

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**POMZA TOZU VE AKIŞKANLAŞTIRICI KULLANIMININ ÇİMENTOLU  
YONGALEVHARIN BAZI ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Orm. End. Müh. UĞUR ARAS**

**HAZİRAN 2013**

**TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**POMZA TOZU VE AKIŞKANLAŞTIRICI KULLANIMININ ÇİMENTOLU  
YONGALEVHARIN BAZI ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

**Orm. End. Müh. UĞUR ARAS**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
"ORMAN ENDÜSTRİ YÜKSEK MÜHENDİSİ"  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 24.05.2013  
Tezin Savunma Tarihi : 13.06.2013**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Hülya KALAYCIOĞLU  
İkinci Danışman : Yrd. Doç. Dr. Osman ÜÇÜNCÜ**

**Trabzon 2013**

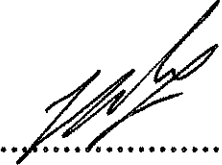
**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**  
**Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında**  
**Uğur ARAS tarafından hazırlanan**

**POMZA TOZU VE AKIŞKANLAŞTIRICI KULLANIMININ ÇİMENTOLU**  
**YONGALEVHARIN BAZI ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 28 / 05 / 2013 gün ve 1507 sayılı**  
**kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**olarak kabul edilmiştir.**

**Jüri Üyeleri**

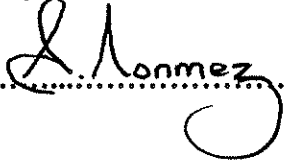
**Başkan : Prof. Dr. Hülya KALAYCIOĞLU**

  
.....

**Üye : Prof. Dr. Gökay NEMLİ**

  
.....

**Üye : Yrd. Doç. Dr. Ayfer DÖNMEZ ÇAVDAR**

  
.....

**Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ**  
**Enstitü Müdürü**

## ÖNSÖZ

“Pomza tozu ve akışkanlaştırıcı kullanımının çimentolu yongalevharın bazı özelliklerine etkisi” isimli bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Anabilim Dalı, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Programında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu tez çalışmasının planlanması, araştırılması, yürütülmesi ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, çalışmalarımı bilimsel temeller ışığında şekillendiren aynı zamanda her türlü sorunumun çözümünde yanımda olan ve kişiliği ile daima örnek alacağım sayın danışman hocam Prof. Dr. Hülya KALAYCIOĞLU’na sonsuz teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Bu çalışma fikrinin hazırlanmasında yardımcı olan Sayın Yrd. Doç. Dr. Osman ÜÇÜNCÜ ve katkılarından dolayı Prof. Dr. Ahmet TUTUŞ hocalarıma, çalışmalarımın yürütülmesinde desteklerini esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Ayfer DÖNMEZ ÇAVDAR, Arş. Gör. Hüsnu YEL, Orm. End. Müh. İlkur KUMAŞ ve Esra AYAN’a teşekkür etmeyi bir görev bilirim.

Deneme levhaları için gerekli olan yonga, çimento ve akışkanlaştırıcı kimyasal maddelerin temininde yardımcı olan SÖZENLER ORMAN A.Ş’ye, ERKİM YAPI KİMYASALLARI şirketine ve Serap Dinç DİKAYAK’a AŞKALE ÇİMENTO SANAYİ T.A.Ş’ye teşekkür ederim.

Maddi ve manevi desteklerini tüm hayatım boyunca esirgemeyen sevgili aileme şükranlarımı sunarım.

Bu çalışmanın çimentolu odun kompozitleri konusunda araştırma yapanlara ve uygulayıcılara yararlı olmasını temenni ederim.

Uğur ARAS  
Trabzon 2013

## **TEZ BEYANNAMESİ**

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Pomza tozu ve akışkanlaştırıcı kullanımının çimentolu yongalevhaların bazı özelliklerine etkisi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Hülya KALAYCIOĞLU’nun sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 24/05/2013

Uğur ARAS

## İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa No</u></b>
ÖNSÖZ .....	III
TEZ BEYANNAMESİ .....	IV
İÇİNDEKİLER .....	V
ÖZET .....	IX
SUMMARY .....	X
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	XI
TABLolar DİZİNİ .....	XIII
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XV
1. GENEL BİLGİLER .....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Çimentolu Odun Kompozitleri .....	6
1.3. Çimentolu Odun Kompozitlerinin Tarihsel Gelişimi .....	6
1.4. Çimentolu Yongalevhalar .....	8
1.4.1. Odun Yünlü Çimentolu Yongalevhalar (OYÇL) .....	8
1.4.2. Şerit Yongalı Çimentolu Yongalevhalar (ŞYÇL) .....	10
1.4.3. Çimentolu Yongalevhalar (ÇYL) .....	11
1.4.4. Çimentolu Liflevhalar (ÇLL) .....	11
1.4.5. Büyük OYÇ Duvar Panelleri .....	11
1.5. Çimentolu Yongalevha Üretiminde Kullanılan Hammadeler .....	12
1.5.1. Ağaç Malzeme .....	12
1.5.2. Yıllık Bitkiler .....	14
1.5.3. Geri Dönüşüm Atıkları .....	15
1.5.4. Çimento .....	16
1.5.4.1. Portland Çimentosu.....	17
1.5.4.2. Hidratasyon Kavramı.....	18
1.5.4.2.1. Çimentonun Hidratasyonu .....	18
1.5.4.2.2. Odun Çimento Uyumluluğu ve Hidratasyon Isısının Belirlenmesi.....	20
1.6. Çimentolu Odun Kompozitlerinin Özelliklerini Etkileyen Faktörler.....	23
1.6.1. Bağlanma Mekanizmaları .....	23
1.6.2. Sertleşme Süresi ve Odun-Çimento Arasındaki Uyumluluk Sorunu .....	24

1.6.3.	Ağaç Türü.....	25
1.6.4.	Yonga Boyutu ve Geometrisi .....	25
1.6.5.	Yonga Yönlendirmenin Etkisi.....	26
1.6.6.	Odun-Çimento Oranının Etkisi.....	27
1.6.7.	Sertleştirici İlavesi.....	28
1.6.8.	Su-Çimento Oranının Etkisi.....	28
1.6.9.	Çimentoya İkame Malzemelerin Kullanımı .....	30
1.6.10.	Katkı Maddeleri.....	30
1.6.11.	Akışkanlaştırıcı Kimyasallar .....	32
1.6.12.	Pomza Taşı (Bims) .....	34
1.7.	Çimentolu Odun Kompozitlerinin Üretimi ve Teknolojik Özellikleri.....	36
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	41
2.1.	Materyal.....	41
2.1.1.	Ağaç Malzeme.....	41
2.1.1.1.	Doğu Ladini ( <i>Picea Orientalis L.</i> ) Hakkında Genel Bilgiler .....	41
2.1.2.	Çimento .....	42
2.1.3.	Katkı Maddeleri.....	43
2.1.3.1.	Alüminyum Sülfat ( $A_{12}(SO_4)_3.18H_2O$ ) .....	43
2.1.3.2.	Sodyum Silikat ( $Na_2SiO_2$ ) .....	44
2.1.3.3.	Akışkanlaştırıcı Kimyasal .....	45
2.1.3.4.	Pomza Taşı (Bims) .....	46
2.2.	Deneme Levhalarının Üretimi .....	47
2.2.1.	Yongalama .....	47
2.2.2.	Eleme .....	47
2.2.3.	Yongaların Kurutulması .....	48
2.2.4.	Levhaların Üretimi.....	48
2.2.5.	Çimento ile Karıştırma İşlemi .....	48
2.2.6.	Kimyasal Maddeler ile Muamele .....	49
2.2.7.	Levha Taslağının Hazırlanması.....	49
2.2.8.	Levha Taslağının Preslenmesi .....	50
2.2.9.	Presleme Sonrası İşlemler .....	50
2.3.	Araştırma Yöntemi.....	51
2.3.1.	Fiziksel Özellikler .....	51

2.3.1.1.	Rutubet Miktarı .....	51
2.3.1.2.	Yoğunluk .....	52
2.3.1.3.	Su Alma Miktarı .....	53
2.3.1.4.	Kalınlık Artışı (Şişme Oranı) .....	53
2.3.1.5.	Isıl İletkenlik .....	54
2.3.2.	Mekanik Özellikler .....	55
2.3.2.1.	Eğilme Direnci .....	55
2.3.2.2.	Eğilmede Elastikiyet Modülü .....	56
2.3.2.3.	Yüzeye Dik Çekme Direnci .....	57
3.	BULGULAR .....	58
3.1.	Fiziksel Özellikler .....	58
3.1.1.	Rutubet Miktarı .....	58
3.1.2.	Yoğunluk .....	59
3.1.3.	Su Alma Miktarı .....	60
3.1.4.	Kalınlık Artışı (Şişme) Oranı .....	61
3.1.5.	Isıl iletkenlik .....	63
3.2.	Mekanik Özellikler .....	65
3.2.1.	Eğilme Direnci .....	65
3.2.2.	Eğilmede Elastikiyet modülü .....	66
3.2.3.	Yüzeye Dik Çekme Direnci .....	68
4.	İRDELEME .....	70
4.1.	Fiziksel Özellikler .....	70
4.1.1.	Rutubet Miktarı .....	70
4.1.2.	Yoğunluk .....	71
4.1.3.	Su Alma Miktarı .....	71
4.1.4.	Kalınlık Artışı (Şişme) Oranı .....	73
4.1.5.	Isıl İletkenlik .....	75
4.2.	Mekanik Özellikler .....	76
4.2.1.	Eğilme Direnci .....	76
4.2.2.	Eğilmede Elastikiyet Modülü .....	78
4.2.3.	Yüzeye Dik Çekme Direnci .....	79
5.	SONUÇLAR .....	82
5.1.	Fiziksel Özellikler .....	82



5.1.1.	Rutubet Miktarı .....	82
5.1.2.	Yoğunluk .....	82
5.1.3.	Su Alma Miktarı .....	82
5.1.4.	Kalınlık Artışı (Şişme) Oranı .....	83
5.1.5.	Isıl İletkenlik .....	83
5.2.	Mekanik Özellikler .....	83
5.2.1.	Eğilme Direnci .....	83
5.2.2.	Eğilmede Elastikiyet Modülü .....	84
5.2.3.	Yüzeye Dik Çekme Direnci .....	84
6.	ÖNERİLER .....	86
7.	KAYNAKLAR .....	88
ÖZGEÇMİŞ		

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

POMZA TOZU VE AKIŞKANLAŞTIRICI KULLANIMININ ÇİMENTOLU  
YONGALEVHARIN BAZI ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Uğur ARAS

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Prof. Dr. Hülya KALAYCIOĞLU  
2013, 100 Sayfa

Bu tez çalışmasında; pomza tozu ve akışkanlaştırıcı kullanımının çimentolu yongalevhaların bazı özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla %0, %10, %20 ve %30 oranlarında pomza tozu ve %0, %4, %8 ve %12 oranlarında akışkanlaştırıcı kullanılmıştır. Numuneler; rutubet miktarı (TS EN 322), yoğunluk (TS EN 323/1), su alma ve kalınlık artımı, (ASTM D1037, TS EN 317), ısı iletkenlik katsayısı (ASTM C 1113-09), eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü ( TS EN 310) ve yüzeye dik çekme direnci (TS EN 319) testlerine tabi tutulmuştur. Pomza tozu kullanımı yoğunluk üzerinde etkili olmamakla birlikte, su alma ve kalınlık artımı değerlerinde belirgin bir iyileşmeye sebep olmuştur. Genel olarak pomza tozu kullanım oranının artması ile levhaların eğilmede elastikiyet modülü ve yüzeye dik çekme dirençlerinde artış gözlenirken eğilme direnci ve ısı yalıtım özellikleri azalma meydana gelmiştir. %4 ve %8 akışkanlaştırıcı kullanımı levhaların, boyutsal kararlılık, eğilme, eğilmede elastikiyet, çekme direnci ve ısı yalıtım özelliklerine olumlu etki yapmıştır. %12 akışkanlaştırıcı kullanımı dayanım özelliklerini düşürmüş, ısı yalıtım özelliklerini arttırmıştır. Pomza tozu ve akışkanlaştırıcı kullanılarak üretilen levhaların genel amaçlar ve yapı malzemeleri için öngörülen şartları taşıdığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çimentolu Yongalevha, Pomza, Akışkanlaştırıcı, Isı iletkenlik Katsayısı, Fiziksel ve Mekanik Özellikler

Master Thesis

SUMMARY

THE EFFECT OF USING PUMICE POWDER AND PLASTICIZER ON THE SOME  
PROPERTIES OF WOOD CEMENT PARTICLEBOARD

Uğur ARAS

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Forest Industry Engineering Graduate Program  
Supervisor: Prof. Dr. Hülya KALAYCIOĞLU  
2013, 100 Pages

In this thesis, the effect of using pumice powder and plasticizer on the some properties of wood cement particleboard was investigated. Therefore, 0%, 10%, 20% and 30% pumice powder and 0‰, 4‰, 8‰, 12‰ plasticizer used, respectively. Samples were subjected to moisture content (TS EN 322), density (TS EN 323/1), water absorption and thickness swelling (ASTM D1037, TS EN 317), thermal conductivity (ASTM C 1113-09), modulus of rupture and modulus of elasticity (TS EN 310) and internal bond strength (TS EN 319) tests. Using pumice powder has an important positive effect on the water absorption and thickness swelling but density didn't change. In general with increasing use of pumice powder, modulus of elasticity and internal bond strength were increased, while modulus of rupture and thermal insulation properties were decreased. Using plasticizer 4‰ and 8‰, have a positive effect on dimensional stability, modulus of rupture, modulus of elasticity, internal bond strength and thermal insulation properties of the boards. Despite the fact that the use of 12‰ plasticizer weaken effect on resistance properties, however increased thermal insulation properties. The study demonstrated that the board made of pumice powder and plasticizer meet requirement for general purpose and building materials.

**Key Words:** Wood Cement Particleboard, Pumice, Plasticizer, Thermal Conductivity, Physical and Mechanical Properties

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Şekil 1.	Türkiye’de 2000-2011 yıllarında endüstriyel odun üretimi..... 2
Şekil 2.	Ahşap esaslı kompozitlerin üretim yöntemine göre dağılımı..... 4
Şekil 3.	Odun çimentolu kompozit örnekleri ..... 6
Şekil 4.	Farklı genişliklerdeki yünlerden hazırlanmış, doğal ve boyanmış odun yünü levhaları (1,5mm ve 2,5mm) ..... 9
Şekil 5.	OYÇL uygulamalarına örnekler ..... 9
Şekil 6.	Elastik ŞYÇL levhaları ..... 10
Şekil 7.	Büyük OYÇ duvar panelleri ve uygulanması..... 12
Şekil 8.	Çimento üretimi..... 17
Şekil 9.	Çimento hidratasyon süreçleri ..... 19
Şekil 10.	Tipik bir hidrasyon eğrisinin şematik yapısı ..... 22
Şekil 11.	Hidrasyon test cihazı..... 23
Şekil 12.	CM faktörünün su/çimento oranına etkisi..... 29
Şekil 13.	Kimyasal katkıların çimento tanecikleri üzerine etkisi ..... 33
Şekil 14.	(a) Çimento su süspansiyonunda topaklanmış çimento tanecikleri (b) Akışkanlaştırıcı ilavesinden sonra çimento tanecikleri ..... 34
Şekil 15.	Boyutlandırılmış pomza örnekleri ..... 35
Şekil 16.	Çimentolu yongalevha üretimi ..... 38
Şekil 17.	Çeşitli yonga boyutuna sahip odun kompozitlerinin teknolojik özelliklerinin karşılaştırılması ..... 39
Şekil 18.	Değişik tane büyüklüğünde alüminyum sülfat örnekleri ..... 43
Şekil 19.	Sıvı sodyum silikat çözeltisi ..... 45
Şekil 20.	Akışkanlaştırıcı kimyasal ..... 46
Şekil 21.	Pomza tozu ..... 47
Şekil 22.	Su alma deney düzeneği ..... 53
Şekil 23.	Isıl iletkenlik katsayısı testinin yapıldığı test cihazı ..... 55
Şekil 24.	Eğilme direnci ve elastikiyet modülü deney düzeneği ..... 56
Şekil 25.	Yüzeye dik çekme düzeneği ve deney örneği ..... 57
Şekil 26.	Deneme levhalarının rutubet değerleri ..... 70
Şekil 27.	Pomza tozu ve akışkanlaştırıcı kullanım oranının 2 saat suda bekletme sonunda su alma değerlerine etkisi ..... 71

Şekil 28.	Pomza tozu ve akışkanlaştırıcı kullanım oranının 24 saat suda bekletme sonunda su alma değerlerine etkisi .....	72
Şekil 29.	Pomza tozu ve akışkanlaştırıcı kullanım oranının 2 saat suda bekletme sonunda kalınlık artım değerlerine etkisi .....	73
Şekil 30.	Pomza tozu ve akışkanlaştırıcı kullanım oranının 24 saat suda bekletme sonunda kalınlık artım değerlerine etkisi .....	74
Şekil 31.	Pomza tozu ve akışkanlaştırıcı kullanım oranının ısı iletkenlik katsayısı değerlerine etkisi .....	75
Şekil 32.	Pomza tozu ve akışkanlaştırıcı kullanım oranının eğime direnci değerlerine etkisi .....	77
Şekil 33.	Pomza tozu ve akışkanlaştırıcı kullanım oranının eğilmede elastikiyet modülü değerlerine etkisi.....	78
Şekil 34.	Pomza tozu ve akışkanlaştırıcı kullanım oranının yüzeye dik çekme direncine etkisi.....	80

## TABLolar DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Tablo 1. Türkiye'nin ibreli ve yapraklı orman varlığı .....	2
Tablo 2. Çimentolu odun kompozit çeşitleri .....	8
Tablo 3. Portland çimentosu ana bileşenleri .....	18
Tablo 4. Portland çimentosu tiplerinin genel özellikleri .....	18
Tablo 5. Çimentolu odun kompozitlerinin inhibitör indeksine göre sınıflandırılması ..	20
Tablo 6. Bazı ağaç türlerinin inhibitör indeksleri .....	21
Tablo 7. Türkiye pomza rezerv dağılımı .....	36
Tablo 8. Çimentolu levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri.....	40
Tablo 9. Odun ve çimentonun olumlu özellikleri.....	40
Tablo 10. Doğu Ladini odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri.....	42
Tablo 11. Doğu Ladini yongalarının kimyasal bileşimi .....	42
Tablo 12. Levha üretiminde kullanılan çimentonun bazı özellikleri .....	43
Tablo 13. Levha üretiminde kullanılan Alüminyum sülfatın fiziksel ve kimyasal analizi.....	44
Tablo 14. Sodyum silikat'ın fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	45
Tablo 15. Kullanılan akışkanlaştırıcının teknik özellikleri .....	46
Tablo 16. Pomza tozunun kimyasal analizi.....	47
Tablo 17. Çimentolu yongalevha üretimi için uygulanan deney koşulları.....	49
Tablo 18. Levhaların üretiminde kullanılan hammaddeler ve miktarları .....	51
Tablo 19. Levhaların ortalama rutubet değerleri .....	58
Tablo 20. Levhaların ortalama özgül ağırlık değerleri.....	59
Tablo 21. Pomza tozu ve akışkanlaştırıcı kullanımının özgül ağırlıklara etkilerine ait varyans analizi sonuçları .....	59
Tablo 22. Levhaların ortalama su alma oranları .....	60
Tablo 23. Pomza miktarı, akışkanlaştırıcı kullanımı ve sürenin su almalarına etkilerine ait varyans analizi sonuçları.....	61
Tablo 24. Pomza tozu miktarının su almalarına etkisine ait Duncan test sonuçları .....	61
Tablo 25. Akışkanlaştırıcı kullanımının su almalarına etkisine ait Duncan test sonuçları .....	61
Tablo 26. Levhaların ortalama kalınlık artışı oranları .....	62

Tablo 27.	Pomza miktarı, akışkanlaştırıcı kullanımı ve sürenin kalınlık artımlarına etkilerine ait varyans analizi sonuçları .....	62
Tablo 28.	Pomza tozu miktarının kalınlık artımına etkisine ait Duncan test sonuçları...	63
Tablo 29.	Akışkanlaştırıcı kullanımının kalınlık artımına etkisine ait Duncan test sonuçları .....	63
Tablo 30.	Levhaların ısı iletkenlik katsayısı değerleri .....	63
Tablo 31.	Pomza miktarı ve akışkanlaştırıcı kullanımının ısı iletkenlik katsayısı değerlerine etkilerine ait varyans analizi sonuçları.....	64
Tablo 32.	Pomza tozu miktarının ısı iletkenlik katsayısına etkisine ait Duncan test sonuçları .....	64
Tablo 33.	Akışkanlaştırıcı kullanımının ısı iletkenlik katsayısına etkisine ait Duncan test sonuçları .....	64
Tablo 34.	Deneme levhalarının ortalama eğilme direnci değerleri .....	65
Tablo 35.	Pomza miktarı ve akışkanlaştırıcı kullanımının eğilme direnci değerlerine etkilerine ait varyans analizi sonuçları .....	65
Tablo 36.	Pomza tozu miktarının eğilme direnci değerlerine etkisine ait Duncan test sonuçları .....	66
Tablo 37.	Akışkanlaştırıcı miktarının eğilme direnci değerine etkisine ait Duncan test sonuçları .....	66
Tablo 38.	Levhaların ortalama elastikiyet modülü değerleri .....	67
Tablo 39.	Pomza miktarı ve akışkanlaştırıcı kullanımının eğilmede elastikiyet modülü değerlerine etkilerine ait varyans analizi sonuçları .....	67
Tablo 40.	Pomza tozu miktarının eğilmede elastikiyet modülü değerlerine etkisine ait Duncan test sonuçları .....	68
Tablo 41.	Akışkanlaştırıcı kullanımının eğilmede elastikiyet modülü değerlerine etkisine ait Duncan test sonuçları.....	68
Tablo 42.	Levhaların ortalama yüzeye dik çekme direnci değerleri .....	68
Tablo 43.	Pomza miktarı ve akışkanlaştırıcı kullanımının yüzeye dik çekme direnci değerlerine etkilerine ait varyans analizi sonuçları.....	69
Tablo 44.	Pomza tozu miktarının yüzeye dik çekme direnci değerlerine etkisine ait Duncan test sonuçları.....	69
Tablo 45.	Akışkanlaştırıcı kullanımının yüzeye dik çekme direnci değerlerine etkisine ait Duncan test sonuçları.....	69

## SEMBOLLER DİZİNİ

AK0	: %0 akışkanlaştırıcı miktarı
AK4	: %4 akışkanlaştırıcı miktarı
AK8	: %8 akışkanlaştırıcı miktarı
AK12	: %12 akışkanlaştırıcı miktarı
CCA	: Bakır krom arsenik
ÇL	: Çimentolu yongalevha
ÇLL	: Çimentolu Liflevha
d	: Yoğunluk
ED	: Eğilme direnci
EEM	: Eğilmede elastikiyet modülü
GDÇL	: Geri dönüşümlü çimentolu yongalevhalar
KA	: Kalınlık artışı değeri
MDF	: Orta yoğunluklu liflevha
OSB	: Yönlendirilmiş yongalevha
OYÇL	: Odun yünlü çimentolu yongalevha
OYDE	: odun yünlü çimentolu yongalevha
PMZ0	: %0 pomza tozu miktarı
PMZ10	: %10 pomza tozu miktarı
PMZ20	: %20 pomza tozu miktarı
PMZ30	: %30 pomza tozu miktarı
S	: Standart sapma
ŞYÇL	: Şerit yongalı çimentolu yongalevha
V	: Varyasyon katsayısı
X	: Aritmetik ortalama
W/m <sup>0</sup> K	: Watt/metre-kelvin



## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

İnşaat sektörü son yıllarda dünyanın birçok ülkesini etkilemiş olan ekonomik kriz sebebiyle daralmaya girmiş, ancak gelişmekte olan ülkelerdeki ihtiyaçlar doğrultusunda bu ülkelerde büyümeyi devam etmiştir. İnşaat sektörü 2005-2010 yılları arasında gelişmiş ülkelerde yılda ortalama %3,4 daralırken, gelişmekte olan ülkelerde %8,7 oranında büyüme yaşamıştır. Sektörün durumu bulunduğu ülke ve bölgenin sosyo-ekonomik şartları çerçevesinde şekillenen farklı etmenlere bağlı olarak değişmektedir. Değişmeyen kısım ise inşaat sektörünün ülke ekonomilerinin toplamı içerisindeki yeridir. 7,5 trilyon dolarla inşaat sektörü, bugün dünya üretiminin %13,4'ünü oluşturmaktadır ( TYS raporu, 2011).

Türkiye inşaat sektöründe 2002 yılından itibaren görülen büyüme eğilimi 2008-2009 yıllarında yaşanan krizle düşüş göstermiştir. 2010 yılında yaşanan daraldıktan sonra tekrar büyüyen sektör, 2011'in ilk 3 çeyreğinde %12,7 büyüyerek 43,1 milyar TL'lik rakamlara ulaşmıştır. 2011 yılının ilk 9 ayında İnşaat sektörünün GSYH'ya katkısı %5,7 oranında olmuştur. Ülkemizde ilgili raporlar incelendiğinde, sektörün önümüzdeki yıllarda da büyümeye devam ederek önemli bir pazar haline geleceği görülmektedir (TUSİAD raporu, 2012).

Yapılan periyodik doküman ve değerlendirmeler, gelişmiş ülkeler başta olmak üzere bazı bölge ve ülkelerde ormansızlaşmanın stabilize edildiğini, hatta orman alanlarının bir miktar artmakta olduğunu (Avrupa'da yıllık ortalama 881bin ha), buna karşılık gelişmekte olan ülkelerin ağırlıkta olduğu çoğu bölge ve ülkelerde ormansızlaşmanın halen devam ettiğini göstermektedir (OÜSR, 2012).

Dünya ortalaması dikkate alındığında nüfustaki hızlı artışla birlikte orman ürünlerine olan talebin karşılanması ve çeşitli faktörler nedeniyle meydana gelen bilinçsiz kullanım sonucunda orman varlığı giderek azalmaktadır.

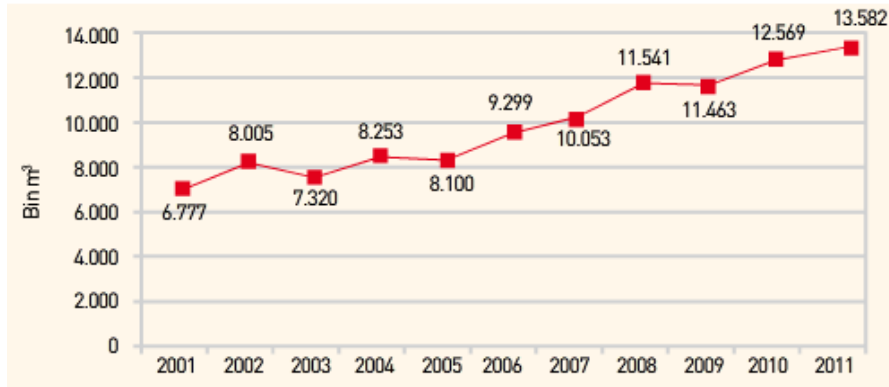
Orman envanter değerlendirme sonuçlarına göre Genel Orman sahamızın büyüklüğü; 1963-1972 yılında 20.2ha (Ülke genelinin %26,1'i), 1997 yılında 20.7ha (%26,6'sı), 2004 yılında 21.2ha (%27,2'si) tespit edilmiş bulunmaktadır. Bu envanter sonuçlarına göre ormanlık alanımızda son 30 yılda yaklaşık 990.000 hektarlık artış olduğu tespit edilmiştir (URL1, 2013).

Tablo 1. Türkiye'nin ibrelili ve yapraklı orman varlığı (OGM, 2013).

Orman Formu	Normal		İbreliler		Yapraklılar	
	2008	2010	2008	2010	2008	2010
Toplam	1.368.568	1.428.504	914.297	960.419	454.271	468.085
Normal	1.283.225	1.347.453	862.419	910.971	420,806	436.482
Bozuk	85.343	81.051	51.878	49.447	33,465	31.603

Türkiye'de kişi başına düşen ormanlık alan miktarı 0.33ha'dır. Dünya ortalaması ise 1.2ha olup, ortalama değerler olarak kişi başına düşen orman miktarı ABD'de 1.3ha, Avustralya'da 2ha, Kanada'da ise 18.7ha'dır. Bu rakamlar dikkate alındığında ülkemizin kişi başına düşen orman alanı yönünden hayli fakir olduğu görülmektedir (URL-2, 2013).

Ülkemiz ormanlarındaki cari artıma bağlı olarak 2001-2011 yılları arasında endüstriyel odun üretiminde %14 oranında artış olmuştur (OGM, 2013).



Şekil 1. Türkiye'de 2000-2011 yıllarında endüstriyel odun üretimi

Son yıllarda Türkiye dünyanın 4. büyük levha üreticisi durumuna gelmiştir. 2005 yılında levha üretimi 1.742.000m<sup>3</sup> iken, bu rakam 2009 yılında 2.950.000m<sup>3</sup>'e, 2012'de ise 10.335.000m<sup>3</sup>'e ulaşmıştır (Sakarya ve Canlı, 2011; KEAS bülteni, 2012). Odun varlığına bağlı üretimlerin bu derece büyümesi hammadde odunun bu büyümeyi karşılayabilmesinin yeterli olmayışı, üretim yöntemlerinde yeni arayışlara neden olmuş ve kompozitlerde çeşitlenme meydana gelmiştir.

