu ikame oranının %4 seviyesine kadar artışı eğilme dayanımını artırmış olup, bu seviyenin üzerinde kullanılması eğilme dayanımını düşürmüştür. Lif oranı artışı eğilme dayanımını artırmıştır. Karbon lifi kullanılarak üretilen numunelerde en yüksek eğilme dayanımına ulaşılmış olup, polipropilen lif kullanılarak üretilen numunelerde ise en düşük eğilme dayanım değerleri elde edilmiştir.

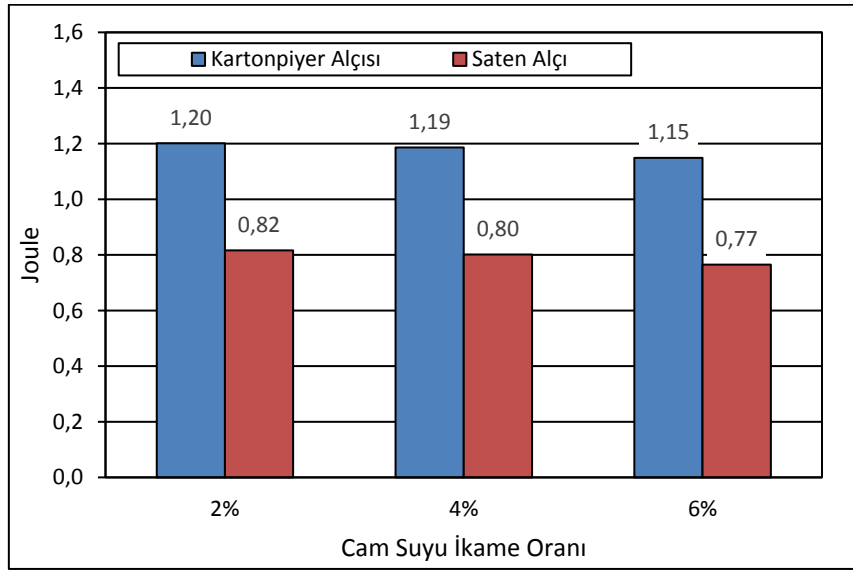


Şekil 4.18 Cam suyu ikame oranı, lif çeşidi ve lif oranına bağlı eğilme dayanımı.

#### 4.2.2 Tokluk

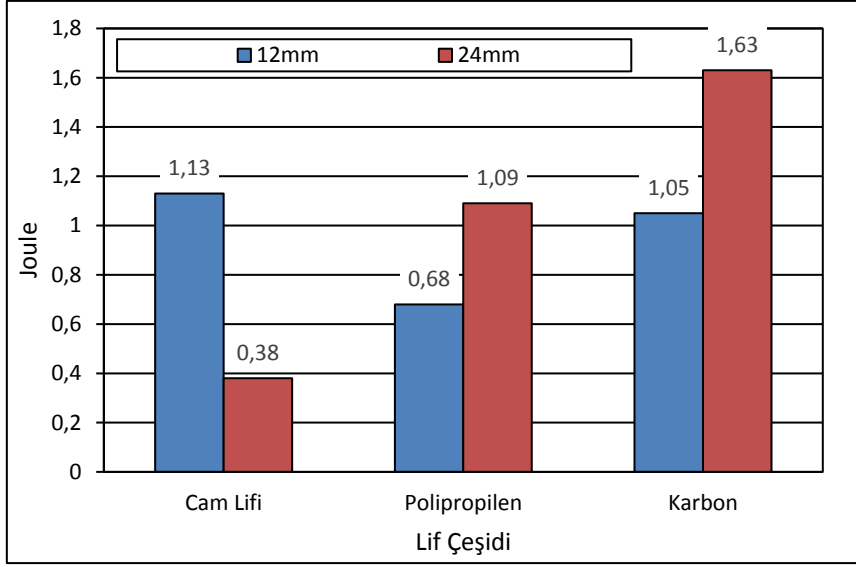
Tokluk malzemelerin kırılmaya başlamadan önce emdiği enerjinin bir ölçüsü olarak tanımlanabilir. Malzemenin tokluğu darbe dayanımını ölçtüğü için önemlidir. Numunelerin tokluğu darbe deneyi ile ölçülerek şekil 4.19 da gösterilen değerler elde edilmiştir.