Diğer taraftan yapı sektöründe; odun kompozitlerinin kullanımı büyük bir artış göstererek masif odun kullanım oranına ulaşmış ve hatta geçmiş durumdadır.

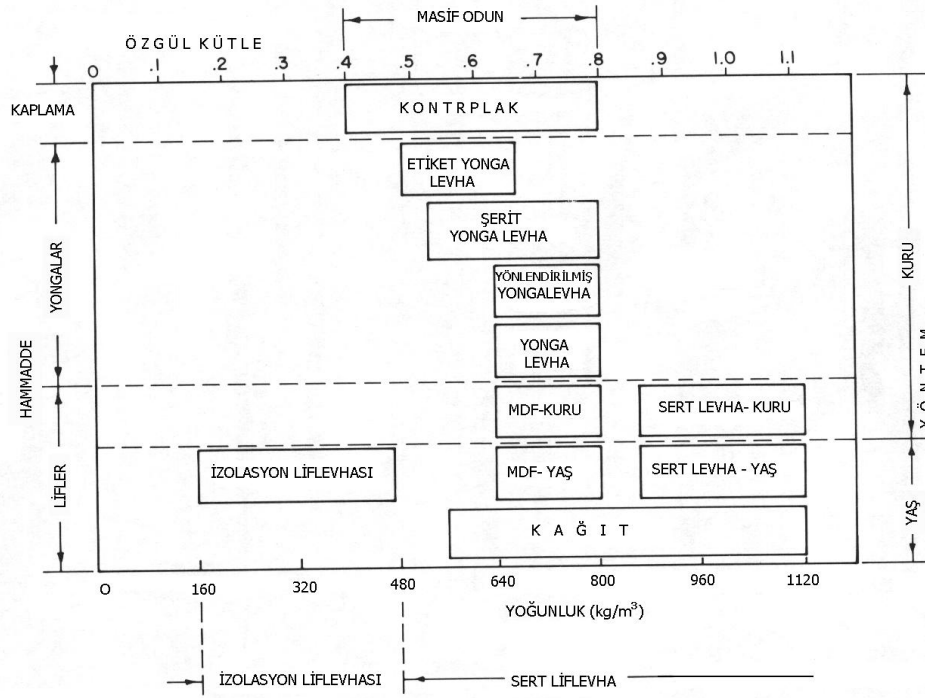
Endüstride kompozit terimi; iki veya daha fazla materyalin, yapıştırıcı ve bağlayıcılar ile bir araya getirilmesi sonucu oluşturulan yeni malzemeleri ifade etmek için kullanılmaktadır (Maloney, 1996). Kompozit malzeme sadece levha ürünlerinin değil aynı zamanda kalıplarla şekillendirilmiş, odun veya diğer malzemelerin kombinasyonu ile oluşturulan ürünleri de ifade etmektedir (ROU, 2007).

Kompozit malzemelerinin iç ve dış mekânlarda çok geniş bir kullanım yelpazesi vardır. Bu ürünlerin özellikleri; hammadde odunun fiziksel yapısındaki değişiklikler, levha yoğunluğu, kullanılan tutkalın cins ve miktarı, su ve yangına karşı dayanımı artırmak, ayrıca çeşitli çevresel etkilere karşı yapısını güçlendirmek amacıyla kullanılan maddelerle geliştirilebilmektedir (Maloney, 1996). Günümüzde özellikle odun plastik ve çimentolu odun kompozitleri ve bitkisel esaslı kompozitler gibi malzemelerin geliştirilmesinde önemli adımlar atılmıştır.

Kompozit ahşap ürünleri olarak sınıflandırılan malzemeler geniş kapsamlı fiziksel ve mekanik özelliklere sahiptir. Daha genel anlamda odun kompozitleri odun yonga ve lifleri, kaplamalar ve yüzey kaplama kâğıtları kullanarak oluşturulabilmektedir. Üretim süreci boyunca bu malzemelere çeşitli reçine, tutkal, su itici, yağlayıcı ve koruyucu maddeler eklenmektedir.

Ahşap kompozitleri kullanım yerine uygun olan özellikleri kazandırmak amacıyla çeşitli yöntemler ve karışımlar kullanılarak üretilmektedir. Kullanılan; vida, çivi, cıvata, yüzey kaplama işlemleri ve boyama gibi bileşenler kompozit malzemenin özelliklerinde belirleyici olmaktadır (Eaton ve Hale, 1993).

Literatürde ahşap kompozit malzemeleri ile ilgili değişik sınıflandırmalar mevcuttur. Genel olarak ahşap kompozitler, üretiminde kullanılan hammadde, üretim tipi yonga boyut ve levha yoğunluğuna göre Şekil 2'deki gibi sınıflandırılmaktadır (Suchsland ve Woodson 1986).



Şekil 2. Ahşap esaslı kompozitlerin üretim yöntemine göre dağılımı

Geleneksel olarak, ahşap uzun yıllar yapı malzemesi olarak kullanılmış, betonarmenin bulunması ile birlikte uygulama alanları azalmış (Karade, 2010), son yıllarda düşük maliyetli inşaat malzemeleri üretmek için kullanılan oduna ilgi artmıştır (Soroushian v.d.,1994; Franek v.d., 2011).

Odunsu malzemelerden üretilen kompozit malzemelerden birisi de çimentolu odun kompozitleridir. Odun-çimento kompozitleri 60 yıldan fazla süredir inşaat malzemeleri üretiminde kullanılmakta ve yapı uygulamalarında büyük bir potansiyel oluşturmaktadırlar. Odun çimento kompozitlerinin geliştirilmesi ise yapı malzemeleri içerisindeki cazibesini artırmaktadır (Okino v.d., 2004).

Çimentolu odun kompozitlerinin kullanımı üretim yöntemlerinin gelişmesi ve ekonomik faktörlere bağlı olarak son 10 yılda hızla artış göstermiştir. Asbest-çimentolu ürünler yerine üretimde bio-yenilenebilir malzemelerin daha çok kullanılması ile ürün pazarında orman ürünleri ve tarımsal atıklar için yeni katma değerler sağlanabilecektir.

Çimentoya ilave olarak lignoselülozik malzemelerin kullanılmasının avantajları; düşük yoğunluk ve maliyet, doğaya daha az zarar, yüksek teknolojik özellikler, biodegradasyon imkânı, odun lif ve yongalarının kullanım alanlarının çeşitliliği ve yeni bir tarım ekonomisi oluşturmasıdır (Karade, 2010; Tabarsa v.d., 2011).

Çimentolu odun kompozitlerinin diğer odun kompozitlerine göre birçok avantajı vardır. Bunlara örnek olarak yalıtım ve yangın performansı özellikleri de dahil olmak üzere; su alma direnci, mantar ve böceklerle karşı dayanım, yüksek mekanik direnç özellikleri gösterilebilir ( Fan v.d., 2006; Plekhanova v.d., 2007).

Betonarme ile karşılaştırıldığında odun çimento kompozitleri; maliyetlerin düşürmesi, odun atıklarının geri dönüştürülebilmesi ve mekanik özelliklerini koruyarak geleneksel beton panellerinin ısı performansının artırılması, bina tabanına olan yükün azıtılması ve uygulanma kolaylığı gibi avantajlar sağlayabilir (Kruger v.d., 2009). Çatı elemanı olarak geniş kullanım alanı bulmasının yanında, prefabrik yapılar, mobil evler, kalıplar, kaplamalar, ses bariyerleri ve kaldırımların yapımında kullanılan odun çimento kompozitleri; (1) kullanılan ahşap malzemenin genellikle testere talaşı ve atıklar gibi düşük maliyetli kaynaklardan sağlanması, (2) düşük maliyet ve basit bir teknoloji gereksinimi, (3) tuğla ve çelik sistemleri ile karşılaştırıldığında daha kolay işlenme özellikleri ve hafif olmasından dolayı daha kolay taşınabilmesi, (4) tutkal içerikli kompozitlerde meydana gelen serbest uçucu organik bileşik salınımının azaltılması gibi avantajları ile gelişmekte olan ülkelerde özellikle düşük maliyetli konut inşaat sistemlerinde ısı yalıtım paneli olarak tercih edilmektedir (Fan v.d., 2012).

Pomza, dünyada uzun yıllardır ülkemizde ise son 20 yıldır kullanılabilinen ve değeri yeni anlaşılan volkanik kökenli bir kayadır. Dilimizde; sünger taşı, köpük taşı, nasır taşı, hışır taşı, küvek, kisir gibi pek çok isimle anılmaktadır. Pomza, boşluklu, süngerimsi, volkanik olaylar neticesinde oluşmuş, fiziksel ve kimyasal etkenlere karşı dayanıklı, gözenekli camsı bir kayadır. Kendisine özgü bazı özellikleri ile benzer volkanik camsı kayalardan (perlit, obsidyen, peks-tayn) ayrılır. Özellikle rengi, gözenekliliği ve kristal suyunun olmaması bu ayrılığın belirleyicisidir ( DPT raporu, 2001).

Beton üreticileri, gün geçtikçe betondan daha fazla çok yönlülük ve daha yüksek bir performans istemektedir (Schaefer, 1995). Bu performans ve çok yönlülüğü sağlayan akışkanlaştırıcılar beton üreticileri için vazgeçilmez hale gelmiştir. Çimento kullanım alanlarında akışkanlaştırıcılar; ürüne daha yüksek dayanım kazandırabilmek, işlenebilme kalitesinin bozulmasına izin vermeden su-çimento oranının azaltılması imkânı sağlamak ve hidrasyon ısını düşürmek gibi amaçlarla kullanılabilirler (Uyan ve Özkul, 1985; Akman, 1987). Literatürde akışkanlaştırıcı kimyasal ve pomza taşının çimento katkısı olarak kullanımı bilinmekte olup, ancak çimentolu yongalevha üretiminde akışkanlaştırıcı kullanımı ile ilgili bir bilgiye rastlanmamıştır.

Bu çalışmada, kullanılan akışkanlaştırıcı kimyasal ve pomza tozunun çimentolu yongalevha üretimine uygunluğu ve bu bileşenlerin levhaların fiziksel ve mekanik özellikler üzerine etkileri araştırılmıştır. Odun hammaddesi olarak sanayi atıklarının değerlendirilmesi ve fabrikalarda yakma amacı ile kullanılan ve geri dönüşümü olmayan atıkların tekrar üretime kazandırılması amacıyla Doğu ladini (*picea orientalis L.*) planya atıkları kullanılmıştır.

## 1.2. Çimentolu Odun Kompozitleri

Çimentolu odun kompozitleri; ağaç yonga veya tarımsal bitkilerin, çimento, su ve çeşitli kimyasal maddeler ile uygun oranlarda bir araya getirilmesiyle oluşturulan yüksek özgül ağırlık ve düzgün yüzeyli, malzemeye verilen isimdir. Çimentolu odun kompozitleri ahşabın; hafiflik, elastikiyet ve işlenebilirlik özelliklerini, çimentonun; su, rutubet, yanma ve çürümeye karşı direnç değerlerini bünyesinde toplayarak üstün yapısal özelliklere sahiptir (Kalaycıoğlu, 2012).



Şekil 3. Odun çimentolu kompozit örnekleri

## 1.3. Çimentolu Odun Kompozitlerinin Tarihsel Gelişimi

Çimentolu odun kompozit levhalar Avusturya'da 1930'larda ilk defa Heraklith adı altında üretilmiş ve ambalaj talaşı şeklindeki materyalden yararlanılmıştır. Bağlayıcı olarak magnezit çimentosu kullanılmış, daha sonra ise magnezit yerine portland çimentosu almıştır. Üretimdeki önemli gelişmeler son 40 yıl içerisinde gerçekleşmiştir.

Çimentolu kompozitlerde kullanılan asbest ile ilgili sorunlarının gündeme gelmesiyle yeni dolgu maddesi arayışları yoğunlaşmıştır. 20 yy'ın son çeyreğinde asbest kullanımı kanserojen etkileri sebebiyle yasaklanmıştır ve asbest liflerine alternatif olarak odun lif ve atıkları kullanılmaya başlanılmıştır (Moslemi, 1999). Ayrıca kaynakların yetersiz oluşu geri dönüşümlü ahşap malzemenin kullanımını gerekli kılmıştır (Wei v.d., 2003).

1966'dan sonra levhalarda uzun talaşlar yerine normal yonga kullanımına geçilerek yüksek özgül ağırlıklı çimentolu levhalar ( $1000-1300\text{kg/m}^3$ ) üretilmiştir. Bu tür levhaların üretiminde yaygın olarak portland çimentosundan yararlanılmıştır. 1969-1970 arasında Durisol A.G. firması Duripanel adı altında kompozit üretimi için pilot tesis kurmuş, 1970 başlarında Bison-Werke ve Durisol A.G. firmaları çimentolu yongalevha üretimine başlamıştır. Endüstriyel anlamda levha üretimi ise; 1974'de İsviçre'de Dietekund tarafından gerçekleştirilmiş ve ürünleri "Duripanel" adı altında satılmıştır. 1976'da Vietnam'da sert ağaç keresteleri kullanılarak çimentolu yongalevha üretilmiştir. Bunu takiben 1977-1978 yıllarında Almanya'da  $50\text{m}^3/\text{gün}$ , Macaristan' da  $160\text{m}^3/\text{gün}$  kapasiteli tesisler kurmuştur (Wolfe, 1997).

1990'da Almanya Magdeburg'da kurulan Eltomotion tarafından geliştirilen mekanik serme makinesi düşük kalınlıklarda üretim imkânı yaratmıştır. Filipinler'de Dr. Pablo yüksek yoğunluklu odun yünlü çimentolu yongalevhalar geliştirmiştir ( $900\text{kg/m}^3$ ). Hollanda'da Knouf Isol ilk defa 16 bıçaklı diskli odun yünü yongalama makinesini geliştirmiştir.

2000'de Eltomotion sonsuz serme yöntemiyle üretim geliştirmiş ve özgül ağırlığı  $1100\text{kg/m}^3$ , eğilme direnci  $20\text{N/mm}^2$  olan çimentolu levhalar üretilmiştir.

Türkiye'de ilk tesis 1987'de Arhavi'de faaliyete başlamıştır ve bugün Ankara'da Betopan ismi ile üretim devam ettirilmektedir. İstanbul'da faaliyet gösteren Acarla Heraklit ve çimentolu lif levha üretimi yapan Hekim yapı ülkemizde çimentolu odun kompoziti üretimi yapan işletmelerdir.

Odun yünlü çimentolu yongalevhalara ek olarak büyük boyutlu duvar elemanları ve geri dönüşümlü malzemedan üretilen levhalarda dâhil olmak üzere çimentolu odun kompozitleri geniş bir ürün yelpazesine ulaşmıştır. Tablo 2'de pazarda bulunan çimentolu odun kompozitleri ve bunlara ait özgül ağırlık değerleri verilmiştir.

Tablo 2. Çimentolu odun kompozit çeşitleri

Levha Türü	Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )
Odun yünlü çimentolu yongalevhalar (OYÇL) Normal OYÇL Akustik OYÇL Kompozit OYÇL Yüksek yoğunluklu OYÇL	350-500
Şerit yongalı çimentolu yongalevhalar (ŞYÇL)	1100
Çimentolu yongalevhalar (ÇL)	1250-1400
Çimentolu liflevhalar (ÇLL)	1100-1700
Büyük odun yünlü çimentolu duvar elemanları ( OYDE)	300

Son yıllarda yapısal kullanım için çeşitli odun çimento kompozitleri geliştirilmiştir. Bunlara örnek olarak çimentolu şerit yongalı levhalar (ŞYÇL) (Ntalos ve Papadopulos, 2006), çimentolu kompozit döşemeler (Miyatake v.d., 2000), veya çimentolu kompozit kirişler (Datye ve Gore 1998) verilebilir.

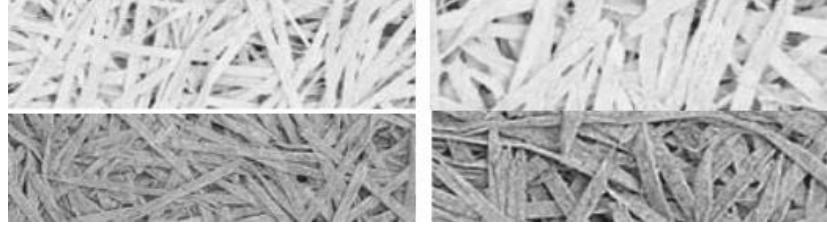
#### 1.4. Çimentolu Yongalevhalar

##### 1.4.1. Odun Yünlü Çimentolu Yongalevhalar (OYÇL)

OYÇL'ler odun yünü, portland çimentosu ve az miktarlarda kimyasal katkı maddelerinden oluşmaktadır. Odun yünü güçlendirici, çimento bağlayıcı ve katkı maddeleri ise katalizör görevi yapmaktadır. Çimentolu odun yünü levhalar ilk olarak asbestli çimentoların yerine özellikle son 25 yıl içerisinde çok geliştirilmiştir. Odun yünü-çimento oranı ağırlık olarak 0.4 ile 0.6 arasında yoğunlukları ise 300-500kg/m<sup>3</sup> olacak şekilde değişmektedir. Bu levhalar yanmaz ısı yalıtımlı tavanlarda, ses izolasyonu ve duvar uygulamalarında kullanılmaktadır (Wolfe ve Gjinolli, 1996).

Akustik paneller için üretilen OYÇL'lerde odun yünleri genellikle 3-5mm genişliğinde, görünümün önemli olduğu üretimlerde ise 0,75-2mm genişliğinde üretilmektedirler. Ayrıca daha doğal bir görüntü elde etmek ve değişik renklerde boyanabilme kolaylığı sağlamak için gri çimento yerine beyaz çimento kullanılmaktadır.





Şekil 4. Farklı genişliklerdeki yünlerden hazırlanmış, doğal ve boyanmış odun yünü levhaları (1,5mm ve 2,5mm) (Träullit AB, 2007).

OYÇL'ler aynı zamanda ahşap çıtalarla birlikte, zemin kaplaması ve küçük evler için duvar elemanı olarak da kullanılırlar. Ayrıca genel kullanım alanları; geniş çatı kaplamaları (6mm için), yapıların her türlü duvarları, beton yapıların perde kalıpları ve düşük maliyetli konutlardır (Eltomotion, 2006).



Şekil 5. OYÇL uygulamalarına örnekler ( URL-3, 2013).

### 1.4.2. Şerit Yongalı Çimentolu Yongalevhalar (ŞYÇL)

Günümüzde, inşaatçılar ve mimarlar daha üstün elastikiyet özelliklere sahip, düşük ağırlıklı odun çimento kompozitleri ile ilgilenmeye başlamışlardır. Bu araştırmalar doğrultusunda yüksek yapısal dirençli, orta yoğunluklu, elastik yapılı, yangın, termit, çürüme ve ısı değişimlerine karşı dirençli olan ŞYÇL geliştirilmiştir. Çimentolu yongalevhalarla göre su alma ve kalınlık artımı miktarının daha az olması ise avantajını oluşturmaktadır (Aro, 2008).

Şerit yongalı çimentolu levhalar, Eltamotion firması tarafından geliştirilmiş olup, piyasadaki en yeni ürünü oluşturmaktadır. Diğer çimentolu odun kompozitleriyle paralel bir üretim teknolojisi mevcuttur. Odun çimento kompozitlerinin özgül ağırlıkları ( $1100 \text{ kg/m}^3$ ), standart çimentolu yongalevhalarından ( $1250-1400 \text{ kg/m}^3$ ) daha düşüktür. Bunun yanında eğilme dirençleri ve vida tutma kabiliyetleri daha yüksektir. Levhalar OYÇL' lere benzemekle birlikte daha yüksek özgül ağırlığa sahiptirler (Elten, 2006a).

Bu tip levhalar Asya ve Avrupa'da genellikle bina tadilatlarında, endüstriyel, ticari ve tarımsal yapılarda kullanılmaktadır. Standart aletlerle çivileme, vidalama ve zımbalama işlemi uygulanabilir. Harç, sıva ve boya işlemleri için uygundur. ŞYÇL' lerin genel kullanım alanları; döşeme ve döşeme altlarında, dış cephelerde, beton yapıların perde kalıplarında, prefabrik evlerde, ses bariyer duvarlarında, orta ve düşük maliyetli konut yapımlarında, çatı uygulamalarında kullanılır.



Şekil 6. Elastik ŞYÇL levhaları (Aro, 2008).

### 1.4.3. Çimentolu Yongalevhalar (ÇYL)

Çimentolu yongalevhalar tıpkı normal yongalevha üretiminde normal boyutlardaki yongalardan genellikle üç tabakalı olarak olduğu gibi üretilirler. Üretim hattında her tabakanın serilmesi için farklı serme başlıkları kullanılmaktadır. Kullanılan hammadde karışımı ve özgül ağırlık levhanın özelliklerini belirler. İç ve dış yapı uygulamalarında kullanılmaktadır. Yüksek sertlik ve mukavemet değerlerine sahip olanları dış cephelerde ve suyla temas halindeki uygulamalarda tercih edilir. Ayrıca yangına karşı dayanıklı olup, rüzgar perdesi olarak kullanılabilir (Bejó v.d., 2005). Genel olarak; prefabrik evler, her türlü yapı kaplamaları, kalıcı kalıplar, ses yalıtımlı bölümler, döşemeler, ıslak mekânlarda duvar altı uygulamalarında kullanılırlar (Elten, 2006b).

### 1.4.4. Çimentolu Liflevhalar (ÇLL)

Çimentolu Liflevhalar odun lifleri, çimento ve kimyasal katkılardan oluşmaktadır. Hafif olması sebebiyle taşınması kolaydır. Yanmaya ve erimeye karşı dirençlidirler. Ultraviyole ışınlarından etkilenmezler ve işlenebilme özellikleri yüksektir. İyi bir ısı ve ses izolasyonuna sahiptirler. Eğilme, basınç, çekme dayanımları ve boyutsal kararlılıkları, boyanabilme ve sıva tutma özellikleri yüksektir. Her türlü iç ve dış cephe uygulamalarında, tavan kaplamaları ve döşemelerinde, çatı örtüsü alt kaplamasında, ıslak zeminlerde seramik altı kaplaması olarak, giydirme cephelerin altında kullanılabilirler (Swamy, 2000).

### 1.4.5. Büyük OYÇ Duvar Panelleri

Odun yünü çimentolu yongalevhalarından üretilen büyük boyutlu yapı elemanlarıdır. Bu tür duvarlar tek veya çok tabaklı homojen bir şekilde hazırlanmış panellerden tam duvar ölçülerinde üretilmekte olup çeşitli avantajlar sağlamaktadır. Bağlayıcı elemanlar kullanılmadığı için herhangi bir ısı değişiminde yapısal bozulma olmadan bütünlüğünü koruyabilir. Montaj işlemi daha kısa sürede, verimli ve ekonomik bir şekilde yapılabilmektedir.

OYÇ duvar panelleri yüksek ses ve ısı yalıtım özellikleri ile, pazarda artan talebi karşılamak ve dış cephe elemanı olarak kullanılmak için geliştirilmiştir. Düşük ağırlıklı

olması ve basit yapısı sayesinde küçük bir vinç ile günlük ortalama 3 ev için yükleme yapma olanağı sunmaktadır. Bu özelliklerinin yanı sıra; OYÇ duvar panelleri termitler, küf ve mantarlara karşı dayanıklı ve yüksek yangın dayanımı ile düşük TVOC (toplam uçucu organik bileşikler) salınım özelliklerine sahiptir. Dış cephe yalıtım malzemesi olarak kullanıldıklarında standart bir evde %11 enerji tasarrufu sağlamaktadırlar.

Duvar panelleri OYÇL' lara göre farklı kalınlıklarda üretilmektedirler. Örneğin Träullit OYÇ duvar panelleri; 6m genişlik, 2,6m yükseklik ve 40cm kalınlığında standart ölçülere göre üretilmektedir. Bu amaçla özel döküm kalıpları kullanılmaktadır.



Şekil 7. Büyük OYÇ duvar panelleri ve uygulanması (Rückert, 2008).

## 1.5. Çimentolu Yongalevha Üretiminde Kullanılan Hammadeler

### 1.5.1. Ağaç Malzeme

Çimentolu yongalevha üretiminde yakacak odunlar dâhil, kapak tahta ve çıtaları tahta ve tomrukların uç kısımlarından elde edilen atıklar, testere talaşları, kaplama levha üretim atıkları, lif ve yonga odunları, kereste fabrikası atıkları gibi odun hammaddesinin tümü değerlendirilebilir. Ayrıca, aralama ve bakım kesimleri budama ile elde edilen ince odunlar, dal ve tepe uçları ile endüstriyel atıklar da kullanılabilir (Kalaycıoğlu, 1991).

Odunun çimento kompozitlerinde kullanımı için farklı ağaç türlerinin uygunluğunu değerlendirirken ilk adım, odun türünün portland çimentosunun mekanik özelliklerini geliştirip geliştirmediğini test etmektir (Semple v.d., 2002). Çalışmalarda, coğrafi bölge, ağaç türleri, kesim zamanları, depolama koşulları ve hammaddenin ağaçtan alındığı yer gibi faktörlerin çimentoya etki edebileceği belirlenmiştir (Miller ve Moslemi, 1991).

Hachmi ve Moslemi (1989) çalışmalarında, ahşap çimento uyumluluğunun genellikle odunun ekstraktif madde içeriği arttıkça azaldığını belirlemiştir. Ekstraktif maddeler genellikle; terpenler, yağ asitleri, taninler, karbonhidratlar ve inorganik maddelerdir (Ashori v.d., 2011a). Çalışmalarda; suda çözülen ekstraktif maddelerin odun çimento kompozitlerinin mukavemet değerlerini azalttığı belirlenmiştir. Özellikle hemiselüloz, nişasta, şeker, tanen, bazı fenoller ve hatta ligninin etkili olduğu belirlenmiştir. Ekstraktif maddeler odun-çimento kompozitlerini üretim sırasında çimento özelliklerini ve depolama sırasında levha özelliklerini farklı şekilde etkilemektedir. Bu durumun lignin ve hemiselülozların orta lameldeki alkali çözelti ile reaksiyona girmesi sebebiyle (lif hücreleri arasındaki bağlantının zayıflaması) veya hücre çeperinin çimentonun hidratasyonunu yavaşlatmasından dolayı lif matrisinin sertleşmemesinden kaynaklanmaktadır (Aggarwal v.d., 2006).

Odun ile çimento arasındaki ana inhibitör çözünür haldeki şeker bileşikleridir. Çalışmalarda odun şekerlerinin aktif yüzeyli hidrofilik bir maddeler olduğu tespit edilmiştir. Karışıma su ile birlikte çimento eklendiğinde, şekerler çimento tanelerinin yüzeylerinde ince bir adsorpsiyon tabakası oluşturmaktadır. Buda odun ile çimento tanelerinin bağlanmasını sağlayan suya yeterince ulaşamamasına sebep olmaktadır.

Böylece hidrasyon imkânsız hale geldiğinden çimento hidrasyonu yavaşlamaktadır (Nanazashvili, 1990; Juenger, 2002).

Ekstraktif madde ve özellikle glukoz içeriğinin azaltılması bir dizi ön işleme mümkün olabilmektedir. Bu amaçla; soğuk-sıcak su yada %1'lik NaOH çözeltisinde çözündürme gibi kimyasal işlem uygulanabilir (Simatubang v.d., 1990). Ancak maliyet artar. Bu nedenle; odun çimento kompozitlerinin üretiminde, şeker oranı düşük türler tercih edilmektedir. Sonbahar veya kış kesimi çam, göknar ve ladin gibi iğne yapraklı türler yaygın olarak, okaliptüs, akasya ve kavak gibi türler ekstraktifleri etkisiz hale getirilerek kullanılır. Tanen ve aşırı miktarda şeker içeren kızılalağaç (*Alnus glutinosa*) ve karaçam (*Larix decidua*) gibi ağırlıkça %0.25 glikoz, sakkaroz ve ksiloz içeriğine sahip türler kullanılamazlar (Aro, 2008).

### 1.5.2. Yıllık Bitkiler

Yongalevha endüstrisi gittikçe artan hammadde maliyetinden dolayı kalitesi düşen ve fiyatı artan pahalı bir ürün haline gelmiştir. Bu nedenle birçok ülkede tarımsal ürünlerin artıkları yongalevha ve diğer kompozit panel üretiminde değerlendirilmekte, hatta dünyada 30'un üzerinde fabrikada bitkisel atıklardan yongalevha üretilmektedir (Bektaş v.d., 2002).

Lignoselülozik malzemeler temel olarak lignin ve selülozdan oluşan ahşap ve yıllık bitkilerden elde edilmektedir. Yıllık bitkiler dünya çapında çok büyük bir hammadde potansiyeli oluşturmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde tarımsal ormancılık ürünlerine dayalı endüstrilerin büyümesi; pirinç kabuğu, saman, buğday sapları, fındık kabuğu ve toz atıkların kullanımı ile hızlanmıştır (Basri v.d., 1999; Reddy v.d., 2005).