Şekil 4.19 da belirtilen alçı çeşidi / cam suyu ikame oranına bağlı tokluk değeri sonuçlarına bakıldığında, cam suyu ikame oranının artması numunelerin tokluk değerlerini düşürmüştür. Kartonpiyer alçısı ve saten alçı kullanılarak üretilen örnekler karşılaştırıldığında ise kartonpiyer alçısı kullanılarak üretilen örneklerde saten alçı kullanılarak üretilen örneklere göre daha yüksek tokluk değerleri belirlenmiştir.



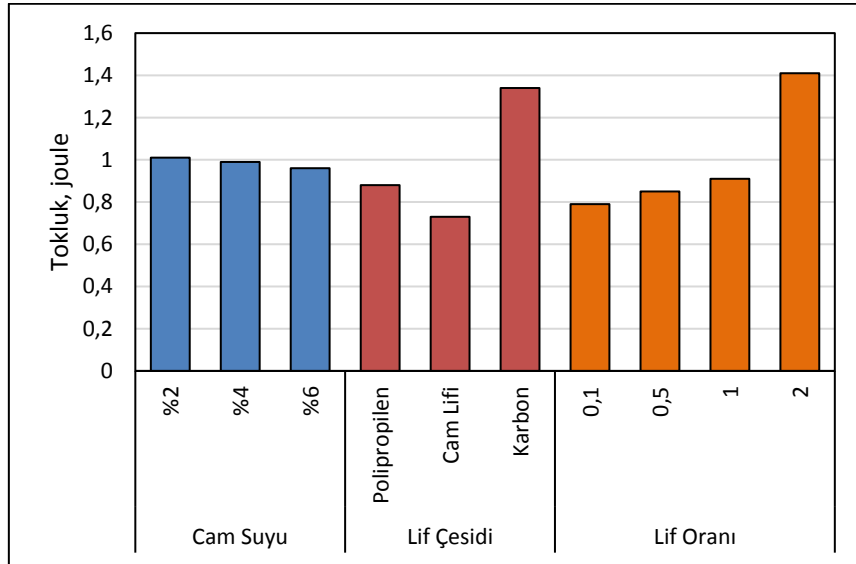
Şekil 4.19 Alçı çeşidi ve cam suyu ikame oranına bağlı tokluk.

Şekil 4.20 de ise lif çeşidine ve lif boyuna bağlı olarak tokluk değerleri verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde cam lifi kullanılarak üretilen numunelerde lif boyunun artması tokluğu düşürürken, karbon lifi ve polipropilen lif kullanılarak üretilen numunelerde lif boyunun artması tokluğu artırmıştır. Tüm lif çeşitleri ve lif uzunlukları karşılaştırıldığında ise 24 mm uzunluğunda kırılmış lif kullanılarak üretilen numunelerde en yüksek tokluk değerine elde edilmiştir.



Şekil 4.20 Lif çeşidi ve lif boyuna bağlı tokluk.