Soroushian v.d., (2004) saman saplarını kullanarak gerçekleştirdiği çalışmada uygun katkı maddelerinin kullanımı ile gerekli fiziksel ve mekanik özelliklerin sağlanabildiğini tespit etmiştir. Fernandez ve Taja (2000) pirinç kabukları ile 50/50 ve 60/40 olmak üzere 2 farklı çimento pirinç kabuğu oranlarında özgül ağırlıkları 1430-1670 kg/cm<sup>3</sup> olan çimentolu levha üretmişlerdir. Levhaların eğilme dirençlerini kimyasal madde kullanımına bağlı olarak 1,5 ile 7 MPa arasında belirlemişlerdir. Su almada ise %24 ile %42 arası değişen yüksek değerler elde edilmiştir.

Khedari v.d., (2001) 2mm'den kısa Hindistan cevizi lifleri ile üretilen yoğunluğu 958 Kg/cm<sup>3</sup> olan kompozitlerin ısı iletkenliklerini 0,254W/m K, 10 günlük sertleşme sonucunda eğilme direnci değerlerini 2,4MPa olarak bulunmuştur (Asasutjarit v.d., 2007).

Ülkemiz dünyadaki en büyük fındık üreticisi konumundadır. Büyük bir atık fındikkabuğu atık potansiyeline sahiptir. Demirbaş ve Aslan (1998) öğütülmüş fındikkabuğu ve çay atıklarının çimentolu yongalevha üretimine uygunluğunu araştırdıkları çalışmada fındikkabuğu ve çay atığı ilavesinin mekanik özelliklerde azalamaya sebep olduğu belirlenmiştir.

Basri v.d., (1999) yağ palmyesi kabuklarının çimentolu kompozit üretiminde kullanımını araştırmış, levhaların kullanılabilir direnç özellikleri gösterdikleri belirlemiştir.

Bilba v.d., (2003) şeker kamışı küspesi ile yaptıkları çalışmada, 200<sup>0</sup>C'lik ısı işlem sonucunda hidrasyon davranışlarını gözlemlemiştir. Her ne kadar ısı işlem levha özelliklerinde gelişmeye sebep olsa da masraflı bir işlem olduğundan kimyasal maddeler üzerine araştırma yapılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Ma v.d., (1998) bambu odunlarının çimentolu kompozit üretimine uygunluğunu araştırdıkları çalışmalarında 24 saat suda bekletme sonrasında kompozitlerin özelliklerinin kullanıma uygun olduğunu belirlemiştir.

### **1.5.3. Geri Dönüşüm Atıkları**

Çimentolu kompozitlerde geri kazanılmış hammadde kullanımı ile maliyet, doğa tahribatı, enerji tüketimi ve dünya genelinde orman alanlarına olan talebin azaltılacaktır (Ashori v.d., 2011b). Zira orman kaynaklarına artan talep odun kaynak kıtlığına yol açmakta olup, ahşap esaslı endüstriler için odun hammadde yerine geleneksel olmayan orman kaynaklarını kullanarak yenilikçi yollar aramaya ihtiyaç vardır. Olası alternatifler arasında geri dönüşümlü ahşap malzeme kullanımı günümüzde ilgi odaklarından birisini oluşturmaktadır (Karade, 2010; Basri v.d., 1999; Ashori v.d., 2011b). Özellikle binalar, demiryolları, çit direkleri, köprüler ve mobilyalar gibi kaynaklardan çok büyük miktarlarda bozulmuş odun hammaddesi ortaya çıkmaktadır. Bu malzemelerin büyük bir kısmı biyolojik bozulmaya karşı direnç sağlaması için kimyasal malzemelerle emprene edilmiş odunlardır. Bu kimyasal maddeler doğaya zarar verebilecek toksik ve polimerik maddeler içermektedirler. Bu atıkların çevreye bırakılması ile sera gazı salınımı, hava kirliliği ve kullanışlı arazilerin işgal edilmesi gibi çeşitli sorunlar ortaya çıkmaktadır. Dolayısı ile bu atık malzemelerin çimentolu odun kompoziti üretimi yapan endüstriler gibi kurumlar tarafından değerlendirilmesi önemli bir konu haline almaktadır ( Kadere, 2010).



Kasai v.d., (1998) Japonya'da inşaatlardan temin edilen atık kerestelerden yoğunluğu 920- 1250kg/cm<sup>3</sup> arasında olan çimentolu levha üretmişlerdir. Kompozitlerin eğilme dirençlerini 4-7MPa ve basınç dayanımlarını ise 5-8MPa olarak bulunmuştur. Normal betonarme için bu değerler 0,5-0,9MPa arasındadır.

Schmidt v.d., (1994) Bakır Krom Arsenik (CCA) ve kromik asit ile empenye edilmiş çam odunlardan elde edilen yongalarla üretilen çimento kompozitlerinin normal levhalar göre uyumlu sonuçlar verdiğini belirlemişlerdir.

Atık MDF' ler kullanılarak üretilen çimentolu kompozit çalışmasında, çimentonun sertleşmesi için CO<sub>2</sub> enjeksiyonu uygulanmıştır. 3-5dk'lik bir enjeksiyon uygulamasından sonra geri dönüştürülmüş MDF panellerinin su alma değerlerinin düşük olduğu tespit edilmiştir. Fakat özellikle yüksek lif-çimento oranlarında çekme dirençlerinde düşüşler tespit edilmiştir (Qi v.d., 2006)

Şeker kamışlarından üretilen dekoratif mobilya atıkları kullanılarak üretim yapılan bir çalışmada atıklara önce sıcak su ekstraksiyonu uygulanmıştır. Sertleştirici olarak CaCl<sub>2</sub> kullanılmıştır. Üretilen levhaların eğilme ve su alma dirençlerinde düşük sonuçlar elde edilmiştir. Bu sebeple sadece yüksüz ortamda ve içyapı uygulamalarında kullanılması tavsiye edilmiştir (Olorunnisola ve Adefisan, 2002).

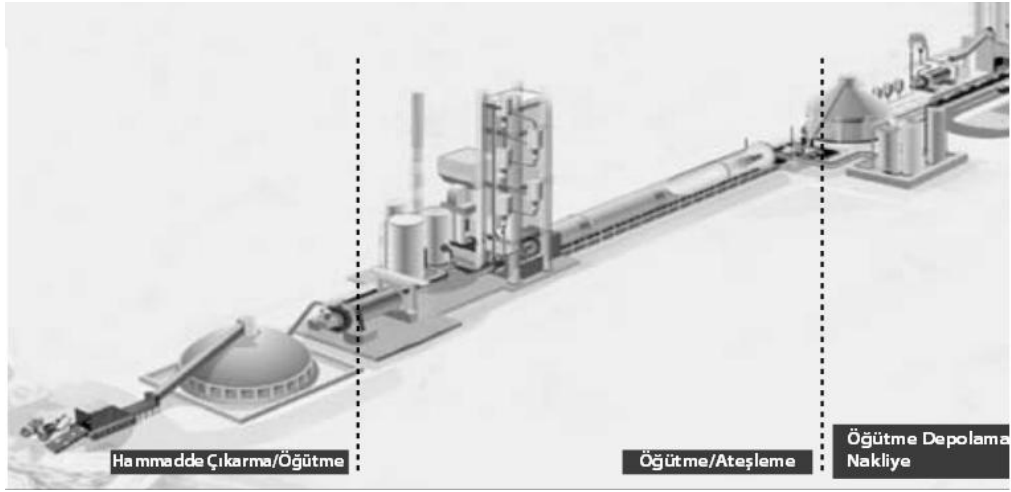
Huang v.d., (2000) (CCA) ile empenye edilmiş tel direklerinin kullanımını araştırmışlardır. Buna göre CCA ile empenye edilen odunlar işlem uygulanmamış olanlara göre portland çimentosu ile daha uyumlu olup, üretilen levhaların direnç özellikleri ve boyutsal kararlılıkları daha yüksek çıkmıştır. Ayrıca uygulanan çürüklük testi sonucunda empenyeli odun örnekleri ile üretilen levhaların dayanım özelliklerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre odun çimento kompozitleri CCA ile empenye edilmiş odunların geri dönüşümü için uygun bir kullanım alanı olabilir.

Başka bir çalışmada çimentolu odun kompozitlerine tavuk tüyü eklenmiştir. Tüy oranının %5'den %20'ye doğru çıkartılması ile işlenebilme özelliklerinde azalma meydana gelmiştir. Ağırlık olarak %5-10 arasında kullanılması ile odun-çimento kompozitlerine yakın teknolojik özellikler elde edilmiştir. %10'dan daha fazla kullanılması durumda sertlik, eğilme direnci ve boyutsal kararlılıkta azalmalar meydana gelmiştir (Acda, 2010).



#### 1.5.4. Çimento

Çimento; hava ve suda sertleşen ve sertleştikten sonra su ile havanın etkisiyle çözülmeyen hidrolik bir bağlayıcı olarak tanımlanır. Silisyum, kalsiyum, alüminyum ve demir oksitler ihtiva eden hammaddelerin sinterleşme derecesine kadar pişirilmesiyle elde edilen bir yarı mamul olan klinkerin bir veya daha fazla katkı maddeleriyle öğütülmesi sonucunda oluşmaktadır. Çimento, doğal kalker taşlarının yüksek sıcaklıkta ısıtıldıktan sonra öğütülmesiyle elde edilen toz halindeki yapı malzemesidir. Su ile karıştırıldığında kimyasal olarak birleşerek bağlayıcı özelliği kazanmaktadırlar. Çimento %76–78  $\text{CaCO}_3$  ve geri kalan kısmı kilden meydana gelen bir karışımın  $1400^{\circ}\text{C}$  ile  $1500^{\circ}\text{C}$ ' de ısıtılması ile meydana gelir. Çimentonun ilkel hammaddesi olan kalker taşı çimentonun %65' ini teşkil eden  $\text{CaO}$ 'nun, kil ise diğer bileşenleri olan  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 'ün meydana gelmesini sağlamaktadır (Kökipek, 2010).



Şekil 8. Çimento üretimi (URL 4, 2013).

##### 1.5.4.1. Portland Çimentosu

Portland çimentosu, kalker ve kil karışımı hammaddelerin pişirilmesi ile ortaya çıkan ve “klinker” olarak adlandırılan malzemenin çok az miktarda alçı taşı ile birlikte öğütülmesi sonunda elde edilen bir üründür; su ile birleştirildiğinde hidrolik bağlayıcılık özelliği kazanmaktadır. Genellikle gri renktedir. Bu renk, üretimde kullanılan hammaddelerde çok küçük miktarda yer alan demir oksitten kaynaklanmaktadır. Pişirilmek

için seçilen hammaddede demir oksit ve mangan oksit bulunmadığı takdirde, üretilen portland çimentosunun rengi beyaz ve beyaza yakın olmaktadır (Erdoğan, 2003).

20. yüzyılda iyice yaygınlaşan dönel fırınlar esas olarak silika, kireç, alümina ve demir oksitten oluşan çimento hammadde karışımlarının yüksek sıcaklıklara kadar (1500 °C) pişirilmesine imkân sağlamıştır. Karışımın içerisinde bulunan kil, 500–600°C sıcaklıkta ayrışarak SiO<sub>2</sub> ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> gibi oksitlere, Kalker ise, 900°C sıcaklık seviyelerinde CaO ve CaO<sub>2</sub> haline dönüşmektedir (Moir, 2003).

Sıcaklığın etkisiyle hammadde karışımından açığa çıkan CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> gibi oksitler, sıcaklık arttıkça (yaklaşık 1200°C) kendi aralarında kimyasal reaksiyona girerler. 1250–1300°C sıcaklıkta karışımının %20-30'u sıvılaşır ve klinker denilen irili ufaklı katı tanecikler haline gelir. 1200–1450°C civarındaki kimyasal reaksiyonlardan sonra, çimentoyu oluşturan ve birbirinden farklı özelliklere sahip dört ana bileşenin oluşumu tamamlanmış olur.

Tablo 3. Portland çimentosu ana bileşenleri (Duda, 1985).

Ana Bileşenler	Kimyasal Formülleri	Sembolleri
Trikalsiyum silikat (alit)	3CaO.SiO <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> S
Dikalsiyum silikat (belit)	2CaO.SiO <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> S
Trikalsiyum alüminat (celit)	3CaO. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> A
Tetra kalsiyum alüminoferrit (felit)	4CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C <sub>4</sub> AF

Tablo 4'te potland çimentosu tipleri ve uygulama alanları verilmiştir. Bu çimento tiplerinin kimyasal içerikleri, incelikleri ve C<sub>3</sub>S içekleri ve hidrasyon süreleri ve sülfat dirençleri de farklılık göstermektedir.

Tablo 4. Portland çimentosu tiplerinin genel özellikleri (URL-5, 2013).

Çimento Tipi	Sınıflandırma	Uygulama alanları
Tip I	Genel amaçlı	Genel inşaat uygulamalarında (bina, köprü ve kaldırımlar)
Tip II	Orta sülfat dirençli	Sülfat iyonu içeren toprak içerisinde kullanımlarda
Tip III	Yüksek erken dayanımlı	Soğuk havada beton dökümü ve hızlı inşaat işlerinde
Tip IV	Düşük hidrasyon ısı	Barajlar gibi büyük yapılarda (kullanımı azdır)
Tip V	Yüksek sülfat dirençli	Sülfat iyonlarının yoğun bir şekilde olduğu yerlerde
Beyaz	Beyaz renkli	Dekoratif amaçlı (Tip I ile benzer uygulamalar )

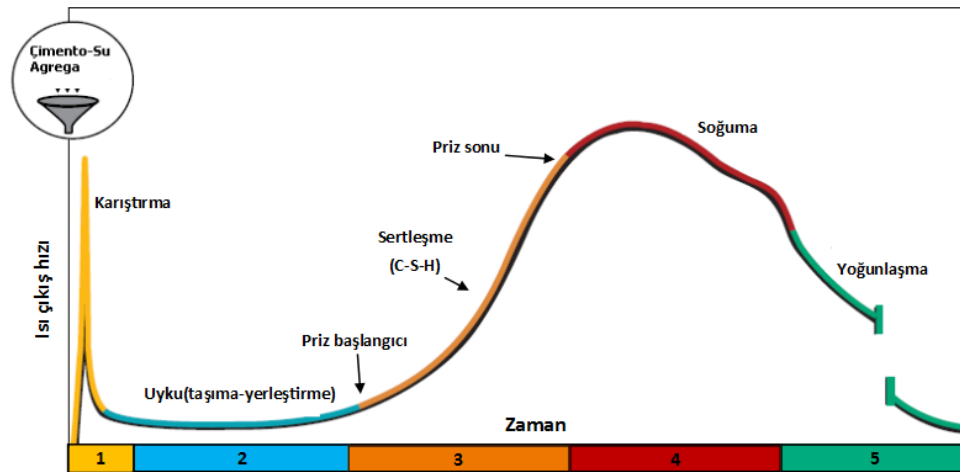
### 1.5.4.2. Hidratasyon Kavramı

#### 1.5.4.2.1. Çimentonun Hidratasyonu

Çimentoların su ile yaptığı kimyasal reaksiyona hidratasyon adı verilir. Diğer bir ifade ile anhidro kristallerin hidrate kristallere dönüşümüdür. Çimento su ile birleşir birleşmez her ana bileşen su ile ayrı ayrı reaksiyona girmekte ve hidratasyon sonunda her ana bileşen tarafından değişik hidratasyon ürünleri oluşmaktadır. Bu reaksiyonların etkisiyle çimento hamuru katılaşmakta (priz almakta) ve sertleşmektedir (dayanım kazanmaktadır). Çimento hamurunun özellikleri, kimyasal reaksiyonlar sonunda ortaya çıkan değişik özelliklerdeki hidratasyon ürünlerinin çimento hamuru içerisinde ne oranda yer almış oldukları tarafından belirlenmektedir (Moir, 2003).

Çimento hamurunun bağlayıcılık kazanma hız ve miktarı hidratasyonun derecesine bağlıdır. Hidratasyonun ne hızda ve mükemmellikte oluşacağı hususu ise ortamdaki sıcaklık ve rutubet değişkenlerine ilave olarak büyük oranda çimento içeriği, inceliği ve kullanılan çimento miktarına bağlıdır (Aslan, 1998).

Çimentonun hidratasyonu; karıştırma, uyku, sertleşme (priz), soğuma ve yoğunlaşma süreci olmak üzere 5 kısımdan oluşmaktadır.



Şekil 9. Çimento hidratasyon süreçleri (Kosmatka v.d., 2006).

Karıştırma süreci 10-15dk içerisinde ani bir yüksek ısı çıkışı ve düşüşü ile gerçekleşmektedir. Uyku sürecinde, karışım plastik ve işlenebilir olup, ısı çıkışı çok düşüktür. Beton kolayca taşınabilir ve yerleştirilebilir. Sertleşme sürecinde yüksek ısı

çıkışı gözlemlenmektedir. Priz ve betonda sertleşme ve beton dayanım kazanmaya başlamaktadır. Soğuma sürecinde büzülme ve sürtünme sonucu oluşan iç gerilme, dayanım kazanımını geçmemelidir. Bu çatlamalara neden olabilmektedir. Yoğunlaşma süreci ise yıllarca devam edebilmektedir. Bu süreçte Beton dayanıklılık kazanmaya devam eder (Kosmatka v.d., 2006).

Çimentonun sertleşmesi ve erken dayanımının arttırmasında en önemli etken Trikalsiyum silikat ( $C_3S$ ) ile Trikalsiyum alüminat ( $C_3A$ )'dır. Bu yüzden araştırmacılar  $C_2S$  ile  $C_4AF$ 'nin hidrasyonundan fazla bu iki kristalin hidrasyonu üzerinde durmuşlardır. Çimento hidrasyonunun temel reaksiyonları zamana bağlı ısı artışlarının hassas bir şekilde ölçen aletlerle kolaylıkla takip edebilir. Çimentonun sertleşmesi  $C_3A$  ile kalsiyum sülfat hidrasyonunun reaksiyon ürününün oluşturduğu sağlam bir yapının meydana gelmesine bağlıdır. Bu reaksiyon ürünü genellikle çimento taneciklerinin yüzeyinden ince bir tabaka meydana getiren ince taneli etrenjittir. Bu ince etrenjite tabakası altında çimento taneciklerinin hareketliliğini etkilemez ve pasta, işlenebilirliğini korur. Priz alma, bu mikro kristal etrenjitinin, çimento tanecikleri arasındaki boşluğu dolduran ve bir nevi köprüler meydana getiren uzun iğneler şeklindeki etrenjit kristalleri sayesinde olmaktadır (Yegül, 1984).

#### **1.5.4.2.2. Odun Çimento Uyumluluğu ve Hidrasyon Isısının Belirlenmesi**

Uyumluluk terimi, çimento su ve odun hammaddesi ile karıştırıldıktan sonra çimento özelliklerinde meydana gelen değişimle açıklanmaktadır. Genel olarak çimentonun sertleşmesi sırasında meydana gelen kimyasal değişim odun malzemesi katıldığı zaman değişim göstermiyorsa çimento ile ahşabın uyumlu olduğu kabul edilir. Ancak çimentonun sertleşmesi sırasında meydana gelen kimyasal değişim odun malzemesi katıldığı zaman bozulma gösteriyorsa, çimento ile ahşabın uyumsuz olduğu kabul edilir (Jorge v.d., 2004). Tablo 5 ve 6'te çimentolu odun kompozitlerinin inhibitör indeksine göre sınıflandırılması ve bazı ağaç türlerinin inhibitör indeksleri verilmiştir (Okino v.d., 2005; Papadopoulos, 2007).

Tablo 5. Çimentolu odun kompozitlerinin inhibitör indeksine göre sınıflandırılması

İnhibitör indeksi (%)	Düzyey
I<10	Düşük inhibite
I=10-50	Orta derece inhibite
I=50-100	Yüksek inhibite
I>100	Aşırı inhibite

Tablo 6. Bazı ağaç türlerinin inhibitör indeksleri

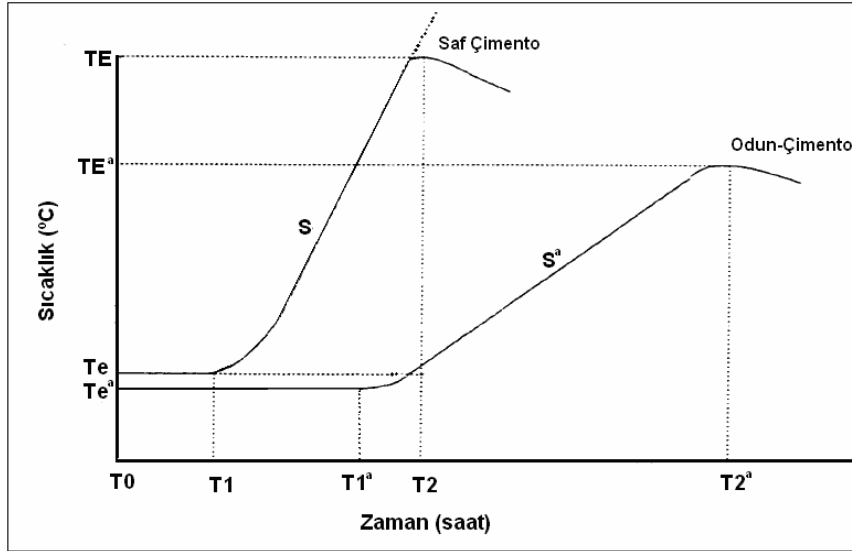
Ağaç türü	İnhibitör indeksi (%)
Servi	57,1
Kayın	52,2
Gürgen	39,1
Çam	27,3
Akçağaç	22,2
Gökknar	16,5
Huş	11,5
Kavak	7,4
Kavak-Kökknar (1:1)	12,2
Kavak-Huş (1:1)	9,5
Huş-Gökknar (1:1)	15,3
Kavak- Gökknar-Huş (1:1:1)	18,9

Weatherwax ve Tarkow (1964) tarafından tanımlanan inhibitör indeksi terimi türler arası uyumluluk derecelerini ölçmek için geliştirilmiştir ve priz süresini esas almaktadır. Çalışmalarında yapraklı ağaç odunlarının iğne yapraklı ağaç odunlarına göre çimentonun özelliklerini daha olumsuz etkileyerek düşük direnç özellikleri verdiğini belirlemiştir. Ayrıca çürümüş odun, kabuk ve öz odunu kullanımı da priz süresinin uzamasına yol açmaktadır. Hofstrand v.d., (1984) tarafından Weatherwax ve Tarkow modeli daha da geliştirilerek odun çimento kompozitlerinde kısıtlayıcı etkiyi formüle etmişlerdir.

Okino v.d., (2005) çalışmalarında , Hofstrand v.d., (1984) tarafından yapılan çalışmaya benzer bir hidrasyon test yöntemi uygulamıştır. Bu amaçla Tip 1 portland çimentosu kullanılmıştır. Odunlar yongalandıktan sonra 42mesh'lik elekte elenmiştir. 90,5ml saf su, 200gr çimento ve 15gr fırın kurusu odun örneği polietilen bir kap içerisine yerleştirilerek 3 dakika karıştırılmıştır.

Weatherwax ve Tarkow (1964) çalışmalarında su miktarını belirlerken 1gr odun başına 2,7ml ve 1gr çimento başına 0,25ml su olarak hesaplamışlardır. Hazırlanan karışım bir termokup (ısıl iletken) tel ile ağzı yalıtılmış geniş bir şişeye yerleştirilmiş ve daha sonra

strafor ile kaplanmış, şişenin ağzı bant ile sıkıca kapatılmıştır. Karışımın sıcaklığı ölçülmüş ve zamana karşı eğrisi çıkarılmıştır. Bu işlem kullanılan her ağaç ve çimento türü için ayrı olarak uygulanmıştır. Bütün deneyler oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 10. Tipik bir hidrasyon eğrisinin şematik yapısı

İnhibitör indeksinin belirlenmesinde aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$I = 100 \times [((t_2 - t_2^*) / t_2^*) \times (T_2^* - T_2) / T_2^*] \times ((S_2^* - S_2) / S_2^*)$$
 Burada;

$t_2$ : Saf çimentonun maksimum sıcaklığa ulaşma zamanı

$t_2^*$ : Çimento odun karışımının maksimum sıcaklığa ulaşma zamanı

$T_2$ : Saf çimentonun maksimum sıcaklığı

$T_2^*$ : Çimento odun karışımının maksimum sıcaklığı

$S_2$ : Saf çimento için maksimum eğim

$S_2^*$ : Odun çimento karışımı için maksimum eğimdir.

Hidrasyon testinin, özellikle eksraktif içerikleri yüksek olan lignoselulozik malzemeler ile odun-çimento kompozitlerinin üretiminde kullanılması önemli bir husustur. Şekil 11'de bir hidrasyon test cihazı örneği verilmiştir.



Şekil 11. Hidratasyon test cihazı (Noor vd., 2010).

## 1.6. Çimentolu Odun Kompozitlerinin Özelliklerini Etkileyen Faktörler

Çimentolu odun kompozitlerinin üretiminde kullanılan hammadde tür ve özellikleri malzeme kalitesini önemli derece etkilemektedir.

### 1.6.1. Bağlanma Mekanizmaları

İnorganik bağlayıcılarında sentetik reçinelere benzer bir fiziksel bağlanma ve mekanik bağlanma mekanizması olduğu düşünülmektedir. Fakat bağ yapıları hakkında fazla çalışma yapılmamakla birlikte çeşitli teoriler ortaya atılmıştır.

Çimentolu odun kompozitleri ile ilgili yapılan birkaç çalışmada uyumsuzluğun çimento ile odun arasında bağlanma gücünden kaynaklandığı belirtilmiştir. Yapılan detaylı bir çalışmada mekanik kitlenmenin bağlanma mekanizmasını önemli derecede etkilediği tespit edilmiştir (Ahn ve Moslemi, 1980). SEM analizlerinde sivri uçlu çimento kristallerinin mekanik bağlanmaya sebep olduğu belirlenmiştir. Bu kristallerin büyümesi çimentoya su eklenmesi ile başlamaktadır. Kimyasal bileşenlerin durumu da bağlanma mekanizması üzerinde etkili edebilmektedir.

Selüloz ve çimentonun kimyasal morfolojisine bağlı olarak, hidrojen bağları ve hidroksil köprüleri kompozitlerin bağlanması üzerine etki etmektedir. Coutts ve Kightly (1984) yaptıkları SEM analizlerinde selüloz liflerinin bağlanma üzerine etkisini belirtmişlerdir. Islak ve kuru test örnekleri ile yapılan çalışmalarda hidrojen köprülerinin

oluştugu tespit edilmiştir. Kuru örnekler, hidrojen bağları veya hidroksil köprülerinin fazla olması sebebiyle daha yüksek mukavemet değerleri göstermiştir.

Çimentolu levha üzerinde X ışınları kullanılarak yapılan bir başka çalışmada; özellikle kalsiyum, magnezyum, silikon gibi çimento moleküllerinin odun yongalarının hücre çeperlerindeki dağılımı ve kütle transferi araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlarda, bu minerallerin odun yapısına derinlemesine nüfus ettiği belirlenmiştir. Bu etkinin ilk bahar odununda daha az olduğu tespit edilmiştir (Parameswaran v.d., 1977; Dewitz v.d., 1984).

### **1.6.2. Sertleşme Süresi ve Odun-Çimento Arasındaki Uyumluluk Sorunu**

Sertleşme süreci başlamadan önce çimento taneleri, iğnemsî hidratlarla çevrilidir. Şeker asitleri, şekerler, lignosülfatlar ve su geçirmez hidratlar çimento tanelerinin etrafında kümelenerek çimentonun sertleşmesini engelleyici etki yapmaktadır (Sauvat vd., 1999). SEM görüntülemesi sayesinde su geçirmez Kalsiyum Silikat Hidrat (CSH) oluşumu gözlenebilmektedir (Milestone 1979).

Ekstraktif madde miktarının artması odun çimento uyumluluğunu olumsuz etkilemektedir. Sandermann ve Brendel (1956), çeşitli ekstraktif maddelerin uyumluluk üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada odun yapısında bulunan bütün şekerlerin çimentonun hidrasyonuna aynı derece etkilemediğini tespit etmişlerdir. Örneğin fruktoz gibi şekerler %0,50 gibi yüksek konsantrasyonlar da bile çimentonun özelliklerini etkilemezken, bazı şekerler %0,25 konsantrasyonda bile çimento hidrasyonunu geciktirici etki yapmıştır. %0,25'ten yüksek olan konsantrasyonlarda rafinoz çimentonun özelliklerini artırmıştır (Peschard, 2006).

Odunun kurutması ve kesim zamanının çimentonun hidrasyonu üzerine önemli etkileri olduğu belirlenmiştir (Mohr v.d., 2004). Şeker ve nişasta varlığı yıl içerisinde mevsimlere göre farklılık göstermektedir. İlkbaharda kesilen odunların sonbaharda kesilenlere göre daha uyumsuz çıkması bu sebeple olabilir. Kurutma yöntemi de çimentonun hidrasyonunu etkilemektedir. Örneğin yüksek sıcaklıklarda kurutulan odun örneklerinin hidrasyona olumsuz etkisi geleneksel kurutma yöntemleri veya açık havada yapılan kurutmaya göre 4 kat daha fazla bulunmuştur (Hinterstoisser v.d., 1992).