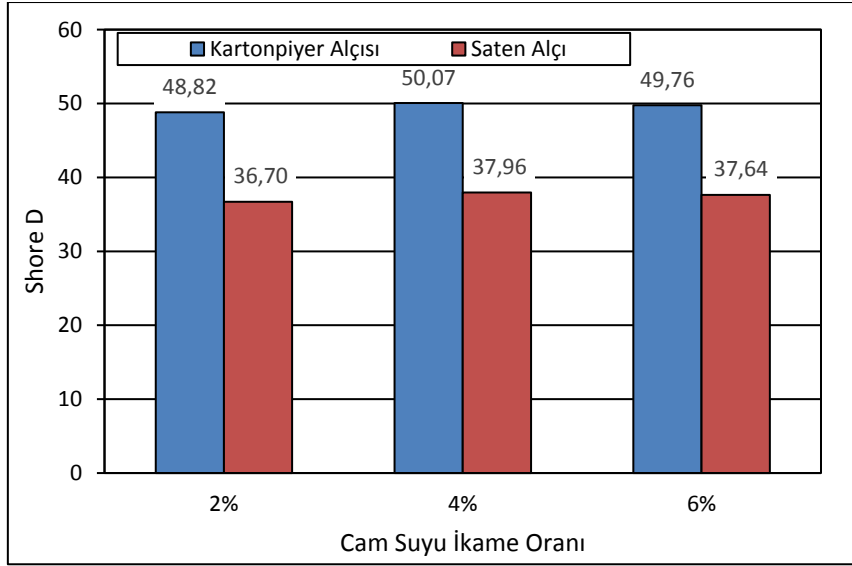
Şekil 4.21 de alçı çeşidinden bağımsız olarak cam suyu ikame oranı, lif çeşidi ve lif oranına lif bağlı olarak tokluk değerleri verilmiştir. Elde edilen değerler incelendiğinde cam suyu ikame oranının artışı tokluk değerini düşürmüştür. Lif oranı artışı ise tokluk değerini artırmıştır. Karbon lifi kullanılarak üretilen numunelerde en yüksek tokluk değerine ulaşılmış olup, cam lifi kullanılarak üretilen numunelerde ise en düşük tokluk değeri elde edilmiştir.



Şekil 4.21 Cam suyu ikame oranı, lif çeşidi ve lif oranına bağlı tokluk.

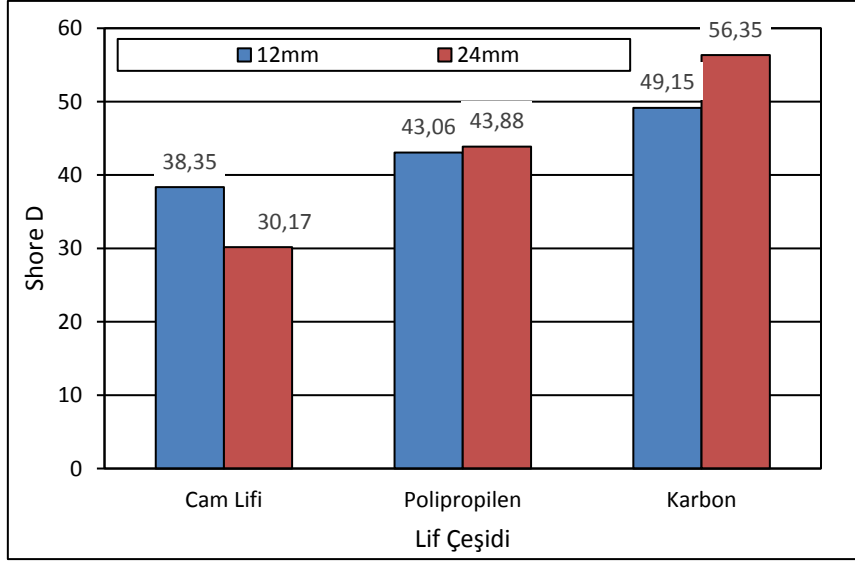
### 4.2.3 Sertlik

Şekil 4.22 de Shore D sertlik testi yapılan numunelerin sertliği Alçı çeşidi ve cam suyu ikame oranına bağlı sertlik değeri verilmiştir. Kartonpiyer alçısı kullanılarak üretilen numuneler ile saten alçı kullanılarak üretilen numuneler karşılaştırıldığında, kartonpiyer alçısı kullanılarak üretilen örneklerin saten alçı kullanılarak üretilen örneklere göre sertlik değerlerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Cam suyu katkısının sertliğe olumlu katkısı gözükse de çok katılması sertlik değerini düşürmüş olup, %4 cam suyu katkı oranının sertliği artırdığı belirlenmiştir.