Kompozit içerisindeki kabuk varlığı çimento hidrasyonu üzerine çok önemli bir etki yapamasa bile, kalınlığına şişme değerlerinde bir artış meydana getirebilmektedir (Semple ve Evans 2004). Odun yongalarının rutubet içeriklerinin düşük olması



durumunda, çimento/su oranının artmasına paralel olarak, yongaların daha hızlı su emmesi beklenebilir. Bu durumda çimentonun mukavemet kazanması için gerekli olan su odun tarafından emildiğinden üretimi olumsuz etkiler. Ayrıca asit ve alkali karakterli bileşikler odun içerisine daha çok gireceğinden direnç özelliklerinde azalama meydana gelmektedir (Dewitz et al. 1984).

### **1.6.3. Ağaç Türü**

Ladin ve göknar gibi bazı ağaç türleri çimentonun hidratasyonu sırasında ciddi problemlere neden olmamaktadır. Fakat bu durum yetiştirme ortamı, kesim zamanı ve diğer bazı faktörler sebebiyle değişiklik gösterebilmektedir. Çimentonun özelliklerini olumsuz etkileyen bir başka faktör olarak öz odunu kullanımı da gösterilebilir. Ayrıca iğne yapraklı ağaç kullanımının yapraklı ağaçlara göre çimentonun özelliklerini daha olumlu etkilediği belirlenmiştir (Sandermann and Kohler 1964).

Bitkisel lignoselülozik atıkların çimentolu kompozit üretiminde kullanılması özellikle de üretim potansiyeli yüksek olan ülkeler için önemli bir konuma gelmektedir. Bitkisel liflerin sağlamlık düşük maliyete rağmen sadece yılın belli dönemlerinde elde edilebilmeleri ve çimento ile olan bağlanma sorunu önemli problemlerdir. Ayrıca bitkisel liflerdeki hemiselüloz ve ligninin, normal portland çimentosunun sahip olduğu yüksek alkali ortamlarda kolay çözünmesi kullanım olanaklarını kısıtlamaktadır (Aslan, 2007).

### **1.6.4. Yonga Boyutu ve Geometrisi**

Odun hammaddesinin çimentolu kompozitler de kullanımı, eğilme direncini arttırmak ve ısı yalıtım özelliklerini iyileştirmenin yanında, çimentonun kendinden daha ucuz olan bir hammadde ile kullanılması da önemli bir avantaj oluşturmaktadır (Cziesielski, 1975). Yonga, lif, talaş ve tozlar gibi her türlü hammadde kullanılabilir. Bu malzemelerin karıştırılması sırasında homojenlik, boyutsal kararlılık açısından önemlidir (Papadopoulos v.d., 2006). Çok uzun olan doğal liflerin kullanımı sırasında çimento ile yeterince karışımın sağlanamaması gibi problemler ortaya

çıkılmaktadır (Ma v.d., 2000). Ancak çimentolu levha üretiminde yonga boyutunun özelliklere etkisi üzerine çok fazla çalışma bulunmamaktadır.

Önceki bazı çalışmalarda yonga boyutunun, tutkal kullanılan yongalevhalar ile çimentolu odun kompozitlerinde benzer eğilimler gösterdiğini iddia etmiştir. Son yapılan çalışmalar ışığında bu durumun aksine, çimentolu yongalevha üretiminde daha büyük yonga boyutları kullanılması gerektiği, bu farklılığın ise çimento ile odun arasında hiçbir kimyasal bağlanma meydana gelmemesi olduğu belirtilmiştir (Semple ve Evans, 2004; Bejó v.d., 2005). Badejo (1998) çalışmasında levha özelliklerinin yonga geometrisinin; eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, iç yapışma direnci ve kalınlığına şişme gibi özelliklerde etkili olduğunu belirlemiştir. Uzun ve ince bir geometriye sahip, başka bir ifadeyle narinlik oranı yüksek olan yonga ve lifler; daha dayanıklı, sert ve boyutsal kararlılığı daha yüksek olan levhalar üretilmesini sağlarlar. Semple and Evans (2004), küçük yongalar yerine daha uzun yongalar kullanarak ürettikleri levhalarda daha yüksek dayanım elde etmişlerdir. Küçük boyutlu yongaların kullanımında ise daha az boşluklu ve daha düzgün yüzeyli levhalar elde edilebilmektedir. Fakat sıkıştırma miktarının artması, levhanın yüzey alanı ve hacminin artması ile birlikte çimento özellikleri de olumsuz yönde etkilenmektedir. Daha geniş bir yüzey alanında iç bağlanmanın gerçekleşmesi için daha fazla yapıştırıcıya ihtiyacı olması nedeniyle yüzey alanı yonga arasında bir ilişki oluşmaktadır (Li v.d., 2004).

Farklı kalınlıktaki odun liflerinin kullanılması sonucunda da eğilme direnci değerlerinde küçük farklılıklar gözlemlenmiştir. Liflerin inceliğinin artması ile birlikte daha yüksek eğilme direnci değerleri elde edilmiştir (Ma v.d., 2000).

#### **1.6.5. Yonga Yönlendirmenin Etkisi**

Yongaların yönderilmesi odun kompozitlerinde yaygın kullanılan bir özellik olup, levhaların mekanik özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir (Cabangon v.d., 2002). Ma v.d, (2000) tarafından yapılan çalışmada yönlendirilmiş yongalar kullanılarak üretilen çimentolu levhaların eğilme dirençlerinin 2,5 kat daha arttığı belirlenmiştir. Aynı levhaların eğilmede elastikiyet modülü değerleri 2 kat daha yüksek çıkmıştır. Yongaların sadece %25'lik kısmı yönlendirildiğinde bile eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde artış belirlenmiştir. Stahl v.d., (1997) yönlendirilmiş yongalar

kullanılarak yaptıkları çalışmada dayanım özelliklerinin %25, sertliğinin ise %33 oranında arttığını tespit etmişlerdir.

### 1.6.6. Odun-Çimento Oranının etkisi

Odun çimento kompozitlerinin en önemli özelliklerinden birisi dayanıklılıktır. Bu çimentonun oduna göre daha dayanıklı bir malzeme olmasından kaynaklanmaktadır. Bu sebeple odun çimento oranının artmasıyla daha yüksek eğilme direnç değerleri elde edilmiştir. Yapılan bir çalışmada çimento odun oranının 3 den 2'ye düşülmesi ile eğilme direncinde artış belirlenmiştir. Diğer yandan odun-çimento oranının 2 değerine yakın olması ile yeterli eğilme direncine sahip levhalar üretilebilmektedir (Moslemi ve Pfister, 1987).

Çimento- odun oranının artırılması sonucu hidrasyon sıcaklığının yavaş bir şekilde arttığı, hidrasyon zamanının kısaldığı ve basınç direncinin arttığı belirlenmiştir (Lee v.d., 1987). Prestemon (1976), çimentolu levhalarda odun-çimento oranını 0,75 den 1,5 seviyesine artırdığından daha yüksek eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerlerine ulaşmıştır.

Odun hammaddesinin artması ile elastikiyet özellikleri azalma göstermekle, plastik bölge artış göstermekte ve malzemenin dayanımının azalması ile birlikte kırılma da azalmaktadır. Genel olarak odun-çimento oranı üretilecek son ürün özelliklerine etki eden önemli bir parametredir. Çimento kullanılarak üretilen OSB levhalarında bu oranın normal çimentolu levhalara göre daha düşük olması gerektiği belirlenmiştir (Papadopoulos v.d., 2006). Çimento odun oranı, ısı ve ses yalıtım özellikleri ile mekanik özellikler üzerinde önemli derecede etkilidir (Lee, 1985).

Marzuki v.d., (2011) çalışmalarında 1/1,75, 1/2, 1/2,25 ve 1/2,5 olmak üzere 4 farklı odun-çimento oranında levha üretmişlerdir. Odun-çimento oranının artması ile eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde artış meydana gelmiştir. Ancak, su alma ve kalınlık artımı değerlerinde de artış gözlemlenmiştir.

Papadopoulos (2008) tarafından gürgen odununun çimentolu levha üretimine uygunluğunun belirlenmesi için yapılan çalışmada, 1/3 ve 1/4 olmak üzere iki farklı odun-çimento oranı uygulanmış ve 1/4 odun çimento oranında mantar tahribatı daha az meydana gelmekle birlikte mekanik özelliklerde standart dışı değerler elde edilmiştir.

Düşük düzeydeki odun-çimento oranı, bağlanmanın zayıf olmasına sebep olur. Ancak çimento miktarının çok yüksek olması durumunda çimentonun özgül ağırlığının yüksek olması nedeniyle gevrek bir malzeme oluşur (Aslan, 2007).

### **1.6.7. Sertleştirici İlavesi**

Maksimum hidrasyon sıcaklığının sağlanması için gerekli olan uzun pres ve sertleşme süresi gerekliliği çimentolu odun kompozitleri üretimindeki temel problemleri oluşturmaktadır. Bu sebeple sertleşme işlemi ve üretim süresinin kısaltılması için presleme sırasında sıcaklığın arttırılması veya CO<sub>2</sub> gibi çeşitli katkıları maddeleri ilave edilmesi gibi yöntemler denenmiştir (Qi ve Cooper, 2007; Soroushian v.d., 2004; Hermawan v.d., 2000).

NaOH, CaCl<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ve NH<sub>4</sub>Cl gibi çeşitli sertleştirici katkı maddeleri presleme süresi ile hidrasyon süresinin kısaltılması ve çimentolu odun kompozitlerinin özelliklerinin iyileştirilmesi için kullanılmıştır (Badejo 1988; Kavvouras 1987). CO<sub>2</sub> kullanımı hidrasyon süresinin kısaltılmasında başarılı sonuçlar vermiştir. Sertleştiriciler arasında CaCl<sub>2</sub>, etkinliği ve kolay bulunabilirliği sebebiyle hala yaygın olarak kullanılmaktadır.

Semple ve Evans (2007) birçok sertleştirici türünün kullanılabilirliği hakkında araştırmalar yapmış, kullanılan sertleştiricilerin miktarı ve süre parametrelerin etkilerini incelemişlerdir.

### **1.6.8. Su-Çimento Oranının Etkisi**

Su-çimento oranı kompozitlerinde çimentonun sertleşmesini etkileyen en önemli faktörlerden birisini oluşturmaktadır. Su miktarının fazla olması, hidrasyon süreci boyunca çimento partikülleri arasındaki temas yüzeyini ve dolayısıyla kılcal boşluk hacmini arttırdığı için özelliklere olumsuz yönde etki yapmaktadır.

Odun liflerinin yüzey tabakasında kullanımının çimentolu kompozitlerin mekanik özelliklerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, su/çimento oranının 0,50/1 den 0,44/1 oranına düşürülmesi ile eğilme direncinde artış olduğu belirlenmiştir (Miyatake v.d., 2002).

Su-Çimento oranın çimentolu kompozitlerin dayanım özellikleri üzerine etkisi üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Uygun su/çimento oranının belirlenmesi, kullanılan

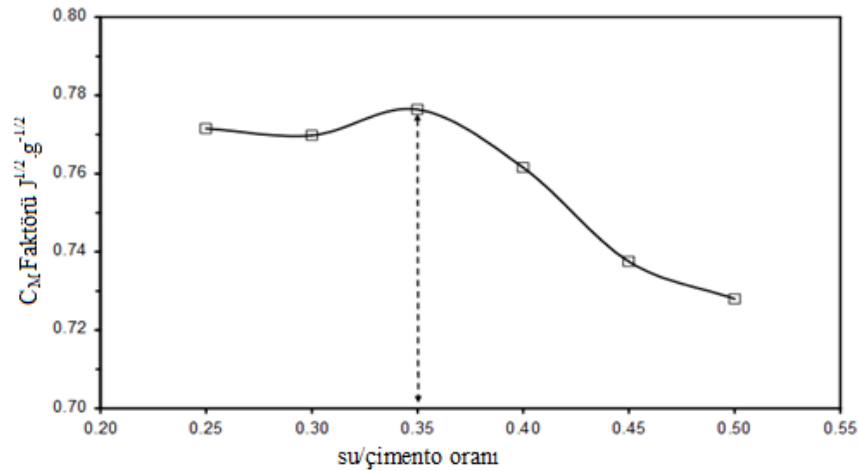
hammadde türü ve ihtiyaç duyulan su gereksiniminin değişkenlik gösterebilmesi sebebiyle zor bir prosedürdür (Pablo ve Gemier, 1994).

Genel olarak bütün odun türleri için aynı su/çimento oranı kullanılmaktadır. Fakat farklı türler değişik miktarlarda serbest su absorbe etme yeteneğine olduklarından kullanılan bu oranda değişiklikler gerekli olabilmektedir. Buda odun özelliklerini su miktarı ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Suyun az olması ulaşılabilecek maksimum sıcaklığı düşürürken, fazla olması ise maksimum sıcaklığa ulaşma süresini geciktirebilir (Karade v.d., 2003).

Çimento odun kompozitlerinin üretimi sırasında su; 1) Hidratasyon işlemi 2) yongalar tarafından emilimi ve 3) yonga yüzeylerinin ıslanması olmak üzere üç ana kısımda kullanılmaktadır. Çimentonun hidratasyonu için gerekli olan uygun su miktarının ( $C_M$ ) belirlenmesi için aşağıdaki denklem kullanılmaktadır.

$$C_M = \sqrt{\frac{Q_{e \max}}{t_{e \max}}}$$

Bu denklemde;  $Q_{e \max}$ , maksimum ısıya ulaşma hızı ve  $t_{e \max}$ , maksimum ısıya ulaşmak için geçen süreyi belirtmektedir. Bunun en yüksek olduğu değer uygun su/çimento oranını vermektedir. Şekil 12’de  $C_M$  faktörüne bağlı olarak su/çimento oranının belirlenmesi ile ilgili grafik verilmiş ve en uygun değer 0,35 olduğu belirlenmiştir ( Karade, 2011).



Şekil 12. CM faktörünün su/çimento oranına etkisi

### 1.6.9. Çimentoya İkame Malzemelerin Kullanımı

Çimentolu kompozitlerin üretiminde çimentonun hidrasyonundan kaynaklanan olumsuz özelliklerin azaltılması için uçucu küller, pirinç kabuğu külleri, lâteks, fırın cürufu, baca ve silis külü gibi ikame malzemeler kullanılmış ve bunların kompozitlerin özelliklerini iyileştirdiğine yönelik sonuçlar elde edilmiştir (Haig v.d., 1996; Sudin ve Swamy, 2006).

Yapılan bir çalışmada odun çimento kompozitlerine, katkı maddesi olarak genellikle kömürün yanmasından elde edilen uçucu kül ilave edilmiştir. İşlemin ilk safhalarında uçucu kül ince bir agrega malzemesi olarak iş görmektedir. Presleme işlemi ile birlikte uçucu kül içerisinde bulunan silika ve alümin çimento içerisindeki serbest kalsiyum hidroksit ile reaksiyona girerek çimentonun hidrasyon sürecini etkilemektedir. Uçucu kül ilavesi teknolojik özellikleri iyileştirdiği gibi karıştırma ve odun malzeme yüzeylerinin daha iyi kaplanması kolaylığı da sağlamaktadır. Bunun yanında, %30'dan daha fazla kullanım oranlarında levhaların boyutsal kararlılıklarını olumsuz yönde etkilediği belirlenmiştir (Miller v.d., 1989).

Abdullahi (2006)'da yaptığı çalışmada çimentolu kompozit üretiminde çimento yerine %10, %20, %30 ve %40 oranlarında odun külü kullanmıştır. Odun külünün bir miktar puzolanik özellik (hidrolik bağlayıcılık) gösterdiği ve kül kullanım miktarının arttıkça üretimde kullanılacak su miktarının da arttığı belirlenmiştir. Ayrıca levhaların maksimum hidrasyon sıcaklığına ulaşma süresi de kül miktarı artışı ile yükselmiştir. %20 odun külü kullanım oranında levhaların basınç dirençlerinde en uygun değerler elde edilmiştir.

### 1.6.10. Katkı Maddeleri

Ağaç malzemenin yapısında bulunan nişasta, şeker, hemiselüloz ve ekstraktif maddeler gibi maddeler çimentonun hidrasyon sıcaklığını ve sertleşme süresini etkileyen önemli faktörleri oluşturmaktadır. Çalışmalarda bozulmuş polisakkaritlerin de çimento özellikleri üzerine olumsuz etki yaptığı belirlenmiştir. Bu bileşenler diğer odun kompozitlerinde de benzer etkiler yapabilmektedirler (Wei v.d., 2004). Ahşabın çimento üzerinde olan bu olumsuz özelliklerinin giderilebilmesi için uzun süre depolama, sıcak ve soğuk su ekstraksiyonu gibi ön işlemler ile seyreltik sodyum hidroksit (NaOH), sodyum

silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ), kalsiyum klorid ( $\text{CaCl}_2$ ) ve alüminyum sülfat ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) gibi katkı maddeleri kullanılmıştır (Olorunnisola ve Adefisan, 2002).

Ashori v.d., (2012) atık demiryolu traverslerini kullanarak yaptıkları çalışmada pres sıcaklığının ve sertleştirici kullanımının levha özelliklerine etkisini incelemiştir. Pres sıcaklığı 25 ile 60°C uygulanmış ve sertleştirici olarak çimentoya oranla %3, %5 ve %7 oranında  $\text{CaCl}_2$  kullanmıştır. Test sonuçları  $\text{CaCl}_2$  kullanımının levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerini arttırdığını göstermiştir.  $\text{CaCl}_2$  oranının %3'den %7'e çıkartılması ile levha özelliklerinde iyileşmeler olmuştur. En uygun sonuçlar 25 °C sıcaklık ve %7  $\text{CaCl}_2$  kullanımında elde edilmiştir.

Maltese v.d., (2007)'e göre  $\text{CaCl}_2$  ve  $\text{MgCl}_2$  kullanımı karışımın sıcaklığının artmasına sebep olmakta ve hidrasyon süreci hızlanmaktadır. Sertleştirici maddelerin etkisiyle çimento daha gözenekli ve yoğun bir yapıya kavuşmaktadır. Konsantrasyonun artırılması ile levhaların olgunlaşma süresi kısalmakta ve daha dayanıklı hale gelmektedir. Hindistan cevizi kabukları kullanarak yapılan bir çalışmada, yonga boyutu ve  $\text{CaCl}_2$  kullanımının levha özelliklerine etkisini araştırmıştır.  $\text{CaCl}_2$  kullanımı levhaların eğilme dirençleri, eğilmede elastisite modülleri ve yoğunlukları üzerine etkili olurken, yonga boyutunun sadece eğilme direncini etkilediği belirlenmiştir (Olorunnisola, 2009).

Zhengtian ve Moslemi (1985) tarafından yapılan çalışmada Melez öz odunu kullanılarak üretilen çimentolu levhalarda klorid ve sülfat içerikli 30 farklı katkı maddesinin etkisini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre  $\text{SnCl}_2$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{AlCl}_3$  ve  $\text{CaCl}_2$  gibi klorid bileşiklerinin, melez odununun çimentoya olan olumsuz etkilerini azalttığı belirlenmiştir. Kavvouras (1987)'de sodyum silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) kullanarak yaptığı çalışmada, sertleştirici maddenin su alma, kalınlık artımı ve direnç özelliklerini olumlu etkilediğini tespit etmiştir. Fakat su ekstraksiyonu yâda NaOH kullanımına göre daha az iyileşme söz konusu olmuştur. Başka bir çalışmada sertleştirici katkı olarak  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  kullanımının  $\text{NaHCO}_3$ 'e göre levhaların boyutsal kararlılık özelliklerini daha olumlu etkilediği belirlenmiştir (Nagadomi, 1996).

Eusebio v.d., (2000)'de Avusturya Okalıptüslerinin çimentolu kompozit üretimine uygunluğunu araştırdığı çalışmada sertleştirici olarak  $\text{CaCl}_2$  ve ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) kullanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre kalsiyum klorid kullanımının alüminyum sülfat kullanımına göre levhaların mekanik ve fiziksel özelliklerini daha olumlu etkilediği belirlenmiştir.

Üretim aşamasındaki dezavantajlardan kurtulmak ve hidrasyon süresini kısaltmak için kullanılan yöntemlerden biriside  $\text{CO}_2$  enjeksiyonudur. Basınçlı şekilde  $\text{CO}_2$

enjeksiyonu sonucu hidrasyon süresi, levha kalıptan çıkarıldıktan 3 dakika sonra gerçekleşebilecek şekilde geliştirilmiştir. Ayrıca daha hızlı bir şekilde odun çimento karışımları hazırlandığı belirtilmiştir (Simatupang ve Habighorst 1992).

Çimentolu odun kompozitlerde hidrasyon sürecinin tamamlanması ve levhaların istenilen özelliklere ulaşması için 2-3 haftalık zamana ihtiyaç vardır. Kalsiyum silikat hidrat ile kalsiyum karbonat oluşumunun hızlanması ve bu hidrasyon ürünlerinin birbirine bağlanması CO<sub>2</sub> kullanımının levhaya kazandırdığı özelliklerin sebebidir.

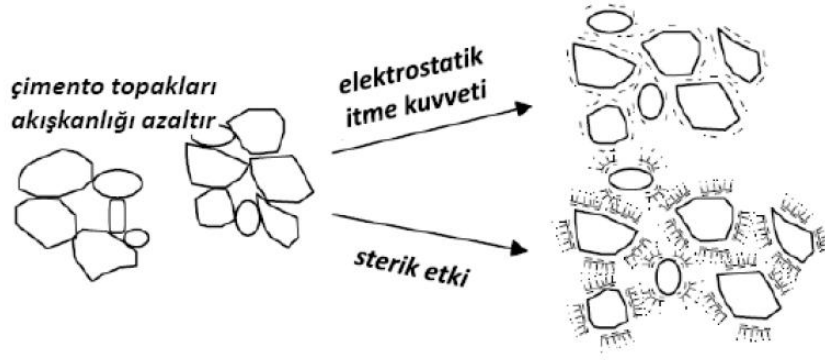
Başka bir çalışmada; CO<sub>2</sub> enjeksiyonun çimentolu yongalevhaların özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Çimentonun hidrasyon davranışı termal gravimetri, X-ışını difraktometrisi ve taramalı elektron mikroskobu kullanılarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun artması ile levha özelliklerinde iyileşmeler belirlenmiştir. %10 ve %20 oranında 10 dakikalık CO<sub>2</sub> enjeksiyonu ile levhaların özellikleri, 2 haftalık bir bekleme süresi uygulananlar ile aynı seviyede bulunmuştur. Çimentonun hidrasyon süreci %10-20 gibi düşük CO<sub>2</sub> seviyelerinde bile birkaç dakikada tamamlanacak şekilde hızlanmıştır. CO<sub>2</sub>'nin süper kritik sıvı şeklinde uygulanması ile çimentolu levha üretiminde levhaların teknolojik özellikleri ve boyutsal kararlılıklarında artış meydana gelmiştir (Hermawan, 2002).

### **1.6.11. Akışkanlaştırıcı Kimyasallar**

Akışkanlaştırıcı kimyasal katkıları genel anlamda betonun kıvamını sabit tutarak daha az karışım suyu ile yapılmasını sağlayan veya karışım suyu miktarı değiştirilmediği takdirde betonun kıvamını artıran maddelerdir. Akışkanlaştırıcı katkıları sırasıyla ligno, melamin ve naftalin sülfonat esaslı süper akışkanlaştırıcılar ve son olarak polikarboksilat esaslı hiper akışkanlaştırıcılar olarak gelişme göstermişlerdir. Bu akışkanlaştırıcılar, hedeflenen amaca yönelik olarak betonda kullanılmaktadırlar (Sağlam v.d., 2009; Felekoğlu ve Türkel, 2004).

Melamin ve naftalin sülfonat gibi akışkanlaştırıcılarda bulunan SO<sub>3</sub> grupları çimento tanelerinin yüzeyinde negatif elektrik yük oluşturarak elektrostatik itme kuvveti oluşturmakta ve böylece çimento taneleri arasında topaklanma meydana gelememektedir. COO-karboksil gruplarına sahip yeni nesil hiper akışkanlaştırıcılar ise elektrostatik itme kuvvetinin yanında zincir üstüne kurulmuş yan dalların varlığıyla (tarak şeklindeki yapı) sterik etki de oluşturmaktadırlar (Tandırılı v.d., 2000).





Şekil 13. Kimyasal katkıların çimento tanecikleri üzerine etkisi (Neville, 2003).

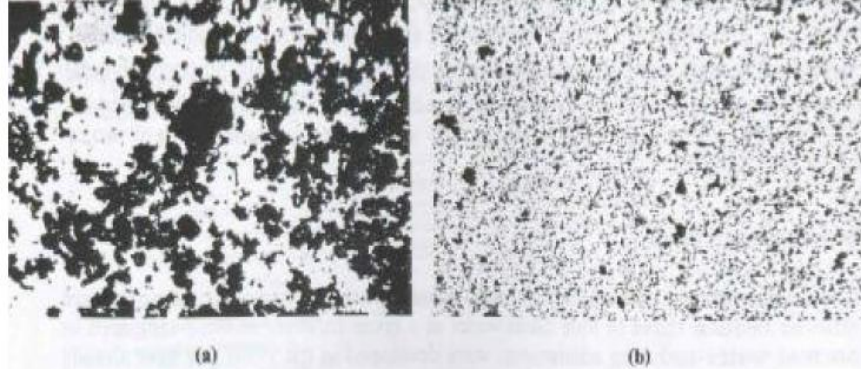
Bir katkıının etkinliği kullanım amacına göre değişir. Katkı kullanımını için beton özellikleri (istenen işlenebilirlik derecesi, dayanım kriteri için su kesme oranı) ve ortam koşulları (hava sıcaklığı ve bağıl nem), tam olarak belirlenmelidir. Etkinin olumlu olup olmadığı kullanım amacına göre de değiştiği için, her katkı kendi özelliklerinin maksimum fayda getireceği şekilde kullanılmalıdır. Örneğin, priz geciktirici katkıların kış aylarında kullanımı sorun yaratırken, yaz aylarında beton dökümünün sorunsuz yapılmasını sağlayarak fayda sağlamaktadır. Uygun kimyasal katkıının uygun miktarda kullanımıyla olumsuz hava koşullarına karşı önlem alınabilir. Bu optimum değerlerin tespitinde her katkıının kullanılacağı malzemeden özellikle çimento ile uyumluluğu ve hava sıcaklığıyla etkinliğinin nasıl değiştiği laboratuvar deneyleri ile tespit edilmelidir (Yamada v.d., 1999).

Amerika Birleşik Devletleri'nde kullanılan kimyasal katkıları için belli işlenebilirliği sağlamada hangi katkıının hangi sıcaklıkta ne kadar kullanılması gerektiği ve sıcaklık yükselmesi veya düşüşü ile her °C derece için ne kadar katkı ilave edilmesi veya azaltılması gerektiği bir rapor halinde sunulmaktadır (IDT, 2002).

Kimyasal katkı maddeleri, çimento ile elektriksel, fiziksel ya da fizikokimyasal bir etkileşime girip çimentonun hidratasyon hızını ve oranını değiştirebilir. Ancak temel etkisi fizikseldir. Kimyasal katkıları, çimento hamuru ile kimyasal bir tepkimeye girmemekte fakat dolaylı yoldan çimento hamurunun hidratasyonunda hızlandırıcı veya yavaşlatıcı etki gösterebilmektedir. Bu etkiler araştırmacılar tarafından farklı mekanizmalarla (çökeltme, iyon konsantrasyonu değişimi, ayrıştırma veya kümeleştirme, yüzey alanını kaplayarak hidratasyonu engelleme vs.) açıklanmaktadır (Ramachandran ve Malhotra, 1984).

Topaklaşmaya meyilli çimento tanecikleri kimyasal katkıının ayırıcı etkisiyle (elektrostatik etki) dağılır ve su ile temas eden yüzeyleri artar, böylece hidratasyon

kolaylaşır. Kimyasal katkıının ayrıştırıcı etkisi Şekil 14’ de verilen mikrofotoğraflarda görülmektedir (Mehta ve Monteiro, 1997).



Şekil 14. (a) Çimento su süspansiyonunda topaklanmış çimento tanecikleri (b) Akışkanlaştırıcı ilavesinden sonra çimento tanecikleri (siyah renkler hava boşluklarını göstermektedir).

Akışkanlaştırıcılar, uygulamada su/çimento oranını azaltılması ile aynı işlenebilmeyi elde etmek, daha yüksek dayanım kazandırabilmek ve hidrasyon ısısını düşürmek gibi amaçlarla kullanılabilir (Topçu v.d., 2006). Kimyasal katkıları; su azaltıcı, yüksek oranda su azaltıcı, su tutucu, hava sürükleyici, priz hızlandırıcı, sertleşme hızlandırıcı, priz geciktirici, çok amaçlı katkıları olmak üzere değişik sınıflara ayrılmaktadır (Akman, 1996; Uyan vd., 1996; Erdoğan, 1997).

#### 1.6.12. Pomza Taşı (Bims)

Pomza, volkanlardan çıkan lavların oluşturdukları, değişik boyda, delikli, kabarcıklı, süngerimsi yapıda, bazen özgül ağırlıkları sudan daha az olduğu için su içerisinde yüzebilen volkanik kayadır (Ardoş, 1987). Diğer bir ifade ile pomza, kızgın haldeki magmanın ihtiva ettiği gazların ani soğuma esnasında kütlede ayrılmasıyla oluşan çok gözenekli camsı yapıda volkanik bir taştır.



Şekil 15. Boyutlandırılmış pomza örnekleri ( Gündüz v.d., 2006).

Hafif, suda uzun süre yüzebilen, izolasyonu yüksek bir kayaç olan pomzanın sertliği Mohs ölçeğine göre 5-6'dır. Kimyasal olarak bünyesinde %75 civarında silis içermektedir (Şekil 15). Pomza volkanik bir kayaç türü olup, gözenekler çoğunlukla birbirleri ile bağlantılı değildir ve içerdiği gözenekler göz ile görülebilecek boyutlardan mikroskobik boyutlara kadar sayısız olup, her biri camsı bir zarla yalıtılmıştır. Bu yüzden hafif, suda uzun süre yüzebilen, izolasyonu yüksek bir kayadır (Ulusoy, 2004).

Kayacın içerdiği  $\text{SiO}_2$  oranı kayaca abrasif (aşındırıcı) bir özellik kazandırmaktadır.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  bileşimi ise kayaca ateş ve ısıya yüksek dayanma özelliği kazandırır.  $\text{Na}_2\text{O}$  ve  $\text{K}_2\text{O}$  tekstil sanayisinde reaksiyon özelliği vermekte,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  pomzanın sertliğini düşürmektedir (Özkan ve Tuncer, 2001).

Çoğunlukla inşaat sektöründe yapı malzemesi olarak kullanılan pomzanın diğer kullanım alanları da son yıllarda giderek genişlemektedir. Günümüzde pomza, pek çok sanayi sektörünün hammaddesini oluşturmaktadır. Tekstilde kot taşlama olarak bilinen kot kumaşlarının yumuşatılması ve renklerinin açılması (ağartılması) işlemlerinde kullanılmaktadır. Pomzanın yeni gelişen bir diğer kullanım alanı ise kimya sanayisindedir. Tarım ilaçları ve kibrit sanayisinde taşıyıcı, gübre topaklaşmasının önlenmesinde antikek maddesi, diş macunlarında ve dişçilikte parlatma keki ve tozu, deterjan ve temizlik ve boya sanayisinde katkı maddesi ve birçok sektörde absorban malzeme olarak kullanılmaktadır. Pomza metal, plastik, cam ve oto lastik üretiminde, aşındırıcı madde olarak kuyumculukta ve yüzeye bitüm kusmayı engelleyici katkı maddesi olarak asfalt kaplamalarında değerlendirilmektedir. Ayrıca karayollarında buzlanmayı kontrol altına almada da pomzadan yararlanılmaktadır (Yazıcıoğlu v.d., 2003).

Pomza, yıllar boyunca inşaatlarda yapı elamanı olarak kullanıla gelmiş, ustaların elinde şekillendirilerek günümüze kadar geçmişin tarih ve tekniğini taşımıştır. Türkiye, pomza rezervleri bakımından oldukça önemli bir potansiyele sahiptir. Resmi verilere göre, 18 milyar m<sup>3</sup> civarında olan dünya pomza rezervlerinin yaklaşık %40'ına (7,4 milyar m<sup>3</sup>'den fazla) sahip ülkemiz açısından, pomza madeni potansiyelimiz çok önemli bir yer tutmaktadır. Pomza rezervlerinin İç Anadolu Bölgesinde yoğunlaşmış olmasına karşın, Akdeniz ve Doğu Anadolu bölgelerinde de önemli derecelerde rastlanmakta ve üretim faaliyetleri yapılmaktadır. Ülkemiz pomza rezerv dağılımlarına ilişkin değerler Tablo 7'da verilmiştir (Gündüz, 2005).

Tablo 7. Türkiye pomza rezerv dağılımı

Yeri	Rezerv Miktarı	Rezerv Kategorisi
Nevşehir-Ürgüp-Avanos	400.412.834	A+B
Kayseri-Gömeç	48.660.408	C
Kayseri-Develi	58.500.000	A+B
Bitlis-Tatvan	1.100.000.000	A+B
Kars	40.150.250	B
Isparta-Gölcük	30.983.250	A+B
Ağrı	27.812.000	A+B
Ağrı-Doğubayazıt	26.875.000	A+B

A: Görünür Reverz B: Muhtemel Reverz C: Mümkün Reverz

### 1.7. Çimentolu Odun Kompozitlerinin Üretimi ve Teknolojik Özellikleri

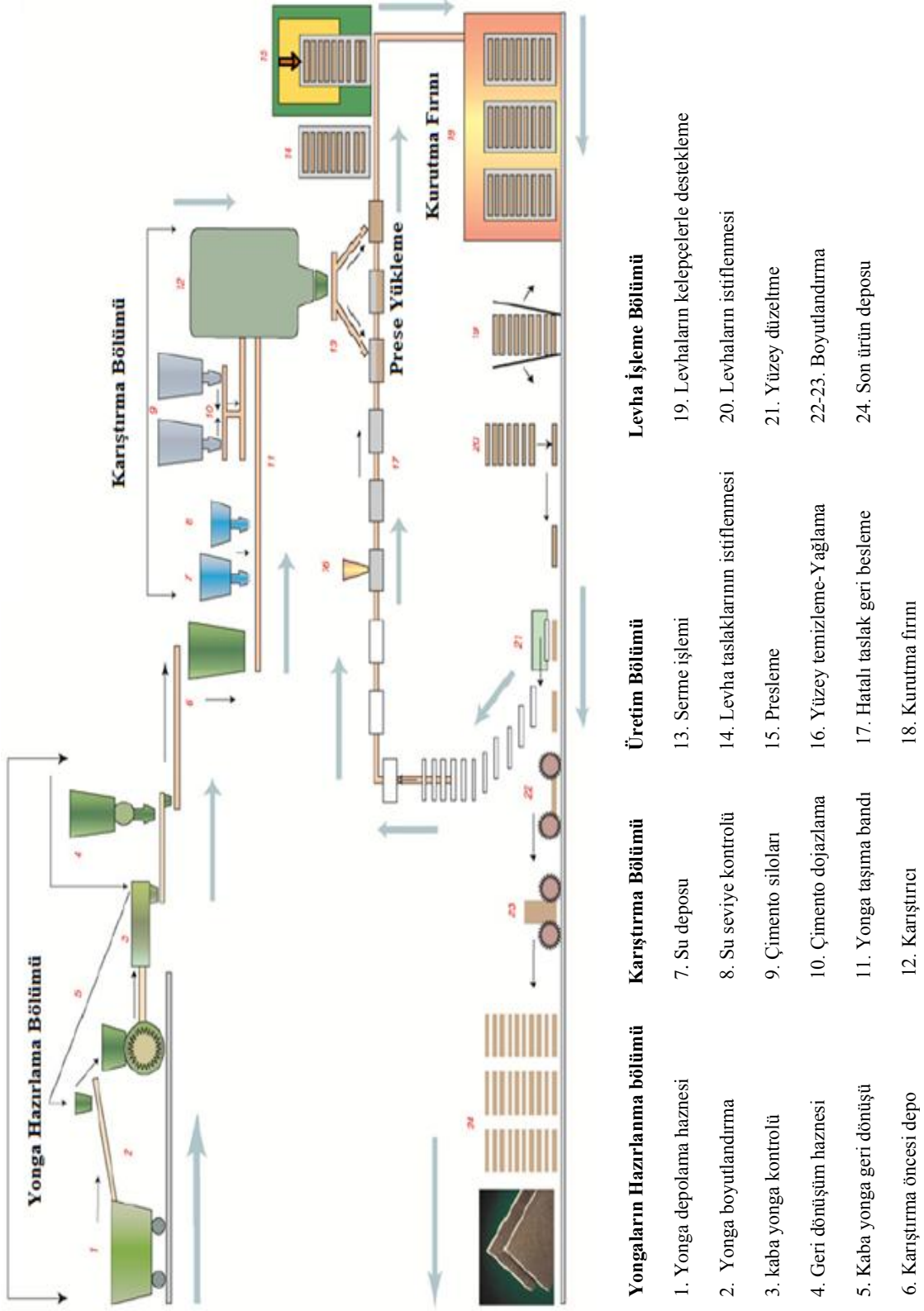
Odun hammaddenin depolanması çimentolu kompozitlerin özelliklerini etkileyen önemli faktörlerden birisidir. Kullanılacak odunsu materyalin mantar ve benzeri çürüklük yapan zararlılara karşı korunması gerekmektedir. Ayrıca depolama süresi, depolamanın odun ekstraktif içeriğine olan etkisinden dolayı çimento odun uyumluluğu üzerinde de etkili olmaktadır.

Yapılan bir çalışmada yüzey tabakasında testere tozu ve orta tabakasında 3 tropikal ağaç öz odunu kullanarak 3 tabakalı üretilen çimentolu levhalarda yonga kalınlık ve uzunluğunun, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, su emme ve kalınlık artımı değerleri üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir (Badejo, 1988). Çam yongaları kullanılarak yapılan bir başka çalışmada, 1/2 oranında odun-çimento kullanımı ile eğilme dirençlerinde

azalma meydana gelse de 1/2,6 odun-çimento oranı kullanılarak standart değerlere uygun eğilme dirençleri veren levhalar üretilmiştir (Lee, 1985).

Odun çimento kompozitleri, kontrplak gibi organik bağlayıcılı odun kompozitleri ile karşılaştırıldığında, su alma ve boyutsal değişim konusunda daha kararlı bulunmuştur. Ancak boyutsal farklılıklar hala bazı Avrupa ülkelerine göre daha yüksek kalabilmektedir. Odun yongalarının daha küçük boyutlara getirilmesi ve organik bir hidrofobik bileşenin kullanılması ile odun-çimento bileşenleri arasındaki su transferinin azaltılabileceği belirlenmiştir. Polietilen glikol iyi sonuçlar vermiştir. Bir petrol atığı olan bitüm kullanarak daha ekonomik çözüm elde edilmiştir (Mougel v.d., 1995).

Çimentolu odun kompozitlerinin üretilmesi için en basit, fakat etkili ve yaygın kullanılan yöntem; çimento, odun ve su karışımı işleminden oluşmaktadır. Daha sonra sertleşme işleminin gerçekleşmesi için presleme işlemi gelmektedir. Odun hammadde özellikleri (lignoselülozik hammadde türleri) ve depolama koşulları, yonga boyutu ve geometrisi, çimento tipi, kullanılan katkı maddelerinin türü, odun-çimento-su oranları, çevre sıcaklığı, gibi koşullar üretilecek nihai ürünün özelliklerini etkilemektedir. Tüm bu değişkenler ve karşılıklı etkileşimleri özellikler hakkında teorik olarak yorum yapmayı zor hale getirmektedir. Şekil 16'de çimentolu yongalevha üretimi için örnek bir iş akış şeması verilmiştir.

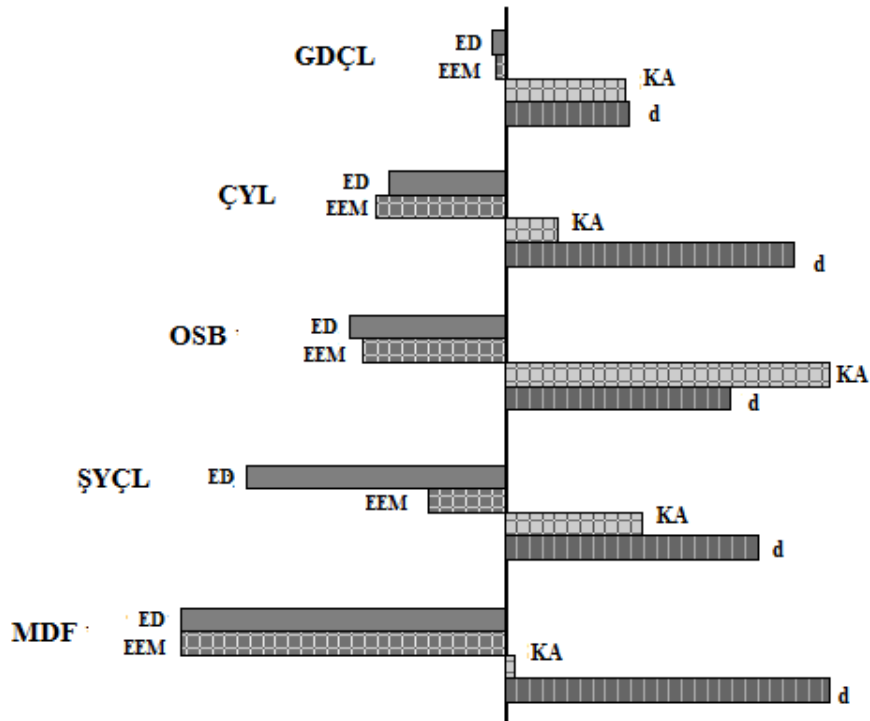


Şekil 16. Çimentolu yongalevha üretimi (URL-6, 2013).

Odun atıklarından üretilen levhalar, tatmin edici eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri vermemektedirler. Bunun sebebi, kullanılan yonga boyutunun düşüklüğü ve yetersiz odun-çimento oranı sonucunda meydana gelebilecek temas yüzeyi ve bağlanma zayıflığı gösterilebilir. Ayrıca yetersiz çimento oranı su alma ve kalınlığına şişme gibi fiziksel özellikleri olumsuz etkilemektedir. Bu tür levhalar çoğunlukla ısı ve ses yalıtımı için kullanılmakla birlikte, yapı elemanı olarak kullanılması pek uygun değildir.

ÇYL’da yüzey tabakasında ince ve orta tabakada daha kalın yongaların kullanılması ile daha yüksek boyutsal kararlılık elde edilmektedir. Yüksek özgül ağırlıkları işleme zorluklarına sebep olmasına rağmen, eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin yüksek olması ve düşük su alma özellikleri sebebiyle yapı elemanı olarak tercih edilmektedirler.

OYÇL’lar sadece yapı elemanı özellikleri ile değil, gözenekli yapısı sayesinde daha çok ısı ve ses izolasyonu için kullanılacak uygulama alanlarında ön plana çıkmaktadır. Düşük odun-çimento oranı kullanılan bu levhalar daha düşük eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri vermektedir.



Şekil 17. Çeşitli yonga boyutuna sahip odun kompozitlerinin teknolojik özelliklerinin karşılaştırılması (Frybort v.d., 2009).

Çimentolu kompozit levhaların çalışma oranı; ortam bağılı nemine bağılı olarak yok denecek kadar düşük olup, masif ve diğer levhalara göre çok daha düşüktür. Bünyesinde formaldehit asbest vb sağlığa zararlı maddeler bulundurmaz. İşlenme, boyanma ve montajı kolay olduğu için özellikle prefabrik yapılarda tercih edilir. Üretimi için yüksek teknoloji ve kalifiye iş gücüne ihtiyaç duyulmamaktadır.

Tablo 8. Çimentolu levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri (TS EN 634-2, 2009).

Özellikler	Standart Değerler
Yoğunluk ( $\text{kg/m}^3$ )	< 1000
Kalınlık Artımı (%) (24 saat)	1,5
Rutubet (%)	9±3
Eğilme Mukavemeti ( $\text{N/mm}^2$ )	9
Elastikiyet Modülü ( $\text{N/mm}^2$ )	Sınıf 1: 4500 / Sınıf 2: 4000
Yüzeye Dik Çekme Direnci ( $\text{N/mm}^2$ )	0,5
Yıpratma deneyinden sonra çekme direnci ( $\text{N/mm}^2$ )	0,3
Yıpratma testinden sonra kalınlık artımı (%)	1,5

Çimentolu levhaların yapısında önemli oranda yer alan odun ve çimento, sahip oldukları özellikleri ile malzemeye olumlu özellikler kazandırmaktadırlar. Tablo 9’de odun ve çimentonun olumlu özellikleri verilmiştir.

Tablo 9. Odun ve çimentonun olumlu özellikleri

Özellikler	Odun	Çimento
Ürün maliyeti	+	+
Makine ile kolay işlenebilirlik	+	
Yoğunluk ve elastikiyet	+	
Mekanik Direnç	+	+
Rutubet direnci ve boyutsal kararlılık		+
Biyolojik zararlılara ve yangına karşı direnç		+
Gürültü izolasyonu ve ısı yalıtımı	+	
Üretim esnasında enerji kullanımı	+	
Geri dönüşüm	+	



## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Ağaç Malzeme

Ağaç türü olarak deneme levhalarının üretiminde SÖZENLER ORMAN A.Ş.'den tedarik edilen Doğu Ladini (*Picea orientalis L.*) planya atıkları kullanılmıştır.

##### 2.1.1.1. Doğu Ladini (*Picea Orientalis L.*)

Ülkemizde doğal olarak yetişen Doğu Ladini (*Picea Orientalis L.*) Kuzeydoğu Anadolu'da kıyı dağları üzerinde denize bakan kısımlarda 1200-2400m'ler arasında, doğuda Türkiye-Gürcistan sınırından batıda Ordu ili melet ırmağına kadar olan bir alanda yayılış göstermektedir (Anşin ve Özkan 1993; Bozkurt v.d., 1991). Doğu Ladini ülkemizde genel olarak 150000 hektarlık bir alanda; bazen saf, çoğu kez de *Pinus sylvestris*, *Abies nordmanniana* ve *Fagus orientalis* gibi ağaç türleri ile karışık orman alanları oluşturur.

Çoğunlukla 900-1500 metre arasında karışık; 1500-2200 bazende 2400 metre aralarında saf ormanlar kurmaktadır (Anşin ve Özkan 1993).

Doğu Ladini odunu sarımsı beyaz renkte, yıllık halka sınırları belirgindir. Yaz odunu sarımsı açık kahverengindedir. Odunu radial kesitte hafif parlak, liflerin gidişi düzgün teğet kesitteki koyu renkli şeritler düzenlidir. Koyu renkli öz odunu bulunur. Gövdenin iç kısımlarında ölü, faaliyetten kalmış, diri odun ile aynı renkte "olgun odun" yer almaktadır (Berkel, 1970). Reçine kanalı içeren odunu göknar odunundan daha parlaktır (Merev, 1988).

Odunu; kolayca ve temiz bir biçimde işlenebilir. Planya, zımpara ve vernikleme yoluyla yüzey işlemine tabi tutulup yumuşak dokulu, çekici bir parlak görünüm verir. Tutkallamada sorun çıkarmaz, vidalama ve çivi tutma özellikleri iyi olan bir türdür. Uzun lifli yapısından ötürü özellikle kâğıt endüstrisi ve selüloz üretiminde tercih edilmektedir. Yapı kerestesi olarak çatıda, taban ve taban döşemesi olarak kapı pencere doğramaları ile bunların kasa pervazlarında, iç dekorasyon, mobilya üretiminde, inşaat sektöründe, iskele malzemesi ve kalıp tahtası olarak kullanılmaktadır (Anşin, 1988).

Tablo 10. Doğu Ladini odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri (Akyüz,1997).

Doğu Ladinin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri		
Tam kuru özgül ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )		0,416
Hava kurusu özgül ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )		0,451
Hacim yoğunluk değeri (gr/cm <sup>3</sup> )		0,366
Daralma yüzdeleri (%)	Radyal yönde	3,878
	Teğet yönde	7,147
	Hacmen	11,207
Eğilme direnci (kg/cm <sup>2</sup> )		707,03
Basınç direnci (kg/cm <sup>2</sup> )		390,68
Elastikiyet modülü (kg/cm <sup>2</sup> )		10528
Çekme direnci(kg/cm <sup>2</sup> )		875,5
Makaslama direnci(kg/cm <sup>2</sup> )		63,52
Dinamik eğilme (kg.m/cm <sup>2</sup> )		0,393
Yarılma direnci(N/mm <sup>2</sup> )	Radyal yönde	3,90
	Teğet yönde	4,61
Brinell sertlik(N/mm <sup>2</sup> )	Radyal yönde	1,47
	Teğet yönde	1,28

Tablo 11’de Doğu Ladini (*Picea Orientalis L.*) odunun kimyasal bileşimi verilmiştir. Yıldız (2002).

Tablo 11. Doğu Ladini yongalarının kimyasal bileşimi

Kimyasal Bileşimi	
Hemiselüloz miktarı (%)	24,66
Selüloz miktarı (%)	54,12
Lignin miktarı (%)	24,37
Sıcak su çözünürlüğü (%)	2,59
Alkol-Benzen Çözünürlüğü (%)	0,14
%1 NaOH çözünürlüğü(%)	10,72
pH değeri	6,83

### 2.1.2. Çimento

Deneme levhalarının üretiminde kullanılan 42,5’luk Portland çimentosu AŞKALE ÇİMENTO SANAYİ T.A.Ş Trabzon fabrikasından tedarik edilmiştir. Yonga miktarına göre 1:2,75 oranında çimento kullanılmıştır.

Tablo 12. Levha üretiminde kullanılan çimentonun bazı özellikleri

Kimyasal İçeriği		Fiziksel Özellikleri	
SiO <sub>2</sub>	18,89	İncelik (45µ elek üstü %)	8,64
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,74	Özgül ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	3,13
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,05	Özgül Yüzey (cm <sup>2</sup> /gr)	3603
CaO	63,43	Priz Başlangıcı (saat-dk)	2sa-22dk
MgO	2,01	Priz Sonu (saat-dk)	3sa-10dk
SO <sub>3</sub>	3,12	Hacim genişlemesi (mm)	1,0
Kızdırma Kaybı	3,42	Başlangıç dayanımı (Mpa)-2.gün	25,6
Na <sub>2</sub> O	0,12	Başlangıç dayanımı (Mpa)-28.gün	56,7
K <sub>2</sub> O	0,63	Su ihtiyacı (%)	29,2
Cl	0,02		
s.CaO	0,48		
Çözünmeyen Kalıntı	0,90		

Bu değerler TS EN 197-1 (Çimento-Bölüm 1:Genel Çimentolar-Bileşim, Özellikler, uygunluk Kriterleri) standardına uygundur.

### 2.1.3. Katkı Malzemeleri

#### 2.1.3.1. Alüminyum Sülfat ( $A_2(SO_4)_3.18H_2O$ )

Molekül ağırlığı 342,14 gr/mol olan Alüminyum sülfat; Alünogenit minerali biçiminde doğada bulunur. Beyaz parlak kristallerdir. Suda çözünür. Sekiz molekül su ile hidrat oluşturur. Dericilikte, mordan olarak, kâğıt yapımında, su ve ateşe dayanıklı kumaşların hazırlanmasında, petrolün koku ve renginin giderilmesinde, alüminyum tuzlarının elde edilmesinde kullanılmaktadır (URL-7, 2013).



Şekil 18. Değişik tane büyüklüğünde alüminyum sülfat örnekleri ( URL-8, 2013).

Alüminyum sülfat çimentonun bağlanmasını hızlandırmak için kullanılmaktadır. Çimentolu yongalevha üretimde %10'luk çözelti halinde hazırlanarak kullanılmıştır. Üretimde kullanılan alüminyum sülfat'ın kimyasal ve fiziksel özellikleri Tablo 13'da verilmiştir.

Tablo 13. Levha üretiminde kullanılan Alüminyum sülfatın fiziksel ve kimyasal analizi

Kimyasal Özellikleri		Fiziksel Özellikleri	
SiO <sub>2</sub>	18,89	İncelik (45µ elek üstü %)	8,64
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,74	Özgül ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	3,13
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,05	Özgül Yüzey (cm <sup>2</sup> /gr)	3603
CaO	63,43	Priz Başlangıcı (saat-dk)	2sa-22dk
MgO	2,01	Priz Sonu (saat-dk)	3sa-10dk

### 2.1.3.2. Sodyum Silikat (Na<sub>2</sub>SiO<sub>2</sub>)

Su camı olarak da adlandırılan sodyum silikat genel olarak üretildikleri aside göre, ortosilikat, metasilikat, disilikat ve tetrasilikat olarak adlandırılırlar. Bütün bu bileşikler renksiz, şeffaf, camsı madde, ticari olarak bir toz veya su içerisinde şurupsu viskoz bir çözelti olarak bulunmaktadır. Sodyum silikatlar; silika jeli üretmek için bir hammadde olarak, deterjan üretiminde, çömlek ve seramik endüstrisinde, yanmaz kağıt, ahşap, çimento ve diğer maddelerin üretiminde boyama ve giysi baskılarında pigmentleri oturtmak ve bitki tohumlarını muhafaza etmek için kullanılır (URL-9, 2013).

Sodyum silikat bağlanmayı hızlandırıcı etki yaptığı gibi, çimentolu levhaların mukavemet değerlerinin kısa sürede artmasına yardımcı olur. Muhtemelen odun hammaddesinden kaynaklanan kalite bozukluklarını dengeleyici bir etkide yapmaktadır (Aslan, 2007).

Çalışmada kullanılan sodyum silikat sıvı halde tedarik edilmiştir. Havada kristalleşme göstermesi sebebiyle hava ile temas etmesi önlenmiştir. Tablo 14'de sodyum silikat'a ait özellikler verilmiştir

Tablo 14. Sodyum silkat'ın fiziksel ve kimyasal özellikleri

Kimyasal Formülü	$\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
Görünüş	Berrak renksiz cevap
$\text{Na}_2\text{O}$ (%)	11,0-12,5
$\text{SiO}_2$ (%)	21,5-24,5
Modül	1,9-2,2
Densite (20 <sup>0</sup> C)	1,37-1,41 gr/cm <sup>3</sup>
pH(%1 çözeltide)	11-12,5
Bome derecesi (Be <sup>0</sup> )	39-42



Şekil 19. Sıvı sodyum silikat çözeltisi

### 2.1.3.3. Akışkanlaştırıcı Kimyasal

Yapılan çalışmada ERKİM Yapı Kimyasalları şirketi tarafından sağlanan BAUBERG markalı PLASTİBERG-4000BV türü priz geciktirici, su azaltıcı ve plastikleştirici etkisi olan orta tip akışkanlaştırıcı madde kullanılmıştır. Bu tip akışkanlaştırıcı, özellikle sıcak iklim koşullarında uzun işlenebilirlik süresi ile çimentoya akışkanlık ve betonda su kesme özelliği kazandırmaktadır. Avantajları; katkısız beton uygulamalarına göre karışım suyunu azalttığı gibi dayanımı arttırmak, kolay işlenebilirliği sağlamak ve işlenebilirlik ömrünü uzatmak, yüzey düzgünlüğü sağlamak ve klor ihtiva etmemesi olarak gösterilebilir.

Bu akışkanlaştırıcı tipi priz süresinin uzun tutulmak istendiği durumlarda, pompalı veya pompasız hazır beton üretiminde, hafif veya normal ağırlıklı beton üretiminde, kütle veya silindir ile oluşturulan beton uygulamalarında, perde, kiriş ve kolon üretimlerinde kullanılmaktadır. Akışkanlaştırıcı maddenin teknik özellikleri Tablo 15’de verilmiştir

Tablo 15. Kullanılan akışkanlaştırıcının teknik özellikleri

Malzemenin yapısı	Lignin esaslı
Renk	Kahverengi
Yoğunluk	1,13-1,16 kg/litre
Klor içeriği	<0,1
Alkali içeriği	<10



Şekil 20. Akışkanlaştırıcı kimyasal

#### 2.1.3.4. Pomza Taşı (Bims)

Pomza tozu BEKTAŞ MADENCİLİK PLASTİK SAN. TİC. LTD. ŞTİ.’den tedarik edilmiştir. Tanecik boyutu 10µ kadardır. Tablo 16’de pomza taşına ait kimyasal özellikler verilmiştir (Tuncer ve Şafak, 2001; Kuzugüdenli 2004).

Tablo 16. Pomza tozunun kimyasal analizi

Bileşik	Oran (%)
SiO <sub>2</sub>	60-75
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13-17
Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	5-8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1-3
CaO	1-2
MgO	1-2
TiO <sub>2</sub>	Çok az
SO <sub>3</sub>	Çok az
CL	Çok az



Şekil 21. Pomza tozu

## 2.2. Deneme Levhalarının Üretimi

### 2.2.1. Yongalama

Ladin planya atıkları ortam şartlarında bir süre bekletildikten sonra R. Hildebrand marka, 6 çekiçli ve 16 bıçaktan oluşan bıçak halkalı yongalama makinesinde yongalama işlemine tabi tutulmuştur.

### 2.2.2. Eleme

Elde edilen yongaları elenmesi için Algemaier marka, dairesel hareket yapan 4 kademeli elek kullanılmıştır. 3mm gözenekli elek üzerinde kalan yongalar tekrar ince

yongalama makinesinde yongalanmıştır. 3mm'lik elekten geçip 1,5mm elek üzerinde kalan yongalar levhanın orta tabakasında, 1,5mm gözenekli elekten geçip 0,5mm gözenekli elek üzerinde kalan yongalar ise dış tabaka üretiminde kullanılmak üzere elenmiştir. Üretimde toz kısım kullanılmamıştır.

### **2.2.3. Yongaların Kurutulması**

Yongaların kurutulması için herhangi bir sıcaklık altında kurutma işlemi uygulanmamış ve elenen yongalar hava kurusu hale gelinceye kadar (%12 rutubet) laboratuvar ortamında kurumaya bırakılmıştır.

### **2.2.4. Levhaların Üretimi**

Deneme levhaları üretiminde ladin planya atıkları kullanılmış olup, 4 farklı pomza tozu miktarı (%0, %10, %20, %30) ve 4 farklı akışkanlaştırıcı miktarı (%0, %4, %8, %12) varyasyonu kullanılmıştır.