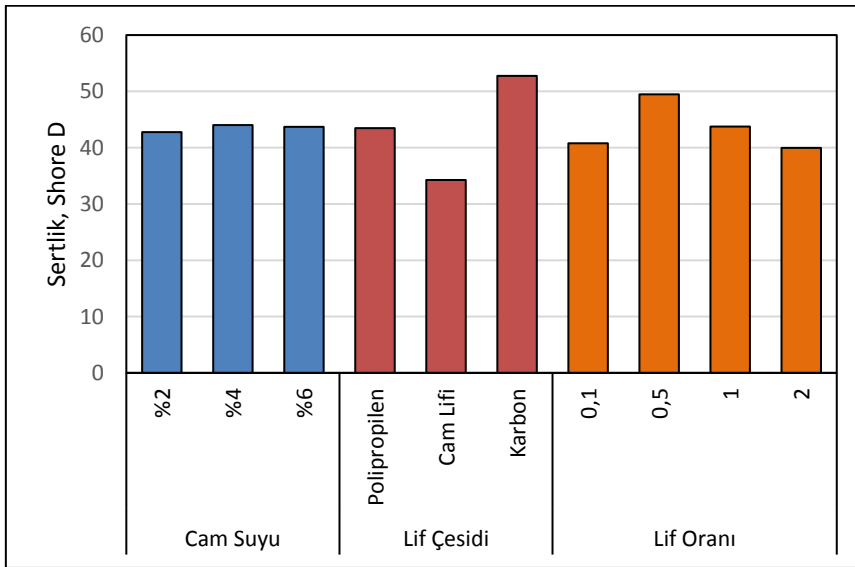
Şekil 4.22 Alçı çeşidi ve cam suyu ikame oranına bağlı sertlik değeri.

Şekil 4.23 de ise lif çeşidine ve lif boyuna bağlı olarak sertlik değerleri verilmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde lif uzunluğunun artması cam lifi kullanılarak üretilen numunelerde sertliğin düşmesine neden olurken, karbon lifi kullanılarak üretilen numunelerde sertliğin artmasına neden olmuştur. Polipropilen lif kullanılarak üretilen numunelerde ise lif uzunluğunun artması azda olsa sertlik değerini artırsada önemli bir değişim elde edilmemiştir. En yüksek sertlik değerine 24 mm karbon lifi kullanılarak üretilen numunelerde ulaşılmıştır.



Şekil 4.23 Lif çeşidi ve lif boyuna bağlı sertlik.

Şekil 4.24 de alçı çeşidinden bağımsız olarak cam suyu ikame oranı, lif çeşidi ve lif oranına lif bağlı olarak sertlik değerleri verilmiştir. Elde edilen bulgular değerlendirildiğinde cam suyu ikame oranının artmasının sertlik değerinde herhangi bir değişim yapmadığı belirlenmiştir. Lif oranı % 0,5 oranına kadar sertliği artırmış olup bu değer üstüne çıktığında sertliği düşürmüştür. Karbon lifi kullanılarak üretilen numunelerde en yüksek sertlik değerine, cam lifi kullanılarak üretilen numunelerde en düşük sertlik değerine ulaşmıştır.



Şekil 4.24 Cam suyu ikame oranı, lif çeşidi ve lif oranına bağlı sertlik.

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

En eski yapı malzemelerinden biri olan alçının geniş bir kullanım alanı vardır; fakat dayanımının düşük ve su direncinin az olması kullanımı kısıtlamaktadır. Bu tez çalışmasında farklı lif çeşitlerinin farklı boy ve oranda takviye elemanı olarak alçı içerisine ilavesi dayanımının artırılması maksadıyladır. Farklı orandaki cam suyunun ilavesindeki amaçta alçının fiziksel özelliklerine fayda sağlamaktır.

Çok fazla oranda değişken ile kurgulanan deneysel çalışmanın sonuçlarının daha anlaşılır yorumlanmasında istatistiki yöntemler kullanılmıştır. Bu istatistiki sonuçların yanında ham veri olarak ortaya çıkan en yüksek basınç dayanımı karbon lifinin kullanıldığı 24 mm uzunluğundaki, % 0,5 lif oranlı serilerde 9,1 MPa olarak elde edilmiştir. En yüksek eğilme dayanımı yine aynı oranlarda lif kullanılan karbon lifli seride 7,2 MPa olarak belirlenmiştir. Bu serilerdeki alçı kartonpiyer alçısıdır.

Fiziksel olarak incelendiğinde en yüksek görünen porozite, en yüksek su emme sırasıyla %51,6 ve %55,7 ile karbon lifli, 12 mm lif uzunluklu %1 lif oranlı serilerde ölçülmüştür. En düşük görünen porozite ve en düşük su emme ise sırayla %15,5 ve %12,2 ile cam lifli 12mm uzunluklu, % 0,5 lif oranlı serilerde görülmüştür. Bu her iki seride de saten alçısı kullanılmıştır.

Tüm sonuçların toplu olarak irdelendiği istatistiki değerlendirmelere göre, basınç dayanımı açısından en iyi cam suyu oranı %6, eğilme dayanımı açısından ise %4'tür. Poroziteyi azaltma bakımından %6 cam suyu oranı en iyi orandır.

Lif çeşidinin basınç dayanımına etkisi incelendiğinde ön plana çıkan bir seri gözlenmez iken eğilme dayanımı açısından en iyi tercih karbon lifidir. Tokluk ve sertlik bakımından karbon lifleri en iyi sonucu vermiştir.

Kartonpiyer alçısının mekanik özelliklerinin saten alçısına göre daha iyi olduğu bilinen bir gerçektir. Lif ilavesi her iki alçı içinde dayanım artışına katkı sağlamıştır. Lif boyu



olarak 24 mm uzunluktakiler saten alçıda daha verimli iken 12 mm uzunluğundakiler kartonpiyer alçılarda daha iyi sonuçlar vermiştir.

İdeal alçı olarak kartonpiyer alçısı, ideal lif çeşidi olarak karbon lif, ideal lif oranı için %0,5 ve ideal cam suyu oranı olarak %4 önerilebilir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar gerek alçı sıva gerekse alçı levha üretiminde farklı lif çeşitlerinin kullanılabileceğini göstermektedir. Özellikle eğilme ve darbe tokluğu gibi özellikleri geliştirme maksatlı çalışmanın bir sonraki boyutu alçı levha ve alçı blok üretimi konularına taşınabilir.

## 6. KAYNAKLAR

- Acun, S. (2000). Yüksek Dayanımlı Beton Üretiminde Dizayn Parametresi Olarak Lifsel Katkıların İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Açıkalın, N. (1993). Dünyada ve Türkiye’de Jips ve Anhidrit. MTA, 13488 nolu Raporu, Ankara.
- Alper Ş. (1990). Yapıda Alçı ve Alçı Elemanların Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi., Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, (2001a). Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Yapı Malzemeleri III Çalışma Grubu Raporu, Devlet Planlama Teşkilatı, No: 2617.
- Anonim, (2001b). Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Yapı Malzemeleri Çalışma Grubu Raporu, Devlet Planlama Teşkilatı, No: 2615.
- Anonim, (2008). Alçı Kartonpiyer ve Dökme Tavan Montajı, Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilme Projesi Ders Notları, T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara.
- Anonim, (2009). Alçı Tanıtım Kitapçığı, Türkiye Alçı Üreticileri Derneği, Ankara, 5.
- Anonim, (2010). Alçıdergi, Türkiye Alçı Üreticileri Derneği Ankara, 7:4-5.
- Anonim, (2011). Alçıdergi, Türkiye Alçı Üreticileri Derneği, Ankara, 9:7-13.
- Anonim, (2012). Laboratuvar Raporu. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Otomotiv Mühendisliği Bölümü, Bursa.
- Anonim, (2014). Otomotiv Mühendisliği Laboratuvarı Deney Föyü. Trakya Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ.
- ASTM C1116 / C1116M-10a, (2015). Standard Specification for Fiber-Reinforced Concrete. *American Society for Testing and Materials*. U.S.A.
- Avdan, B. (1997). Alçı Taşının Minerolojisi, Alçı Çeşitleri, Fazların Oluşumu ve Analizi.