### **2.2.5. Çimento ile Karıştırma İşlemi**

Levha üretimi için karışım dış ve orta tabakalar için ayrı ayrı hazırlanmıştır. Her tabaka için gerekli olan yonga miktarı belirlenmiş ve karıştırılmak amacıyla geniş bir kaba alınmıştır. Öncelikli olarak %12 rutubetteki yongalar karışımında kullanılacak suyun bir kısmı ile ıslatılmıştır. Böylece, yonga rutubetinin yaklaşık %30'a ulaşması sağlanmıştır. Daha sonra pomza tozu eklenmiştir. Bu işleminden sonra çimento ilavesi yapılarak karıştırmaya devam edilmiştir. El yardımıyla çimento ve yongalar homojen bir şekilde karıştırılmıştır. Karışımında kullanılan hammadde ve kullanım oranları Tablo 17'de verilmiştir.



Tablo 17. Çimentolu yongalevha üretimi için uygulanan deney koşulları

Hammadde Tipi	Kullanım Oranı
Hedeflenen özgül ağırlık ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	1,2
Orta tabaka / Dış tabaka (%)	60:40
Odun / Çimento oranı	1:2,75
Su / Çimento oranı	1:1,64
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{k})$ (%)	1,5
$\text{Na}_2\text{SiO}_2(\text{s})$ (%)	1,75

### 2.2.6. Kimyasal Maddeler ile Muamele

Levha üretimi sırasında çimento ile muamele edildikten sonra uyumu geliştirmek ve çimento hidrasyon reaksiyonunu hızlandırmak için sertleştirici kimyasal malzemeler kullanılmıştır. İlk olarak çimento ağırlığının %1,75 oranındaki cam suyu (sodyum silikat) karışıma ilave edilmiştir. Sodyum silikat ilave edilmeden önce üzerine bir miktar daha karışım suyundan eklenmiştir. Kullanılan diğer kimyasal madde alüminyum sülfattır. Çimento ağırlığının %1,5 oranında kullanılan katı haldeki alüminyum sülfat %10'luk çözelti hazırlanarak karışıma ilave edilmiştir. Karışıma en son olarak kalan su ilave edilmiş ve yonga rutubetinin %40-45 olması sağlanmıştır. Rutubetin daha yüksek olması durumunda presleme işlemi sırasında su ile birlikte kullanılan kimyasal maddelerin dışarı sızması söz konusu olabilmekte ve levhaların kalitelerinde düşme meydana gelebilmektedir. Daha düşük rutubetlerde ise su miktarı yeterli olmadığından çimento ile odun arasında bağlanma problemleri oluşmaktadır

### 2.2.7. Levha Taslağının Hazırlanması

Levha üretiminde  $55 \times 55 \text{cm}$  boyutlarında şekillendirme kalıbı kullanılmıştır. Levhalar 10mm kalınlığında üretilmişlerdir. Dış tabaka, levha kalınlığının %40'unu, orta tabaka ise %60'ini oluşturacak şekilde hazırlanmıştır. Özgül ağırlığı  $1,2 \text{gr}/\text{cm}^3$  olarak alınmıştır. Taslak; çerçeve üzerinde yağlı kağıt bulunan pres sacı üzerine yerleştirildikten sonra, önce dış tabaka yongaları el ile mümkün olduğu kadar homojen bir şekilde serilmiş, ardından orta tabaka ve tekrar ikinci dış tabaka yongaları serilmiştir. Serme işleminden sonra kalıp büyüklüğünde bir tabla ile bastırılarak sıkıştırılmış yongaların sıcak pres öncesi belli oranda birbirine bağlanmaları sağlanmıştır. Şekillendirme tablası yavaş bir şekilde ve

levha kenarlarına zarar vermeden çıkarılmıştır. Ardından taslak üzerine pres sacına yapışmayı önleyici yağlı kağıt ve üst pres sacı yerleştirilerek prese yüklenmiştir.

### **2.2.8. Levha Taslağının Preslenmesi**

Taslaklar; presleme alanı 70x89cm olan, elektrikle ısıtılan tek katlı hidrolik preste preslenmiştir. 10mm kalınlığında kalınlık takozları kullanılarak tüm levhaların homojen bir şekilde aynı kalınlıklarda olmaları sağlanmıştır. Her levha tipinden 2'şer adet olmak üzere toplam 32 adet levha üretilmiştir. Sıcak pres levha spesifik basıncı 1,8–2,0N/mm<sup>2</sup> (piston basıncı 13–15N/mm<sup>2</sup>) ve sıcaklığı 60°C olacak şekilde ayarlanmıştır. Levhalar bu sıcaklıkta yaklaşık 8 saat bekletilmiştir. Ardından sıcaklık etkisi kaldırılıp 16 saat boyunca mevcut pres basıncı altında bekletilmiştir. Toplam bir levhanın presleme süresi 24 saattir.

### **2.2.9. Presleme Sonrası İşlemler**

Presleme sonrası levhalar, çimento sertleşme reaksiyonu nedeniyle hava kurusu ortamda 30 gün bekletilerek tam olarak sertleşmesi sağlanmıştır. Ardından TS 642'ye göre sıcaklığı 20±2°C ve bağıl nemi %65±5 olan klima dolabında yaklaşık bir hafta bekletilerek klimatize edilmiştir (TSE 642 ISO 554, 1997). Levhalar yapılacak olan testler için gerekli örnek boyutlarında kesilmişlerdir. Üretim gerçekleştirilirken kullanılan hammadde miktarları ve üretim koşulları Tablo 18 ve 19' da verilmiştir.

Tablo 18. Levhaların üretiminde kullanılan hammaddeler ve miktarları

Örnek Kodu	Pomza Miktarı (%)	Akışkanlaştırıcı (‰)
K0	0	0
K1		4
K2		8
K3		12
L0	10	0
L1		4
L2		8
L3		12
M0	20	0
M1		4
M2		8
M3		12
N0	30	0
N1		4
N2		8
N3		12

## 2.3. Araştırma Yöntemi

### 2.3.1. Fiziksel Özellikler

#### 2.3.1.1. Rutubet Miktarı

Rutubet TS EN 322 (1993)'de belirtilen esaslara göre belirlenmiştir. Rutubet miktarının belirlenmesinde eğilme direnci ve elastikiyet modülü denemeleri tamamlandıktan sonra kırılan parçalardan yararlanılmıştır. 50x50xlevha kalınlığı (mm) boyutlarında hazırlanan örneklerin ağırlıkları analitik terazide  $\pm 0,01$ g duyarlıkta tartılmıştır ve  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  sıcaklıkta değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar bekletilerek tam kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Rutubetin belirlenmesinde;

$$r = \frac{m - m_0}{m_0} \times 100 \quad (1)$$

eşitliği kullanılmıştır. Burada;

r: rutubet (%)

m: klimatize edilmiş durumdaki örnek ağırlığı (g)

m<sub>0</sub>: tam kuru haldeki örnek ağırlığı (g)

### 2.3.1.2. Yoğunluk

Hava kuru özgül ağırlık değerleri esas alınmıştır. Özgül ağırlık belirlenmesi TS EN 323/1 (1999)'de belirtilen esaslara uygun olarak yapılmıştır. Bu amaçla ayrı örnek hazırlanmamış, eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü denemelerinden sonra kırılan parçalardan elde edilen ve 50x50xlevha kalınlığı (mm) boyutlarında örnekler kullanılmıştır. Örnekler 18-22°C sıcaklık ve % 60-70 bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar bekletilmiştir. Örneklerin genişliği, kalınlığı ve ağırlığı sırasıyla kumpas, mikrometre ve analitik terazi ile ±0,01g ve ±0,01 mm hassasiyetle belirlenmiştir. Özgül ağırlığın hesaplanmasında;

$$\delta = \frac{m}{v} \text{ g/cm}^3 \quad (2)$$

eşitliği kullanılmıştır. Burada;

δ: özgül ağırlık (g/cm<sup>3</sup>)

m: hava kuru ağırlık (g)

v: örnek hacmi (cm<sup>3</sup>) 'dir.

### 2.3.1.3. Su Alma Miktarı

Su alma miktarı ASTM D1037 standardına uygun olarak belirlenmiştir (ASTM D1037, 2006). 50x50xlevha kalınlığı (mm) boyutlarında hazırlanmış örneklerin ağırlığı ±0.01gr duyarlıklı analitik terazide tartılmıştır. Daha sonra örnekler su yüzünden 25mm aşağıda tutulmak suretiyle 2 ve 24 saat süre ile 20±2°C'lik suda bekletilmişlerdir. Bu süreler sonunda sudan çıkarılan örneklerin fazla suları bir bez ile silinmiş ve ağırlıkları aynı hassasiyetle ±0.01gr duyarlıklı terazide tartılmıştır. Su alma miktarlarının belirlenmesinde;

$$\%SA = \frac{M - M_0}{M_0} \times 100 \quad (3)$$

eşitliğinden yararlanılmıştır. Burada;

Sa= Su alma miktarı (%)

m<sub>0</sub>= Örneğin ilk ağırlığı (gr)

m= Örneğin suda bekletildikten sonraki ağırlığı (gr)



Şekil 22. Su alma deney düzeneği

#### 2.3.1.4. Kalınlık Artışı (Şişme Oranı)

2 ve 24 saat su içinde bekletilen örneklerin kalınlık artışlarının belirlenmesi için TS EN 317 (1993)'de belirtilen esaslara uygun olarak 50x50xlevha kalınlığı (mm) boyutlarında hazırlanmıştır. Örneklerin kalınlıkları; tam orta noktasından  $\pm 0.01$ mm duyarlıklı mikrometreyle ölçülmüş ve 19-21°C sıcaklıktaki temiz suda, su yüzeyinden 25mm aşağıda tutulmuştur. 2 ve 24 saat sonra sudan çıkarılan örneklerin fazla suları bir bez ile alınmış ve kalınlıklar ilk ölçülen noktadan tekrar ölçülerek kalınlık artışları (KA);

$$KA = \frac{e_y - e_k}{e_k} \times 100 \quad (4)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada;

$e_y$  = Suda bekletilen örneklerin kalınlığı (mm)

$e_k$  = Klimatize edilmiş durumdaki örneklerin kalınlığı (mm)

### 2.3.1.5. Isıl iletkenlik

Isı iletkenliği katsayısı, homojen bir malzemenin birbirine paralel iki yüzeyin sıcaklık farkı 1°C olduğunda yüzeyin 1m<sup>2</sup> alanında ve bu alana dik yönde 1m kalınlıktan 1 saatte geçen ısı miktarıdır (Gündüz, 2005). Isı iletim katsayısının hesaplanmasında;

$$\lambda = Q \cdot d / \Delta t \cdot A \quad (5)$$

eşitliğinden yararlanılmıştır. Burada;

$\lambda$ : Isı iletkenlik katsayısını (W/M°K) ,

Q: Verilen ısı miktarı (Watt),

d: Örnek kalınlığı (m),

$\Delta t$ : Örnek yüzeyi sıcaklık farkı (°C),

A: Isının geçtiği yüzey alanı (m<sup>2</sup>)'dir.

Üretilen levhaların ısıl iletkenlikleri, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, ÜSKİM'de gerçekleştirilmiştir. Örnekler bağıl nemi %65±5 olan iklimlendirme odasında bekletildikten sonra, QTM-500 Qyoto Electronics Guick Termal conductivity meter cihazla, ortam sıcaklığı 23°C'de ASTM C 1113-09 (Hot Wire Metot) standartlarına göre ölçülmüştür. Örnekler 100x100x levha kalınlığı (mm) ebatlarında kesilmiş olup, her çeşitten 3'er örneğe uygulanmıştır. Isı iletim katsayısı testinin yapıldığı QTM-500 Kyoto cihazı Şekil 2'de verilmiştir (Açık ve Tutuş, 2012).



Şekil 23. Isıl iletkenlik katsayısı testinin yapıldığı test cihazı

### 2.3.2. Mekanik Özellikler

#### 2.3.2.1. Eğilme Direnci

Eğilme direnci deneyi TS EN 310 (1993) standardına belirtilen esaslara göre yapılmıştır. 400x50x levha kalınlığı (mm) boyutlarındaki örnekler  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  ve bağıl nemi %  $65\pm 5$  olan iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa ulaşınca kadar bekletildikten sonra örneklerin genişlik ve kalınlıkları 0.01 mm hassasiyete sahip kumpas ve mikrometre ile ölçülmüştür. Deneme makinesinde yükleme mekanizması, yükleme anından itibaren 1–2 dakika içerisinde kırılmanın meydana gelmesini sağlayacak şekilde 6mm/dak hızla çalıştırılmıştır. Eğilme direnci;

$$\sigma_e = \frac{3 \times F \times L}{2 \times b \times d^2} \text{ N/mm}^2 \quad (6)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada;

F = Kırılma anındaki maksimum kuvvet (kg)

L = Dayanak noktaları arasındaki açıklık (cm)

d = Örnek kalınlığı (cm)

b = Örnek genişliği (cm)

### 2.3.2.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Elastikiyet modülü TS EN 310 (1993) standardına göre belirlenmiştir. Sıcaklığı 18–22°C ve bağıl nemi % 65±5 olan iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar bekletilen örneklerin elastik deformasyon bölgesindeki eğilme miktarları belirlenmiştir. Deformasyon bölgesinde eğilme miktarı komperatör cihazı ile 0.01mm, kırılma anındaki kuvvet ise makine göstergesinden 1 kg hassasiyetle belirlenmiştir. Elastikiyet modülü (E):

$$E = \frac{F \times L^3}{4 \times \Delta e \times b \times d^3} \quad N/mm^2 \quad (7)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada;

$\Delta e$ = Eğilme miktarı (sehim) (cm)

F= Deformasyonu sağlayan kuvvet (kg)

L = Dayanak noktaları arasındaki açıklık (cm)

d = Örnek kalınlığı (cm)

b = Örnek genişliği (cm)



Şekil 24. Eğilme direnci ve elastikiyet modülü deney düzeneği



### 2.3.2.3. Yüzeye Dik Çekme Direnci

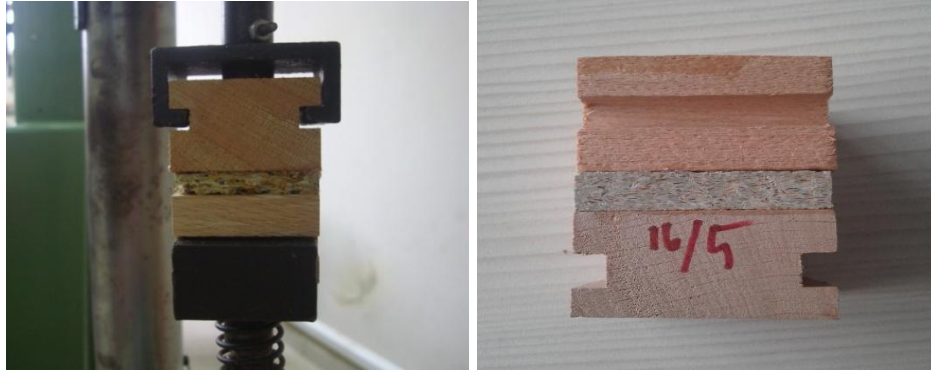
Yüzeye dik çekme direnci deneyi TS EN 319 (1993)'de belirtilen esaslara uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Her levha grubundan 50x50x levha kalınlığı (mm) boyutlarında örnekler hazırlanmıştır. Sıcaklığı  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  ve bağıl nemi  $\%65\pm 5$  olan iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa ulaşınca kadar bekletilen örneklerin boyutları  $\pm 0.01\text{mm}$  duyarlıklı kumpas ile ölçülmüştür. Bunu takiben örneklerin her iki yüzüne standartlarda belirtilen özelliklere sahip kayın takozlar yapıştırılmıştır. Bu amaçla polivinil asetat tutkalı kullanılmıştır. Kayın takoz yapıştırılmış örnekler işkencelerle sıkıştırılmış, sıkıştırma süresi 24 saat olarak belirlenmiştir. Kırılmaları levha yüzeylerine çok yakın örnekler hesaplara dâhil edilmemiştir. Yüzeye dik çekme direnci ( $\sigma_{\text{çd}}$ );

$$\sigma_{\text{çd}} = \frac{F_{\text{MAX}}}{A} \times N/\text{mm}^2 \quad (8)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada;

$F_{\text{max}}$  = Kırılma anındaki max kuvvet (kg)

$A$  = Örnek enine kesit alanı ( $\text{cm}^2$ )



Şekil 25. Yüzeye dik çekme düzeneği ve deney örneği

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Fiziksel özellikler

##### 3.1.1. Rutubet miktarı

Levhaların rutubet miktarlarına ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 19’da verilmiştir. Denemeler 20 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Homojenlik göstermeyen örnekler istatistiksel değerlendirmeye alınmamıştır.

Tablo 19. Levhaların ortalama rutubet değerleri (%)

Levha tipi	X	S	V
K0	11,90	0,58	4,87
K1	11,56	0,30	2,60
K2	11,71	0,35	2,99
K3	11,83	0,30	2,54
L0	11,84	0,42	3,55
L1	11,86	0,44	3,71
L2	10,47	0,42	4,01
L3	10,18	0,34	3,34
M0	11,03	0,44	3,99
M1	10,55	0,57	5,40
M2	10,37	0,69	6,65
M3	10,46	0,35	3,35
N0	11,45	0,44	3,84
N1	10,39	0,65	6,26
N2	11,75	0,24	2,04
N3	11,80	0,28	2,37

X: Aritmetik ortalama S: Standart sapma V: Varyasyon katsayısı

Levha rutubet değerleri aynı iklimlendirme koşullarına tabi tutulduklarından dolayı sınır değerler içerisinde elde edilen levha grupları arasında istatistiksel bir analiz yapılmamıştır.

### 3.1.2. Yoğunluk

Levhaların yoğunluk değerlerine ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 20’de verilmiştir. Denemeler 20 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Homojenlik göstermeyen örnekler istatistiksel değerlendirmeye alınmamıştır.

Tablo 20. Levhaların ortalama yoğunluk değerleri (gr/cm<sup>3</sup>)

Levha tipi	X	S	V
K0	1,200	0,04	3,33
K1	1,200	0,05	4,17
K2	1,199	0,06	5,00
K3	1,193	0,04	3,35
L0	1,198	0,05	4,17
L1	1,196	0,04	3,34
L2	1,200	0,07	5,83
L3	1,200	0,03	2,50
M0	1,200	0,03	2,50
M1	1,196	0,04	3,34
M2	1,196	0,04	3,34
M3	1,195	0,04	3,35
N0	1,194	0,03	2,51
N1	1,196	0,06	5,02
N2	1,193	0,04	3,35
N3	1,196	0,04	3,34

Yoğunluk değerleri üzerine, pomza tozu miktarı ve akışkanlaştırıcı kullanımının etkili olup olmadığını belirlemek için çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 21’de verilmiştir.

Tablo 21. Pomza tozu ve akışkanlaştırıcı kullanımının yoğunluk değerlerine etkilerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Pomza tozu (A)	0,000	3	0,000	0,365	Ö.D
Akışkanlaştırıcı katkı (B)	0,000	3	4,849	0,108	Ö.D
A*B (İnteraksiyon)	0,001	9	0,000	0,249	Ö.D
Hata	0,101	228	0,000		
Toplam	344,0546	244			

Ö.D: Önemli değil

Varyans analizi sonucuna göre, pomza tozu miktarı, akışkanlaştırıcı kullanımı ve bunların etkileşiminin levha yoğunluk değerleri üzerine etkili olmadığı 0,05 hata payı ile belirlenmiştir.

### 3.1.3. Su Alma Miktarı

Levhaların 2 ve 24 saatteki su alma miktarlarına ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 22’de verilmiştir. Denemeler 20 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Homojenlik göstermeyen örnekler istatistiksel değerlendirmeye alınmamıştır.

Tablo 22. Levhaların ortalama su alma oranları (%)

Levha Tipi	2 saat			24 saat		
	X	S	V	X	S	V
K0	16,35	1,09	6,67	20,30	0,88	4,33
K1	16,20	1,39	8,58	20,20	1,30	6,44
K2	16,16	1,12	6,93	20,03	1,03	5,14
K3	18,40	0,78	4,96	22,02	1,41	6,40
L0	15,73	0,86	5,47	19,48	1,13	5,80
L1	15,24	1,09	7,15	19,30	1,03	5,34
L2	15,20	1,41	9,28	19,08	0,89	4,66
L3	17,39	1,15	6,61	21,58	1,20	5,56
M0	15,30	1,08	7,06	18,93	1,19	6,29
M1	15,22	1,12	7,36	18,65	1,16	6,22
M2	15,09	1,34	8,88	18,40	1,02	5,54
M3	17,07	1,10	6,44	19,86	1,31	6,60
N0	14,16	1,06	7,49	18,37	1,20	6,53
N1	13,90	0,93	6,69	18,19	1,04	5,72
N2	13,80	1,25	9,06	18,05	0,89	4,93
N3	15,88	1,10	6,63	19,80	0,94	4,75

Levhaların su alma değerleri üzerine, pomza tozu miktarı, akışkanlaştırıcı kullanımı ve sürenin etkili olup olmadığını belirlemek için çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 23’de verilmiştir.

Tablo 23. Pomza miktarı, akışkanlaştırıcı kullanımı ve sürenin su almalarına etkilerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Pomza tozu (B)	237,623	3	79,208	174,520	***
Akışkanlaştırıcı katkı (C)	242,945	3	80,982	178,429	***
A*B (İnteraksiyon)	4,142	9	0,460	1,014	Ö.D
Hata	79,426	175	0,454		

\*\*\*:  $x \leq 0,001$

Varyans analizi sonucuna göre pomza tozu miktarı ve akışkanlaştırıcı kullanımının levhaların su alma değerlerine etkisinin 0,05 hata payıyla anlamlı olduğu belirlenmiştir. Su alma değerleri üzerine pomza miktarı ve akışkanlaştırıcı katkı kullanımının etkilerine ait Duncan testi sonuçları Tablo 24 ve 25’de verilmiştir.

Tablo 24. Pomza tozu miktarının su almalarına etkisine ait Duncan test sonuçları

Varyans Kaynakları		Su Alma Miktarları (%)
Pomza miktarı (%)	0	18,66 a
	10	17,84 b
	20	17,29 c
	30	16,51 d

Tablo 25. Akışkanlaştırıcı kullanımının su almalarına etkisine ait Duncan test sonuçları

Varyans Kaynakları		Su Alma Miktarları (%)
Akışkanlaştırıcı (%)	0	17,28 a
	4	17,03 b
	8	16,98 b
	12	18,92 c

### 3.1.4. Kalınlık Artışı (Şişme) Oranı

Levhaların kalınlık artışına ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 26’de verilmiştir. Denemeler 20 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Homojenlik göstermeyen örnekler istatistiksel değerlendirmeye alınmamıştır.

Tablo 26. Levhaların ortalama kalınlık artışı oranları (%)

Levha Tipi	2 Saat			24 saat		
	X	S	V	X	S	V
K0	0,85	0,26	3,06	1,44	0,42	2,92
K1	0,68	0,40	5,88	1,37	0,36	2,63
K2	0,65	0,37	5,69	1,33	0,44	3,31
K3	0,91	0,28	3,07	1,68	0,36	2,14
L0	0,83	0,42	5,06	1,33	0,38	2,86
L1	0,80	0,22	2,75	1,31	0,37	2,82
L2	0,77	0,37	4,80	1,29	0,53	4,11
L3	0,87	0,49	5,06	1,56	0,61	3,91
M0	0,80	0,41	5,12	1,28	0,41	3,20
M1	0,77	0,30	3,89	1,26	0,40	3,17
M2	0,75	0,41	5,47	1,20	0,32	2,56
M3	0,84	0,36	3,78	1,49	0,44	2,95
N0	0,72	0,52	7,22	1,23	0,54	4,39
N1	0,64	0,37	5,78	1,12	0,42	3,75
N2	0,61	0,19	3,11	1,05	0,47	4,47
N3	0,75	0,31	4,31	1,42	0,37	2,61

Levhaların kalınlık artış değerleri üzerine, pomza tozu miktarı, akışkanlaştırıcı kullanımı ve sürenin etkili olup, olmadığını belirlemek için çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 27’de verilmiştir.

Tablo 27. Pomza miktarı, akışkanlaştırıcı kullanımı ve sürenin kalınlık artımlarına etkilerine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Pomza tozu (B)	1,651	3	0,550	6,627	***
Akışkanlaştırıcı katkı (C)	0,608	3	0,203	2,442	***
A*B (İnteraksiyon)	0,124	9	0,014	0,166	Ö.D
Hata	14,529	175	0,83		

Varyans analizi sonucuna göre pomza tozu miktarı ve akışkanlaştırıcı kullanımının levhaların kalınlık artımına etkisinin 0,05 hata payıyla anlamlı olduğu belirlenmiştir. Kalınlık artımı üzerine pomza miktarı ve akışkanlaştırıcı kullanımının etkilerine ait Duncan testi sonuçları Tablo 28 ve 29’da verilmiştir.

Tablo 28. Pomza tozu miktarının kalınlık artımına etkisine ait Duncan test sonuçları

Varyans Kaynakları		Kalınlık Artış Oranları (%)
Pomza miktarı (%)	0	1,10 a
	10	1,09 a
	20	1,02 b
	30	0,94 c

Tablo 29. Akışkanlaştırıcı kullanımının kalınlık artımına etkisine ait Duncan test sonuçları

Varyans Kaynakları		Kalınlık Artış Oranları (%)
Akışkanlaştırıcı (%)	0	1,06 a
	4	0,99 b
	8	0,95 b
	12	1,18 c

### 3.1.5. Isıl iletkenlik

Levhaların ısı iletkenlik katsayısı değerlerine ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 30'da verilmiştir. Denemeler 3'er adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 30. Levhaların ısı iletkenlik katsayısı değerleri (W/m<sup>2</sup> K)

Levha tipi	X	S	V
K0	0,42	1,96	5,14
K1	0,38	3,18	7,60
K2	0,29	2,36	8,27
K3	0,32	0,51	1,58
L0	0,36	0,97	2,73
L1	0,40	2,27	5,65
L2	0,30	2,08	6,83
L3	0,30	2,48	8,32
M0	0,37	2,31	6,30
M1	0,38	1,66	4,36
M2	0,32	0,59	1,85
M3	0,33	0,79	2,39
N0	0,46	3,90	6,30
N1	0,43	0,60	4,36
N2	0,34	2,45	1,85
N3	0,34	3,11	2,39

Levhaların ısı iletkenlik değerleri üzerine, pomza tozu miktarı ve akışkanlaştırıcı kullanımı olmadığını belirlemek için çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 31’de verilmiştir.

Tablo 31. Pomza miktarı ve akışkanlaştırıcı kullanımının ısı iletkenlik katsayısı değerlerine etkilerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Pomza tozu (A)	0,021	3	0,007	13,395	***
Akışkanlaştırıcı katkı (B)	0,087	3	0,029	57,570	***
A*B (İnteraksiyon)	0,012	9	0,001	2,675	*
Hata	0,016	32	0,001		
Toplam	6,262	48			

\*:  $\alpha \leq 0,05$

Varyans analizi sonucuna göre pomza miktarı akışkanlaştırıcı ve bunların birbiriyle olan etkileşiminin, levhaların ısı iletkenlik değerleri üzerine etkisinin 0,05 hata payıyla anlamlı olduğu belirlenmiştir. Isı iletkenlik katsayısı üzerine pomza miktarı ve akışkanlaştırıcı kullanımının etkilerine ait Duncan testi sonuçları Tablo 32 ve 33’de verilmiştir.

Tablo 32. Pomza tozu miktarının ısı iletkenlik katsayısına etkisine ait Duncan test sonuçları

Varyans Kaynakları	Isıl İletim Katsayısı (W/m <sup>2</sup> K)
Pomza miktarı (%)	0,3366 a
	10 0,3484 a
	20 0,3518 a
	30 0,3922 b

Tablo 33. Akışkanlaştırıcı kullanımının ısı iletkenlik katsayısı değerlerine etkisine ait Duncan test sonuçları

Varyans Kaynakları	Isıl İletim Katsayısı (W/m <sup>2</sup> K)
Akışkanlaştırıcı (%)	0,3917 a
	4 0,4066 a
	8 0,3077 b
	12 0,3230 b



### 3.2. Mekanik Özellikler

#### 3.2.1. Eğilme Direnci

Levhaların eğilme dirençlerine ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 34'de verilmiştir. Denemeler 20 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Homojenlik göstermeyen örnekler istatistiksel değerlendirmeye alınmamıştır.

Tablo 34. Deneme levhalarının ortalama eğilme direnci değerleri (N/mm<sup>2</sup>)

Levha tipi	X	S	V
K0	9,29	0,42	4,52
K1	10,40	0,56	5,38
K2	9,51	0,54	5,68
K3	6,46	0,36	5,57
L0	9,41	0,55	5,84
L1	9,59	0,58	6,05
L2	9,03	0,39	4,31
L3	7,03	0,62	8,81
M0	9,13	0,40	4,38
M1	9,25	0,64	6,92
M2	8,73	0,71	8,13
M3	7,02	0,49	6,98
N0	9,05	0,50	5,52
N1	8,78	0,37	4,21
N2	9,04	0,65	7,19
N3	7,11	0,53	7,26

Levhaların eğilme direnci değerleri üzerine, pomza tozu miktarı ve akışkanlaştırıcı kullanımının etkili olup olmadığını belirlemek için çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 35'de verilmiştir.