- II. Ulusal Alçı Kongresi, İstanbul, Türkiye, 2-3 Mayıs, 25-30.
- Aydınlı S. (1986). Mekânsal Değerlendirmede Algısal Yargılara Dayalı Bir Model, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Baspınar M.S. and Kahraman E. (2011). Modifications in The Properties of Gypsum Construction Element Via Addition of Expanded Macroporous Silica Granules, *Construction and Building Materials*, **25**: 3327–3333.
- Biber, Ş.A. (2001). Karmaşık Çelik Tel Takviyeli Betonların Mekanik Davranışı. Bitirme Ödevi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- Bunsell, A.R. (1988). Fiber Reinforcement for Composite Materials. *Composite Materials Series, Elsevier Science, The Netherlands*, **2**: 93
- Chawla K.K. (1998). Fibrous Materials, Cambridge University Press, Cambridge.
- Çolak A. (2006). Physical and Mechanical Properties of Polymer–Plaster. Composites. *Materials Letters* **60**: 1977–1982.
- Eriç, M. (1978). Yapı Malzemeleri. Cilt II, Kazmaz Matbaası, İstanbul.
- Erdoğan, M. (1997). Türkiye Alçıtaşı Yatakları. II. Ulusal Alçı Kongresi, İstanbul, 2-3 Mayıs, 7-12.
- Ersoy, H. Y. (2001). Kompozit Malzeme, Literatür Yayınları, İstanbul, 66-67.
- Eve S., Gomina M., Gmouh A., Samdi A., Moussa R. and Orange G., (2002). Microstructural and Mechanical Behaviour of Polyamide Fibre-Reinforced Plaster Composites. *Journal of European Ceramic Society* **22**: 2269–2275.
- Gencil O., Diaz J. J. C., Sutcu M., Koksal F., Rabanal F.P.A, Barrera G.M. and Brostow W. (2014). Properties of Gypsum Composites Containing Vermiculite And Polypropylene Fibers: Numerical and Experimental Results. *Energy and Buildings* **70**: 135–144
- Gencil O., Özel C., Brostow W. and Martinez-Barrera G. (2011). Mechanical Properties of Self-Compacting Concrete Reinforced with Polypropylene Fibers. *Materials Research Innovations*, **15**: 216–225.
- Görhan, G. (2011). Çeltik Kavuzunun Tuğla Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Güngör, E. (2013). Karma Lifli Betonların Özelliklerinin Deneysel İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Gürdal, E. (1996). Alçıtaşı ve Alçıdan Üretilen Malzemeler. Ulusal Alçı Kongresi Bildirileri, İstanbul, 4-5 Kasım, 40-47.
- Herhández, O.F., Bollatti, M.R., Rio, M., and Landa, B.P. (1999). Development of Cork-Gypsum Composites for Building Applications. *Construction and Building Materials*, **13**: 179-186.
- Karahan, O. (2006). Liflerle Güçlendirilmiş Uçucu Küllü Betonların Özellikleri. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Kaynak, F. (2005). Alçı Sıva Uygulayıcısı. Türkiye İnşaat Sanayiciler İşveren Sendikası Ders Notları, Ankara.
- Klein, C. (1993). Manual of Mineralogy. John Wiley & Sons, New York, **21**: 415-420.
- Knox, C. E. (1982). Fiberglass Reinforcement, Handbook of Composites. *Van Nosrand Reinhold Company*, New York **1**: 21-24, 136-140.
- Kurt, G. (2006). Lif İçeriği Ve Su/Çimento Oranının Fibrobetonun Mekanik Davranışına Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kuşçu, M. (2001). Endüstriyel Kayaçlar ve Mineraller. Süleyman Demirel Üniversitesi Basımevi, Isparta, 191-211.
- Lindley, J.A. and Whitaker, J.H. (1996). Agricultural Buildings and Structures. Transaction of ASAE, USA, 71-72
- Oflaz, G. (2008). Doku Sertliği Ölçümü ve Klinik Kâğıt Modellemeleri. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Önem, Y. (1997). Sanayi Madenleri, Kozan Ofset, Ankara, 227-235.
- Özcan K. (2002). Yapı. Bilim Yayınevi Yayınları, Ankara, 63-65.
- Ryan J.V. (1962). Study of Gypsum Plasters Exposed to Fire. *J Res Natl Bureau Standards C Eng Instrum* **66**: 373-387.
- Sancak, E. ve Şimşek O. (2006). Yüksek Sıcaklığın Silis Dumanı ve Süper

Akışkanlaştırıcı Katkılı Hafif Betona Etkileri. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, **21(3)**: 443-450.