Tablo 35. Pomza tozu miktarı ve akışkanlaştırıcı kullanımının eğilme direnci değerlerine etkilerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Pomza tozu (A)	7,228	3	2,409	6,438	***
Akışkanlaştırıcı katkı (B)	253,158	3	84,386	225,464	***
A*B (İnteraksiyon)	24,023	9	2,699	7,312	***
Hata	81,592	218	0,374		
Toplam	17956,645	234			

Varyans analizi sonucuna göre pomza miktarı, akışkanlaştırıcı miktarı, süre ve bunların birbiriyle olan etkileşiminin, levhaların eğilme dirençleri üzerine etkisinin 0,05 hata payıyla anlamlı olduğu belirlenmiştir. Eğilme dirençleri üzerine pomza miktarı ve akışkanlaştırıcı kullanımının etkilerine ait Duncan testi sonuçları Tablo 36 ve 37’de verilmiştir.

Tablo 36. Pomza tozu miktarının eğilme direncine etkisine ait Duncan test sonuçları

Varyans Kaynakları		Eğilme Direnci (N/mm <sup>2</sup> )
Pomza miktarı (%)	0	8,91 a
	10	8,71 ab
	20	8,55 b
	30	8,47 b

Tablo 37. Akışkanlaştırıcı miktarının eğilme direnci değerine etkisine ait Duncan test sonuçları

Varyans Kaynakları		Eğilme Direnci (N/mm <sup>2</sup> )
Akışkanlaştırıcı (‰)	0	9,22 a
	4	9,50 b
	8	9,07 a
	12	6,88 c

### 3.2.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Levhaların eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 39’da verilmiştir. Denemeler 20 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Homojenlik göstermeyen örnekler istatistiksel değerlendirmeye alınmamıştır.

Tablo 38. Levhaların ortalama eğilmede elastikiyet modülü değerleri (N/mm<sup>2</sup>)

Levha tipi	X	S	V
K0	4465,70	142,28	3,19
K1	5246,67	198,68	3,79
K2	4512,00	185,89	4,11
K3	3212,60	97,58	3,04
L0	5079,35	234,44	4,62
L1	5274,13	188,30	3,57
L2	4838,40	213,89	4,42
L3	3728,51	238,40	6,39
M0	5462,16	271,16	4,96
M1	5580,27	186,29	3,34
M2	4960,66	235,72	4,75
M3	3582,92	201,75	5,63
N0	5667,39	191,95	3,39
N1	5874,18	217,51	3,70
N2	5584,77	251,68	4,51
N3	5199,33	262,12	5,04

Levhaların elastikiyet modülü değerleri üzerine, pomza tozu miktarı ve akışkanlaştırıcı kullanımının etkili olup olmadığını belirlemek için çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 39’da verilmiştir.

Tablo 39. Pomza tozu miktarı ve akışkanlaştırıcı kullanımının eğilmede elastikiyet modülü değerlerine etkilerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Pomza tozu (A)	37510274,5	3	12503424,82	95,333	***
Akışkanlaştırıcı katkı (B)	72332394,6	3	24110798,20	183,834	***
A*B (İnteraksiyon)	19170428,7	9	2130047,635	16,241	***
Hata	28591788,9	218	131154,995		
Toplam	5685907450	234			

Varyans analizi sonucuna göre pomza miktarı, akışkanlaştırıcı, bunların birbiriyle olan etkileşiminin, levhaların elastikiyet modülü değerleri üzerine etkisinin 0,05 hata payıyla anlamlı olduğu belirlenmiştir. Elastikiyet modülü üzerine pomza miktarı ve akışkanlaştırıcı katkı kullanımının etkilerine ait Duncan testi sonuçları Tablo 40 ve 41’de verilmiştir.

Tablo 40. Pomza tozu miktarının eğilmede elastikiyet modülüne etkisine ait Duncan test sonuçları

Varyans Kaynakları	Elastikiyet Modülü (N/mm <sup>2</sup> )	
Pomza miktarı (%)	0	4359,25 a
	10	4698,00 b
	20	4913,81 c
	30	5458,67 d

Tablo 41. Akışkanlaştırıcı miktarının eğilmede elastikiyet modülüne etkisine ait Duncan test sonuçları

Varyans Kaynakları	Elastikiyet Modülü (N/mm <sup>2</sup> )	
Akışkanlaştırıcı (%)	0	5176,14 a
	4	5371,17 b
	8	4968,67 c
	12	3936,86 d

### 3.2.3. Yüzeye Dik Çekme Direnci

Levhaların yüzeye dik çekme direnci değerlerine ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 42’de verilmiştir. Denemeler 20 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Homojenlik göstermeyen örnekler istatistiksel değerlendirmeye alınmamıştır.

Tablo 42. Levhaların ortalama yüzeye dik çekme direnci değerleri (N/mm<sup>2</sup>)

Levha tipi	X	S	V
K0	0,54	0,03	5,56
K1	0,61	0,04	6,56
K2	0,66	0,05	7,58
K3	0,45	0,03	6,67
L0	0,68	0,03	4,41
L1	0,70	0,03	4,29
L2	0,70	0,04	5,71
L3	0,48	0,02	4,17
M0	0,72	0,04	5,56
M1	0,77	0,05	6,49
M2	0,80	0,06	7,50
M3	0,48	0,03	6,25
N0	0,75	0,05	6,67
N1	0,82	0,04	4,88
N2	0,85	0,04	4,71
N3	0,51	0,05	9,80

Levhaların çekme direnci üzerine, pomza tozu miktarı ve akışkanlaştırıcı kullanımının etkili olup olmadığını belirlemek için çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 43'de verilmiştir.

Tablo 43. Pomza tozu miktarı ve akışkanlaştırıcı kullanımının yüzeye dik çekme direnci değerlerine etkisine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Pomza tozu (A)	0,961	3	0,320	74,095	***
Akışkanlaştırıcı katkı (B)	2,808	3	0,936	216,538	***
A*B (İnteraksiyon)	0,168	9	0,019	4,320	***
Hata	0,968	224	0,004		
Toplam	107,297	240			

Varyans analizi sonucuna göre pomza tozu miktarı, akışkanlaştırıcı ve bunların birbiriyle olan etkileşiminin, levhaların elastikiyet modülü değerleri üzerine etkisinin 0,05 hata payıyla anlamlı olduğu belirlenmiştir. Elastikiyet modülü üzerine pomza miktarı ve akışkanlaştırıcı kullanımının etkilerine ait Duncan testi sonuçları Tablo 44 ve 45'de verilmiştir.

Tablo 44. Pomza tozu miktarının yüzeye dik çekme direnci değerlerine etkisine ait Duncan test sonuçları

Varyans Kaynakları		Çekme Direnci (N/mm <sup>2</sup> )
Pomza miktarı (%)	0	0,5670 a
	10	0,6229 b
	20	0,6901 c
	30	0,7326 d

Tablo 45. Akışkanlaştırıcı miktarının dik çekme direnci değerlerine etkisine ait Duncan test sonuçları

Varyans Kaynakları		Çekme Direnci (N/mm <sup>2</sup> )
Akışkanlaştırıcı ‰	0	0,6645 a
	4	0,7238 b
	8	0,7507 c
	12	0,4738 d

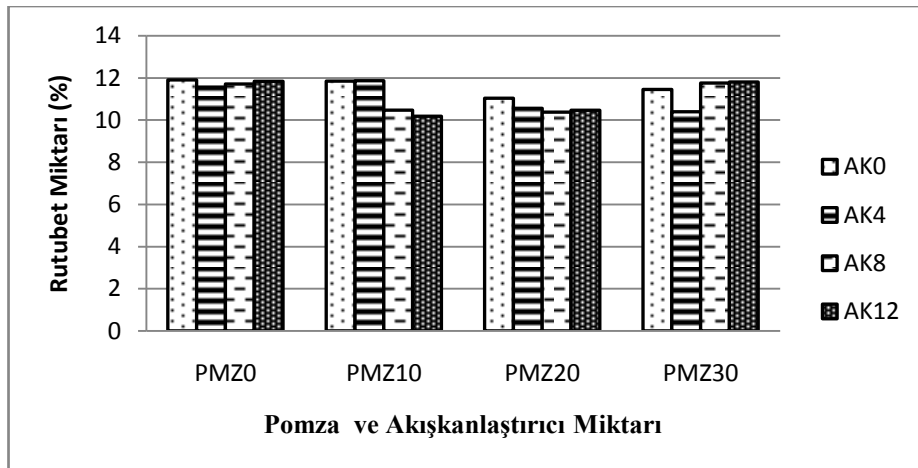
## 4. İRDELEME

Dört farklı oranda pomza tozu (%0, %10, %20 ve %30) ve akışkanlaştırıcı (%0, %4, %8, %12) kullanılarak Ladin planya atıklarından üretilen levhaların bazı fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişimler grafikler ile açıklanmaya çalışılmıştır. Grafiklerde pomza tozu miktarı; PMZ0: %0, PMZ10: %10, PMZ20: %20 ve PMZ30: %30, akışkanlaştırıcı miktarı ise; AK0: %0, AK4: %4, AK8: %8 ve AK12: %12 ile ifade edilmiştir.

### 4.1. Fiziksel Özellikler

#### 4.1.1. Rutubet Miktarı

Deneme levhalarının rutubet değerlerinin %10,2 ile %11,9 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Üretilen levha gruplarının rutubet değerleri Şekil 26'de verilmiştir.



Şekil 26. Deneme levhalarının rutubet değerleri

TS EN 312 (2012) no'lu standarda göre levhalarda rutubet miktarının %9±4 arasında olması öngörülmektedir. Levhaların rutubet değerleri standartta belirtilen değerlere uyum göstermektedir.

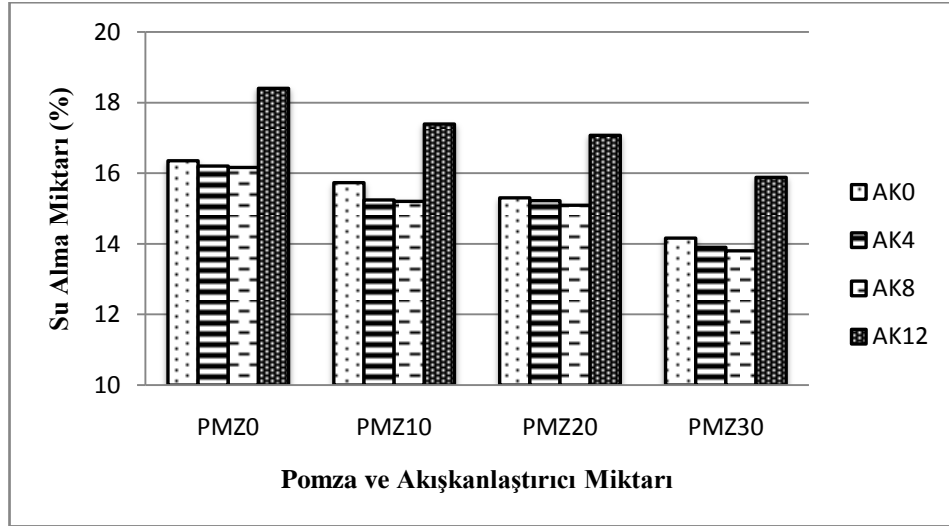
### 4.1.2. Yoğunluk

Yoğunluk değeri fiziksel ve mekanik özellikleri etkileyen önemli bir faktör olup, malzemenin kullanım yerindeki dayanım özelliklerini belirlemektedir.

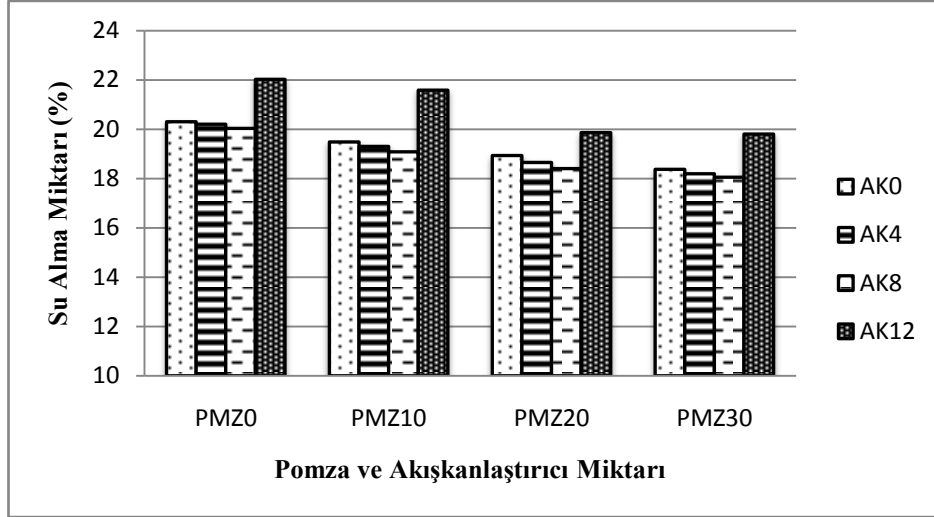
Yapılan istatistiksel analizler sonucunda pomza tozu ve akışkanlaştırıcı kullanımının 0,05 hata payı ile levhaların yoğunluk değerlerine etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Odunsu materyallerin yoğunluk değerleri yonga büyüklüğü ve hücre çeper yoğunluğuna bağlı olarak değişmektedir. Kullanılan katkı maddelerinin deneme levhalarının yoğunlukları üzerinde çok belirgin bir etki yapmadığı söylenebilir. Sonuçlar genel olarak öngörülen yoğunluk değerlerinde olup, küçük farklılıkların sebebi levha taslağının oluşturulması sırasında meydana gelen kayıplar olabilir.

### 4.1.3. Su alma miktarı

Suda bekletme süresi, pomza tozu ve akışkanlaştırıcı kullanım oranının su alma miktarı üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Levha gruplarının 2 ve 24 saat'teki su alma miktarlarına ait grafikler Şekil 27 ve Şekil 28'de verilmiştir.



Şekil 27. Pomza tozu ve akışkanlaştırıcı kullanım oranının 2 saat suda bekletme sonunda su alma değerlerine etkisi



Şekil 28. Pomza tozu ve akışkanlaştırıcı kullanım oranının 24 saat suda bekletme sonucunda su alma değerlerine etkisi

Suda bekletme süresinin levhaların su alma değerleri üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Suda bekletme süresinin artması ile su alma miktarlarında artış meydana gelmiştir. 2 saat suda bekletme sonucu en düşük su alma miktarı %30 pomza tozu ilaveli %4 ve 8 akışkanlaştırıcı kullanılarak üretilen levha gruplarında elde edilmiştir (N2:%18,05 ve N3:%16,8). En yüksek su alma değerleri ise %0 pomza tozu ve %12 akışkanlaştırıcı kullanılan levha grubunda belirlenmiştir (K3:%18,40). 24 saat suda bekletme sonucu en düşük su alma miktarı %30 pomza tozu ve %8 akışkanlaştırıcı kimyasal ilaveli levha grubundan elde edilmiştir (N2: %18,05). En yüksek su alma miktarı ise %0 pomza tozu ve %12 akışkanlaştırıcı kullanılan levha grubunda belirlenmiştir (K3: %22,02).

Tüm levhalarda su alma oranı suda bekletme süresinin artması ile artış göstermektedir. Pomza tozu miktarının %30 oranında kullanılmasıyla su alma değerlerinde kontrol grubuna göre %12'lik azalma meydana gelmiştir. Bu azalma pomza tozunun odun hammaddeye göre daha az hidrofilik karakterde olmasından kaynaklanabilir. Sarıışık ve Sarıışık, (2010) yaptıkları çalışmada pomzanın su alma oranı %34 olarak belirlemişlerdir. Kızıl ve Hafizoğlu (2002) odun türlerinin su alma oranlarının belirlenmesi çalışmasında, çeşitli odun örneklerini 48 saat su içerisinde tutulmuşlar ve su alma değerlerini kavak'ta %95.53, göknar'da %139, sarıçam'da %100 ve kızılağaç'ta ise %81.30 olarak belirlemişlerdir.

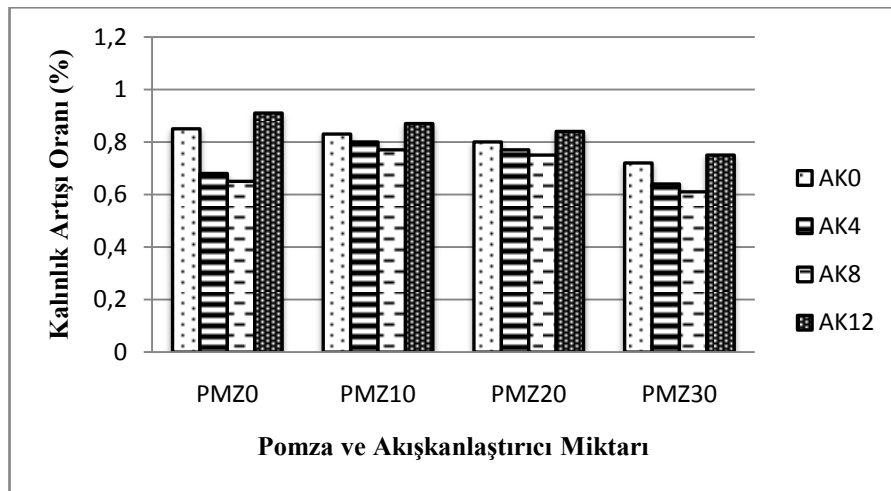
Akışkanlaştırıcı miktarı da üretilen levhaların su alma oranlarını etkilemiştir. Tüm levha gruplarında %4 ve %8 akışkanlaştırıcı kullanımı su almanın azalmasına sebep



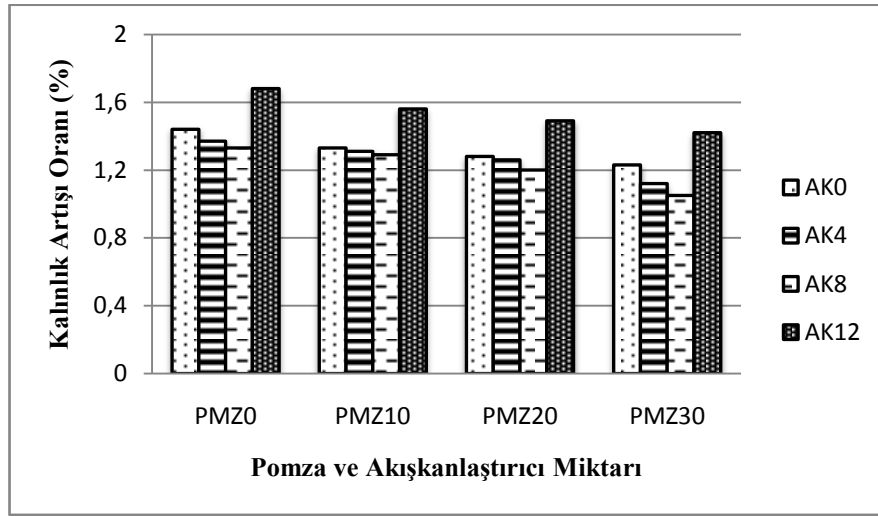
olmuştur. %8 akışkanlaştırıcı kullanımı ile su alma değerlerinde kontrol grubuna göre %2'lik azalma meydana gelmiştir. Normal akışkanlaştırıcılar beton içerisindeki havayı sürükleyerek ve çimento tanelerinin birbirlerine yapışmasını, topaklanmasını önleyerek etki göstermektedirler (Uyan, 1982). Buda levhaların dayanım ve direnç özelliklerini artırıcı etki yapmaktadır. %12 oranında akışkanlaştırıcı kullanımı ile levhaların su alma değerlerinde kontrol grubuna göre %9'luk artış olmuştur. Beton uygulamalarında akışkanlaştırıcı kullanımının artması ile çimento taneciklerinin yüzeyi tamamen kaplanmakta ve bir miktar katkı maddesi dışarıda kalarak doygunluk noktasının aşılmasına sebep olmaktadır. Doygunluk noktasını aşan miktarda katkı ilavesi çimento hamurunun viskozitesini aşırı derecede düşürmekte ve katı parçacıkların karışımında tutunamamasına sebep olmaktadır. Böylece beton stabilitesini kaybetmekte ve ayrışmalar meydana gelmektedir (Sağlam ve Akman 2002). Bu sebeple aşırı akışkanlaştırıcı kullanımının levhaların su alma özelliklerini olumsuz etkilediği söylenebilir. .

#### 4.1.4. Kalınlık Artışı (Şişme) Oranı

Suda bekletme süresinin artması ile kalınlık artımı değerlerinde bir artışı söz konusudur. Ayrıca pomza tozu ve akışkanlaştırıcı kullanımının kalınlık artımı değerlerinde önemli bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Levha gruplarının 2 ve 24 saatlerdeki kalınlık artımı miktarlarına ait grafikler Şekil 29 ve Şekil 30'da verilmiştir.



Şekil 29. Pomza tozu ve akışkanlaştırıcı kullanım oranının 2 saat suda bekletme sonunda kalınlık artımı değerlerine etkisi



Şekil 30. Pomza tozu ve akışkanlaştırıcı kullanım oranının 24 saat suda bekletme sonunda kalınlık artımı değerlerine etkisi

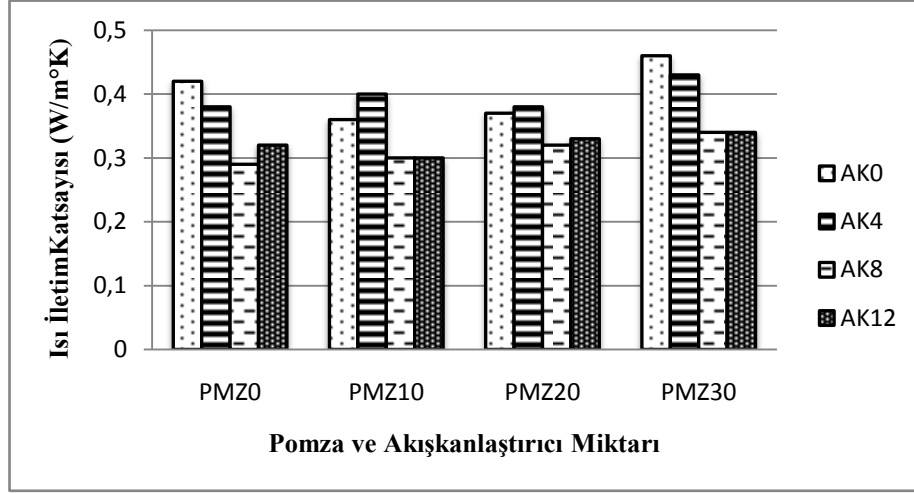
Kalınlık artımı suda bekletme süresinin artması ile artış göstermektedir. 2 saat suda bekletme sonunda en düşük kalınlık artım miktarı %30 pomza tozu ve %8 akışkanlaştırıcı katkı ile üretilen levha grubundan elde edilmiştir. (N2:%0,61). En yüksek kalınlık artımı değerleri ise %0 pomza tozu ve %12 akışkanlaştırıcı katkı ile üretilen levha grubundan elde edilmiştir. (K3:%0,91). 24 saat suda bekletme sonunda kalınlık artımı miktarları içerisinde en düşük değer %30 pomza tozu ve %8 akışkanlaştırıcı kimyasal ilaveli levha grubundan elde edilmiştir (N2: %1,16). En yüksek kalınlık artımı değerleri ise %0 pomza tozu ve %12 akışkanlaştırıcı katkı ile üretilen levha grubundan elde edilmiştir. (K3:%1,68). Kalınlık artım değerleri TS EN 634-2 (2009) no'lu standarda (%1,5) uyumlu sonuçlar vermiştir.

Pomza tozunun miktarının artması ile su alma miktarının düşük olmasına bağlı olarak levhaların kalınlık artım değerlerinde azalma meydana gelmiştir. %30 pomza tozu kullanımı ile kalınlık artım değerlerinde kontrol grubuna göre %15'lik azalma meydana gelmiştir. Bunun sebebi olarak, pomza tozunun oduna göre daha az olan su emme miktarı ve daha çok su alma eğilimi olan odun hammaddesinin azalması olduğu söylenebilir.

Akışkanlaştırıcı miktarının %4 ve %8 oranında artması ile kalınlık artım değerlerinde çimento özelliklerinin iyileşmesine paralel olarak azalma meydana gelmiştir. %8 akışkanlaştırıcı kullanımı ile kontrol grubuna göre %10 azalma, %12 akışkanlaştırıcı kullanımında ise kontrol grubu örneklerine göre %10'luk artı olduğu belirlenmiştir.

#### 4.1.5. Isıl İletkenlik

Pomza tozu ve akışkanlaştırıcı kullanım oranının levhaların ısı iletkenlik değerleri üzerine etkili olduğu belirlenmiştir. Levha gruplarının ısı iletkenlik değerleri Şekil 31’de verilmiştir.



Şekil 31. Pomza tozu ve akışkanlaştırıcı kullanım oranının ısı iletkenlik katsayısı değerlerine etkisi

Levhaların ısı iletim katsayılarına bakıldığında, en yüksek değer %30 pomza tozu ve %0 akışkanlaştırıcı kullanılarak üretilen levha grubundan ( $N0:0,46W/m^2K$ ) elde edilmiştir. En düşük değeri ise, %0 pomza tozu ve %8 akışkanlaştırıcı kullanılan levha grubundan ( $K3:0,29W/m^2K$ ) elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar benzer üretim şartları kullanılarak gerçekleştirilen başka bir çalışma ile benzer değerler vermiştir (Elten, 2006a).

Isı yalıtım malzemelerini birbirinden ayıran en temel özellik ısı iletim katsayısıdır. ISO 91.120.10 (2010) ve BS EN 12667:2001 (2001) Standardına göre ısı iletim katsayısı  $0,065W/m^2K$  değerinden küçük olan malzemeler ısı yalıtım malzemesi olarak tanımlanırken, diğer malzemeler yapı malzemesi olarak kabul edilir (Kulaksızoğlu, 2006). Buna göre, üretilen levha örnekleri ısı yalıtım malzemesi olarak kabul edilemez. Ancak, yapılardaki ısı yalıtımına etkileri değerlendirilebilir.

Literatürde tuğla duvarlarda ısı iletim katsayısı  $0,81W/m^2K$ , iç sıva kireç çimento harcında  $0,87W/m^2K$ , dış sıva kireç çimento harcında  $1,4W/m^2K$ , Ytong duvar elemanlarında  $0,05W/m^2K$  ve asmolen tuğlalarda olarak  $0,37W/m^2K$  verilmektedir (URL-

10, 2013). Buna göre, deneme levhalarının ısı iletim katsayıları 0,3-0,5W/m<sup>°</sup>K aralığında olduğundan yapılarda; tuğla duvar, iç sıva kireç çimento harcı, dış sıva kireç çimento harcı ve asmolen tuğlalardan daha fazla ısı yalıtımı sağlamaktadır.

Bir cismin içerisindeki boşluk miktarının artması ile ısı iletkenliği azalmaktadır. Odun ısı yalıtkanlığı iyi bir malzemedir. Ağaç malzemenin ısı iletkenlik katsayısı; yoğunluğu, rutubeti ve lif yönüne göre değişim göstermektedir (Örs ve Keskin, 2001). Bozkurt (1986) çalışmasında Ladin odununun ısı iletim katsayısını 0,14W/m<sup>°</sup>K olarak belirlemiştir. Üretilen levhaların ısı iletim katsayıları Ladine göre daha yüksek çıkmıştır. Odun kompozitlerinin yoğunluklarının artması ısı iletim katsayılarının artmasına sebep olmaktadır.

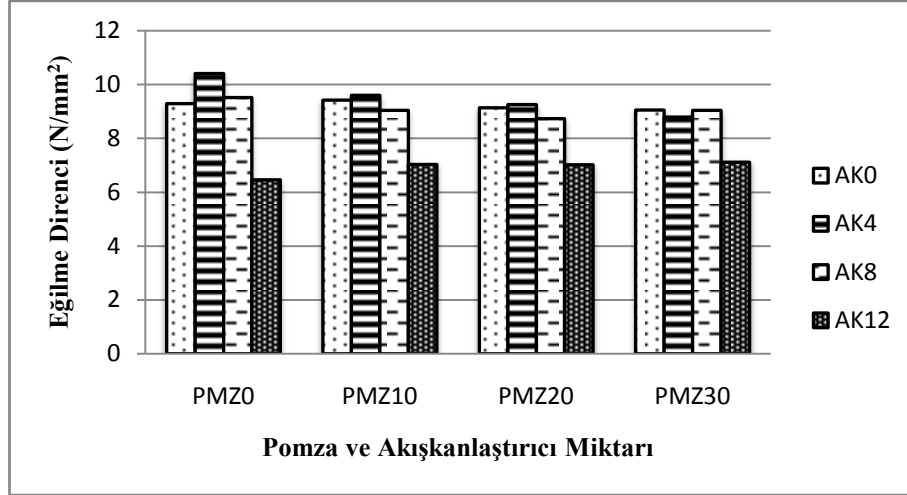
Pomza tozu miktarının ısı iletkenlik katsayısı üzerine etkisi incelendiğinde, %0, %10 ve %20 pomza tozu kullanımının levhaların ısı iletim özelliklerine etkileri arasında istatistiksel fark yoktur. Pomza tozu oranı %30'a çıktığında ısı iletim katsayısı kontrol grubuna göre %15 artmıştır. Gündüz (1998) çalışmasında pomzanın ısı iletkenlik katsayısının 0,17W/m<sup>°</sup>K olarak belirlemiştir. Tanecik boyutunun küçülmesi ısı iletim katsayısında artmasına sebep olmaktadır. Pomza tozu miktarının artması ve buna bağlı olarak odun hammaddenin azalması ile birlikte levhaların ısı yalıtım özelliklerini olumsuz etkilenmiştir.