Schulz, N. (1971). *Existance*. Spoce and Architecture Studio Visto, Londra.

Şener, M. (2012). Mekanik Aktivasyonun Jipsin Isıl Davranışına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya.

TS 370, (1982). Yapı Alçıları. *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

TS EN 13279-1, (2007). Yapı ve Sıva Alçıları. *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

TS EN 998-1, (2006). Perlitli Sıva ve Harçlar. *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

Toydemir, N. (1988). Kompozit Yapı Malzemeleri. *Kompozit Yapı Bileşenleri ve Yalıtım Dergisi*, **80**: 39-43.

Toydemir, N., Gürdal, E. ve Tanaçan L. (2011). Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme. Literatür Yayıncılık, İstanbul, 240-251.

Ulusoy U. (2016). Bazalt ve Cam Elyaf Takviyeli Biyo-Bazlı Poliamid Kompozit Malzemelerin Hazırlanması ve Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yalova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yalova.

Ün, H. (2009). Çevre ve Estetik Duyarlılıklar Alçıyı Hak Ettiği Yere Taşıyacaktır. *Türkiye Alçı Üreticileri Derneği Alçıdergi*, **3**: 22-23.

Vardar, M. ve Bozkurtoğlu E. (2013). İnşaat Jeolojisi Ders Notları. İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, İstanbul.

West H.A. and Sprecher A.F. (1991). Fiber Reinforced Composite Materials. *Journal of Materials Education* **13**: 161–172.

Wirsching F. (2005). Calcium Sulfate. *Weinheim Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim*.

Wu Y. (2004). The Effect of Longitudinal Reinforcement on the Cyclic Shear Behavior of Glass Fiber Reinforced Gypsum Wall Panels. Test. *Engineering Structures*, **26**: 1633-1646.

Yıldız S., Yalınbaş M. ve Keleştemur O. (2006). Silis Dumanı Katkılı Yapı Alçılarında Basınç Dayanımının Araştırılması. Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık

Fakültesi Dergisi, **2(11)**: 15-21.

Yu Q. L. and Brouwers H. J. H. (2012). Devepolment of a Self-Compacting Gypsum-Based Lightweight Composite. *Cement & Concrete Copmosite* **34**: 1022-1043.

### **İnternet Kaynakları**

1. <http://bilimkentmadencilik.com.tr/urunlerimiz.html>, 13.01.2017
2. <http://www.alcider.org.tr/dunya/>, 17.01.2017
3. <http://www.alcider.org.tr/alcininyararlari/>, 03.02.2017
4. <http://www.alcider.org.tr/sagliktir/>, 03.02.2017
5. <http://www.alcider.org.tr/cevreyikorur/>, 03.02.2017
6. <http://mlz.muhendislik.omu.edu.tr/files/mlz.muhendislik/files/MALZEME-ÜRETİM-LAB-FÖYÜ.pdf>, 06.06.2017
7. <http://www.sodyum.gen.tr/sodyum-silikat.html>, 07.06.2017
8. <http://teknik.knauf.com.tr> 28.08.2017

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Merdan Törehan TURAN  
Doğum Yeri ve Tarihi : ANKARA/28.08.1986  
Yabancı Dili : İngilizce  
İletişim (Telefon/e-posta) : 0506 506 26 63 torehann@hotmail.com

### Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Yenimahalle Anadolu Meslek Lisesi, (2000-2004)  
Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Yapı Öğretmenliği Bölümü, (2006-2010)  
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, (2010-2013)  
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, (2013-2017)

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl : OTİ Holding (2012)  
Astra Yapı (2012-2013)  
Knauf İnşaat ve Yapı Elemanları A.Ş. (2013 – 2015)  
Giresun Üniversitesi Keşap M.Y.O.(2015 – halen)