Akışkanlaştırıcı miktarının artması ile levhaların ısı yalıtım özelliklerinde artış meydana gelmiştir. %12 akışkanlaştırıcı kullanımı ile ısı iletkenlik katsayısı değerlerinde kontrol grubuna göre %18'lik azalma olmuştur. Akışkanlaştırıcı kullanımının çimentonun yerleşimine olan olumlu etkisinin ısı yalıtım özelliklerini de geliştirdiği söylenebilir.

## **4.2. Mekanik Özellikler**

### **4.2.1. Eğilme Direnci**

Pomza tozu ve akışkanlaştırıcı ilavesinin levhaların eğilme direnci değerleri etkisinin olduğu belirlenmiştir. Levha gruplarının eğilme direnci değerleri Şekil 32'de verilmiştir.



Şekil 32. Pomza tozu ve akışkanlaştırıcı kullanım oranının eğilme direnci değerlerine etkisi

Levhaların eğilme dirençleri incelendiğinde, en yüksek eğilme direnci %0 pomza tozu ve %4 akışkanlaştırıcı kullanılan levha grubundan ( $K2:10,4N/mm^2$ ) elde edilmiştir. En düşük değer ise, %0 pomza tozu ve %12 akışkanlaştırıcı kullanılan levha grubunda ( $K4: 6,46N/mm^2$ ) elde edilmiştir. Levhaların eğilme dirençleri TS EN 642 (2009) no'lu standarda uygun ( $9N/mm^2$ ) sonuçlar vermiştir.

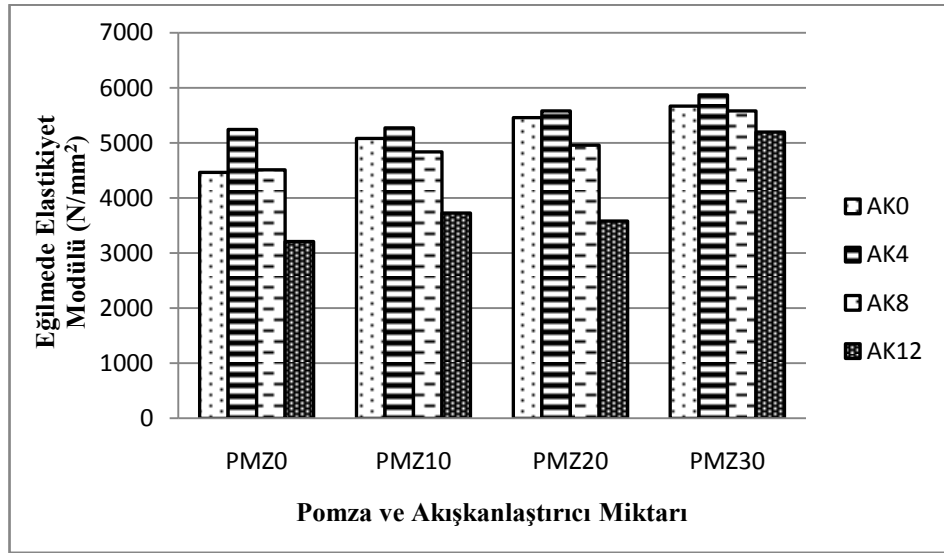
Pomza tozu miktarının artması ile eğilme dirençlerinde kontrol grubuna göre %5'lik azalma meydana gelmiştir. Moslemi ve Prifister (1987) odun çimento oranı ile eğilme dirençleri arasında önemli bir ilişki olduğunu belirlemişlerdir. Meneéis v.d., (2007) çalışmalarında eğilme dirençleri için en uygun odun çimento oranının 1/2-1/3 arasında olduğu belirlemişlerdir. Pomza tozu miktarının %30 oranında kullanılması ile odun çimento oranı 1/4 e kadar yükselmiştir. Buna bağlı olarak levha içerisindeki odun miktarındaki azalmanın eğilme özelliklerini olumsuz etkilediği söylenebilir. Odun miktarının artması ile, kuvvet uygulanan bölgedeki yük daha geniş bir alana dağıldığından gerilim azalmaktadır. Buda eğilme direncine olumlu bir etki yapmaktadır (Fuvape, 1995; Papadopoulos v.d., 2006).

Akışkanlaştırıcı miktarının %0 ve %8 kullanılması ile levhaların eğilme dirençlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişme meydana gelmezken, %4 kullanımı ile kontrol grubuna göre %3'lük artış meydana gelmiş, %12 akışkanlaştırıcı kullanımında ise %25 oranında önemli bir düşüş belirlenmiştir. Akışkanlaştırıcı kullanımı için belli bir dozaj aralığı olup, bu aralık dışında kullanım ile çimentonun prizinde aşırı gecikme ve

kısalma, erken mukavemet düşüşü, kalıp alma süresinde uzama, ayrışma gibi yan etkiler ile karşılaşılabilir (Ferraris, 1999).

#### 4.2.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Pomza tozu ve akışkanlaştırıcı ilavesinin levhaların elastikiyet modülü değerleri üzerine etkisinin olduğu belirlenmiştir. Levha gruplarının elastikiyet modülü değerleri Şekil 33’de verilmiştir.



Şekil 33. Pomza tozu ve akışkanlaştırıcı kullanım oranının eğilmede elastikiyet modülü değerlerine etkisi

Eğilmede elastikiyet modülü değerleri incelendiğinde en yüksek değerlerin %4 akışkanlaştırıcı ve %30 pomza tozu içeren levha grubunda ( $N1:5874,18N/mm^2$ ) olduğu belirlenmiştir. En düşük eğilmede elastikiyet modülü değerleri ise %0 pomza tozu ve %12 akışkanlaştırıcı içeren levha grubunda ( $K3:3212,60N/mm^2$ ) tespit edilmiştir. Levhaların eğilmede elastikiyet modülü değerleri TS EN 642 (2009) no’lu standarda ( $4500N/mm^2$ ) uygun sonuçlar vermiştir.

Pomza tozu miktarının eğilmede elastikiyet modülüne etkisine bakıldığında, eğilme dirençleri ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri arasında negatif bir ilişki belirlenmiştir. Pomza miktarının %30’a kadar artırılması ile eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde kontrol grubuna göre %20’lik artış olmuştur. Çimentolu kompozitlerde odun çimento oranı

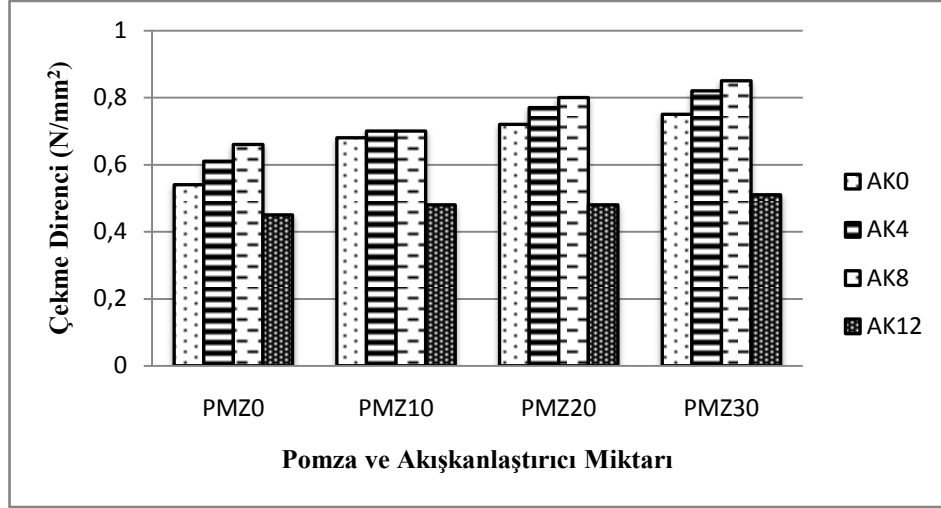
ile eğilme direnci arasındaki ilişki eğilmede elastikiyet modülüne göre farklılık göstermektedir. Eğilmede elastikiyet modülü aynı zamanda malzemenin ve çimento yapısının sertliğine bağlıdır (Pablo v.d. 1994). Levhalarda kullanılan odun miktarının azalmasıyla birlikte levhanın elastikiyet modülü değerleri artmaktadır (Al Rim v.d., 1999; Frybort v.d., 2008).

Papadopoulos v.d., (2008) gürgen yongaları kullanarak yaptıkları çalışmalarında odun çimento oranının 1/3'den 1/4'e çıkması ile eğilme direncinde yaklaşık %20'lik bir azalma meydana gelmesine rağmen, eğilmede elastikiyet modüllü değerlerinde %15'lik artış olduğunu belirlemişlerdir. Papadopoulos v.d., (2006) çimentolu OSB'lerin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek için yaptığı çalışmada, odun çimento oranını 2'den 3'e çıkarması ile eğilme dirençlerinde %40 oranında azalma, eğilmede elastikiyet modülü değerleri ise %5 oranında bir artış meydana gelmiştir. Elde edilen sonuçlar literatür ile uyum göstermektedir.

Akışkanlaştırıcı miktarının eğilmede elastikiyet modülü dirençleri üzerindeki etkisi incelendiğinde en yüksek sonuçların %4 kullanımında elde edildiği belirlenmiştir. %4 akışkanlaştırıcı kullanımı ile eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde kontrol grubuna göre %4'lük artış olmuştur. Yıldırım ve Kiraz (2010) çalışmalarında orta tip akışkanlaştırıcı kullanılarak üretilen betonların kıvam ve performans özelliklerinin iyileştiğini belirlemişlerdir. Ayrıca akışkanlaştırıcı kullanımı, uçucu kül, silis dumanı, yüksek fırın cürufu ve pomza gibi çeşitli malzemelerin priz süresinde değişiklik olmadan kullanılabilme imkânı sağlamaktadır (Nmai, 1998). %12 akışkanlaştırıcı kullanımı ise levhaların eğilmede elastikiyet modülü değerlerini %24 oranında düşürücü etki yapmıştır.

#### **4.2.3. Yüzeye Dik Çekme Direnci**

Pomza tozu ve akışkanlaştırıcı kullanım oranının levhaların çekme direnci değerleri üzerine etkisinin olduğu belirlenmiştir. Levha gruplarının çekme direnci değerleri Şekil 34'de verilmiştir.



Şekil 34. Pomza tozu ve akışkanlaştırıcı kullanım oranının yüzeye dik çekme direncine etkisi

Levhaların yüzeye dik çekme direnci değerleri incelendiğinde, en yüksek değer %30 pomza tozu ve %8 akışkanlaştırıcı kullanılan levha grubunda ( $N_2:0,85 N/mm^2$ ) elde edilirken en düşük değer; %0 pomza tozu ve %12 akışkanlaştırıcı kullanılan levhalarda ( $K_3:0,45 N/mm^2$ ) elde edilmiştir. Levhaların yüzeye dik çekme dirençleri TS EN 642 (2009) no'lu standarda ( $0,5N/mm^2$ ) uygun sonuçlar vermiştir.

Şekil 34'de görüldüğü gibi pomza tozu kullanımının %0'dan %30'a çıkması ile levhaların yüzeye dik çekme dirençlerinde kontrol grubuna göre %23'lük artış meydana gelmiştir. Pomza, yüksek oranda amorf yapıli silis içeriği sebebiyle puzolan özellik gösterir. Bünyesinde bulunan silisin,  $Ca(OH)_2$  ile reaksiyona girmesi sonucunda, kalsiyum silikat bir başka deyişle çimento özellikli malzeme oluşmaktadır (Döyen ve Aksoy, 2013). Çimentolu odun kompozitlerine puzolanik etki gösteren maddelerin eklenmesi ile odun ekstraktiflerinin etkisi azalmaktadır. Bunun sebebinin, puzolanik katkı maddelerinin emme kabiliyetlerinin fazla olduğu söylenilebilir. Suda çözünen ekstraktif maddelerin adsorpsiyonu puzolanik etki gösteren maddelerin yüzeyinde gerçekleştiğinden çimento odunun olumsuz etkilerinden daha az etkilenmektedir (Vaickelionis ve Vaickelioniene, 2006). Ayrıca odun miktarının azalması ile ekstraktif madde içeriğinde de azalma olmaktadır. Bunun çimentonun hidrasyonunu olumlu yönde etkilemiş olabileceği söylenebilir.

Akışkanlaştırıcı miktarının %0'dan %8'e çıkartılması ile levhaların yüzeye dik çekme dirençleri %11'lik artış gösterirken, %12 akışkanlaştırıcı kullanımında levha



özelliğlerinin bozulduğu ve iç - dış tabaka ara yüzeyinden ayrılması sonucu beklenen iç bağlanma değerlerine ulaşılmadığı görülmüştür.

Elde edilen yüzeye dik çekme direnci değerleri bambu yongaları kullanarak 1:2.75 odun çimento oranı ile sertleştirici madde olarak  $Al_2(SO_4)_3$  kullanılarak üretilen levhalar ile uyumlu sonuçlar vermiştir (Sudin ve Swamy, 2006).

## **5. SONUÇLAR**

### **5.1. Fiziksel Özellikler**

#### **5.1.1. Rutubet Miktarı**

Yapılan çalışmalar sonucu levhaların rutubet miktarlarının %10,2-%11,9 arasında değiştiği belirlenmiştir. Levhalar bu bakımdan TS EN 312 (2012)'de belirtilen esaslara uymaktadır.

#### **5.1.2. Yoğunluk**

İstatistiksel olarak pomza tozu miktarı ve akışkanlaştırıcı kullanımının levhaların yoğunluk değerleri üzerinde etkili olmadığı belirlenmiştir. Üretilen levha gruplarının yoğunluk değerleri hedeflenen değerlerdedir.

#### **5.1.3. Su Alma Miktarı**

Yapılan çalışmalar sonucu, pomza tozu kullanımının su alma miktarları üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. 2 ve 24 saatlik su almaları göre pomza miktarının %30 oranında artması ile levha gruplarının su alma miktarlarında %12'lik bir azalma meydana gelmiştir.

Akışkanlaştırıcı kullanımının levhaların su alma değerleri üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Akışkanlaştırıcı miktarının %4-%8 oranına çıkmasıyla su alma değerlerinde %2'lik bir azalma görülmüştür.

%12 akışkanlaştırıcı kullanımı levhaların özelliklerini olumsuz etkileyerek kontrol örneklerine göre su alma miktarının %9 artmasına sebep olmuştur.

#### **5.1.4. Kalınlık Artımı (Şişme) Oranı**

Pomza tozu miktarının, levhaların kalınlık artımı üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. 2 ve 24 saatlik kalınlık artımı değerlerine göre pomza tozu kullanılması ile levhaların boyutsal kararlılıklarının arttığı belirlenmiştir. %30 pomza tozu kullanımı ile kalınlık artımlarında 15'lik azalma olmuştur.

%4 ve %8 oranında akışkanlaştırıcı kullanımının levhaların kalınlık artım değerlerini azalttığı belirlenmiştir. %8 akışkanlaştırıcı kullanımı ile kalınlık artımı %10 azalmıştır. %12 oranında akışkanlaştırıcı kullanımı ise %10'luk kalınlık artımına sebep olmuştur.

Levhaların kalınlık artımları akışkanlaştırıcı miktarının %12 kullanıldığı levha grupları dışında TS EN 634-2 (2009) standartları ile uyum göstermektedir.

#### **5.1.5. Isıl İletkenlik**

Levhaların ısı iletkenlik değerleri benzer koşullar altında yapılan çalışmalar ile uyumlu bulunmakla birlikte, ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılmayacağı belirlenmiştir.

Pomza tozunun %10 ve %20 oranında kullanımının levhaların ısı iletkenlik katsayıları üzerinde çok önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. %30 oranında kullanımında ise ısı iletim katsayısının %15 yükselmesi ile ısı yalıtım özelliklerinin azaldığı belirlenmiştir.

Akışkanlaştırıcı kullanımı levhaların ısı yalıtım özelliklerini yükseltici bir etki yapmıştır. %12 akışkanlaştırıcı kullanımı levhaların dayanım özelliklerini olumsuz etkilemesine rağmen ısı iletim katsayısını %18 oranında azaltmıştır.

### **5.2. Mekanik Özellikler**

#### **5.2.1. Eğilme Direnci**

Pomza tozu kullanımı ile levhaların eğilme dirençlerinin azaldığı belirlenmiştir. %30 pomza tozu kullanımı ile eğilme direncinde %5'lik azalma olduğu belirlenmiştir. Odun çimento oranındaki azalma eğilme dirençleri üzerinde düşürücü etki yapmıştır.

Levha grupları içerisinde en yüksek eğilme direnci pomza tozu kullanılmayan ve %4 akışkanlaştırıcı kullanılan levha grubundan ( $K2:10,4N/mm^2$ ), en düşük değer ise, %0 pomza tozu ve %12 akışkanlaştırıcı kullanılan levha grubunda ( $K4:6,46N/mm^2$ ) bulunmuştur.

%4 akışkanlaştırıcı kullanımının levhaların eğilme dirençlerini %3 arttırırken, %12 akışkanlaştırıcı kullanımı %25 oranında düşürerek olumsuz etki yapmıştır.

Levhaların eğilme direnci değerleri akışkanlaştırıcı miktarının %12 kullanıldığı levha grupları dışında TS EN 634-2 (2009) standartları ile uyum göstermektedir

### **5.2.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü**

Pomza tozu miktarının artmasıyla levha gruplarının eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde artış göstermiştir. En yüksek eğilmede elastikiyet modülü değeri %20 ve %30 pomza tozu içeren levhalarda ( $M0:5662,16N/mm^2$ ,  $N0:5662,09N/mm^2$ ), en düşük eğilmede elastikiyet modülü değerleri ise %0 pomza tozu ve %8 akışkanlaştırıcı içeren levha grubunda ( $K3:3212,60N/mm^2$ ) tespit edilmiştir.

Çalışmada levhaların eğilme direnci ile eğilmede elastikiyet modülleri arasında ters bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Pomza tozu kullanım oranının %30'a çıkartılması ile eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde %20'lik artış olmuştur.

%8 Akışkanlaştırıcı kullanımı ile eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde %4'lük artış olmuştur. %12 oranında akışkanlaştırıcı kullanımı eğilmede elastikiyet modülünü %24 oranında düşürmüştür.

Levhaların eğilmede elastikiyet modülü değerleri akışkanlaştırıcı miktarının %12 kullanıldığı levha grupları haricinde TS EN 634-2 (2009) standartları ile uyum göstermektedir.

### **5.2.3. Yüzeye Dik Çekme Direnci**

Pomza miktarının artması ile yüzeye dik çekme dirençlerinde artış olduğu belirlenmiştir.

En yüksek yüzeye dik çekme dirençleri %30 pomza tozu ile %8 akışkanlaştırıcı kullanılan levhalarda (N2:0,85 N/mm<sup>2</sup>) en düşük değer; %0 pomza tozu ve %12 akışkanlaştırıcı kullanılan levhalarda (K3: 0,45 N/mm<sup>2</sup>) elde edilmiştir.

Akışkanlaştırıcı miktarının %8 oranına kadar arttırılmasıyla levhaların yüzeye dik çekme dirençlerinde %11'lik artış meydana gelmiştir. %12 akışkanlaştırıcı kullanımı ise bağlanmayı olumsuz etkileyerek yüzeye dik çekme direnci değerlerinde azalmaya sebep olmuştur.

Levhaların yüzeye dik çekme değerleri TS EN 634-2 (2009) standartları ile uyum göstermektedir.

## 6. ÖNERİLER

Bu tez; çimentolu yongalevhaların üretiminde pomza tozu ve akışkanlaştırıcı kullanılabilirliği ve levha özelliklerine etkisinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Pomza, kullanımı çok eskilere dayanan volkanik kökenli bir madendir. Daha önceleri inşaat sektöründe yapı malzemesi olarak kullanılırken, günümüzdeki kullanım alanları giderek genişlemekte ve inşaat sektörünün yanında; tarım, boya, mobilya, elektronik, seramik, cam, kimya, metal ve plastik sanayisi gibi çeşitli sanayi kollarında da kullanılmaktadır. Türkiye pomza rezervi (%15,8) bakımından ABD'den (%63,9) sonra ikinci sırada yer almaktadır. Günümüzde pomza üretiminde ülkemiz ilk sıradadır. Çalışmalar sonucunda çimentolu odun kompoziti üretiminde pomza kullanımının boyutsal kararlılık, eğilmede elastikiyet modülü ve yüzeye dik çekme dirençlerinde olumlu etki yaptığı görülmüştür. Özellikle dış hava şartlarında kullanılacak malzeme için su alma ve kalınlık artımı özellikleri önemli parametrelerdir. Doğal halde bol miktarda boşluklu bir yapıya sahip olan pomzanın toz yerine daha büyük boyutlarda ve kırma agrega olarak kullanımı üzerine yeni araştırmalar yapılabilir. Ayrıca pomza tozunun çimentoya ikame olarak kullanılmasının çimentolu yongalevharın özelliklerine etkisi üzerine de yeni araştırmalar yapılmalıdır.

Akışkanlaştırıcı katkıları dayanım ve dayanıklılık açısından daha üstün özelliklere sahip ve daha az su kullanılan betonun elde edilmesini sağlarlar. Bu çalışmada; su oranı değiştirilmemekle birlikte çimentolu yongalevhaların dayanım özelliklerini de olumlu etkilemişlerdir. Aşırı miktarda kullanımda ise istenilen özellikler sağlanamamıştır. Ayrıca, kullanılan su miktarının azaltılması ile süper ve hiper akışkanlaştırıcıların çimentolu odun kompozitlerinde özelliklere etkisi konusunda çalışmalar gerçekleştirilebilir. %12 akışkanlaştırıcı kullanımı ile levha özelliklerinde belirgin azalmalar meydana gelmiştir. Akışkanlaştırıcı madde ile odun hammadde arasındaki etkileşim ile ilgili araştırmalar yapılmalıdır.

Günümüzde giderek artan dünya nüfusu ve doğal kaynakların tükenmesine bağlı olarak geri dönüşümlü malzemelerin kullanılması çok büyük önem kazanmaktadır. Orman ürünleri sanayi atığı olarak Ladin planya talaşının çimentolu yongalevhalarda kullanımının uygun olduğu belirlenmiştir.

Ayrıca presleme süresinin kısılmasının yanında levhaların direnç özelliklerinde artış meydana getiren CO<sub>2</sub> enjeksiyonu yöntemi kullanılarak mevcut levhaların özelliklerinin dahada iyileştirilmesi ve normal üretim için uygun olmayan lignoselülozik atıkların kullanılabilirliğinin sağlanması imkânları araştırılmalıdır.

Ayrıca, reçine esaslı levhaların üretiminde etkileri belirlenmiş olan yonga boyutu kalınlığı, pres sıcaklık, basınç ve süresi, dış/orta tabaka oranı, odun-çimento ve su-çimento oranı gibi parametrelerin çimentolu yongalevha üretimine etkisini belirlemek için çalışmalar yapılabilir.

Çimentolu yongalevha üretimi nispeten ucuz ve basit bir üretim yöntemine sahip olup, içerisinde formaldehit, asbest v.b., zararlı maddeler bulundurmadığından üretim sırasında herhangi bir toksik ve çevreye zarar verecek etmen oluşturmamaktadır. Ayrıca düşük VOC (uçucu organik bileşik) özelliklerine sahip olması önemli bir avantaj oluşturmaktadır.

Çimentolu odun kompozitlerinin betonla kıyaslandığında daha hafif bir yapı malzemesi olması deprem kuşağında olan ülkemiz için önemli bir avantaj sağlamaktadır. Artan barınma ihtiyacını çerçevesinde inşaat sektöründe meydana gelen ivme ile daha düşük maliyetli, doğal afetler açısından daha hafif ve sistemin ihtiyaçlarını yeterince hızlı karşılayabilecek ikame malzemelere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bakımdan çimentolu odun kompozitleri yapı malzemesi olarak önemli bir alternatif oluşturmaktadır ve sahip olduğu Çimento sanayisi ile odun ve tarımsal atık potansiyeli dikkate alındığında gelişmekte olan ülkemizde bu konuda yeni çalışmalar ve yatırımlar yapılması gerekmektedir.

## 7. KAYNAKLAR

- Abdullahi, M., 2006. Characteristics of Wood ASH/OPC Concrete, Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies, January-June, 8, 9-16.
- Acda NM., 2010. Waste Chicken Feather as Reinforcement in Cement-Bonded Composites, Philippine Journal of Science 139, 2, 161-166.
- Aggarwal, L.K., Agrawal, S.P., Thapliyal, P.C. ve Karade, S.R., 2008. Cement-bonded composite boards with arhar stalks. Cem. Concr. Compos., 30, 1, 44-51.
- Ahn, W.Y. ve Moslemi A.A., 1980. SEM Examination of Wood-Portland Cement Bonds. Wood Sci., 13, 77-82.
- Akman, M.S., 1987. Beton Katkı Maddelerinin Ana İşlevleri ve Yan Etkileri”, İTÜ İnşaat Fakültesi, Malzeme Seminerleri, İstanbul.
- Akman, M.S., 1996. Kimyasal Katkıların Betona Uygulanması, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 4. Ulusal Beton Kongresi.
- Akyüz, M., 1997. Doğu Ladini [*Picea Orientalis* (L.) Link.] Odununun Fiziksel ve Mekanik Özellikleri, Orman Bakanlığı Doğu Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü (DKOA), Trabzon, İnkılâp matbaacılık, Yayın No: 3/3.
- Al Rim, K., Ledhem, A., Douzane, O., Dheilily, R. M. ve Queneudec, M., 1999. Influence of the Proportion of Wood on the Thermal and Mechanical Performances of Clay-Cement-Wood Composites, Cement Concrete Comp., 21, 269-276.
- Anşin, R. ve Özkan, Z.C., 1993. Tohumlu Bitkiler-Odunsu Taksonlar, KTÜ Orman Fakültesi, Genel Yayın No:167, Fak. Yayın No:19, Trabzon.
- Anşin, R., 1998. Tohumlu Bitkiler, Gymnospermae (Açık Tohumlular), Cilt 1, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Trabzon, Yayın No: 112/15.
- Aro, M., 2008. Wood Strand Cement Board. 11th Int. Inorganic-Bonded Fiber Composite Conference, November 5-7, Madrid- Spain.
- Asasutjarit, C., Hirunlabh, J., Khedari, J., Charoenvai, S., Zeghmati, B. ve Cheul Shin, U., 2007. Development of Coconut Coir-Based Lightweight Cement Board. Construct Buil Mater., 21, 277-88.
- Ashori, A., Tabarsa, T. ve Sepahvand, S., 2011a. Cement-Bonded Composite Boards made from Poplar Strands, Constr Build Material, 26, 131-134.
- Ashori, A., Hamzeh, Y. ve Amani, F., 2011b. Lemon Balm (*Melissa officinalis*): Chemical Composition and Fiber Morphology, J. Polym. Environ., 19, 1, 297-300.



- Ashori, A., Tabarsa T. ve Amosi, F., 2012. Evaluation of Using Waste Timber Railway Sleepers in Wood-Cement Composite Materials, Construction and Building Materials, 27, 126-129.
- Aslan A., 1998. Termik Santral ve Biyokütle Atıkları ile Traş Katkılarının Çimentonun Mekanik Dayanım ve Hidratasyon Özelliklerine Etkilerinin Araştırılması, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Ens., Trabzon.
- Aslan, M., 2007. İçme Suyu Atık Çamurunun Çimentolu Yongalevha Üretiminde Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- ASTM C 1113, 2009. Test Method for Thermal Conductivity of Refractories by Hot Wire (Platinum Resistance Thermometer Technique), A.S.T.M., USA.
- ASTM D 1037, 2006. Standard Test Method for Evaluating Properties of Wood-Base Fiberand Particle Panel Materials, A.S.T.M., USA.
- Badejo, S.O.J., 1988. Effect of Flake Geometry on Properties of Cement-Bonded Particleboard from Mixed Tropical Hardwoods, Wood Sci. Technol., 22, 357-370.
- Basri, H.B., Mannan M.A. ve Zain M.F.M., 1999. Concrete Using Waste Oil Palm Shells as Aggregate. Cem Concr Res., 29, 619-22.
- Bejó, L., Takáts, P. ve Vass, N., 2005. Development Of Cement Bonded Composite Beams, Acta Silv. Lign., Hung., 1, 111-119.
- Bektaş, İ., Güler, C. ve Kalaycıoğlu, H., 2002. Ayçiçeği (*Helianthus Annuus L.*) Saplarından Üre-Formaldehit Tutkalı ile Yongalevha Üretimi, KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 5, 2, 49-56.
- Berkel, A., 1970. Ağaç Malzeme Teknolojisi. İ.Ü. Orman Fakültesi 1.Cilt Yayın No: 1448, Orman Fakültesi Yayın No: 147, Kurtulmuş Matbaası, İstanbul.
- Bilba, K., Arsène, M.A. ve Ouensanga, A., 2003. Sugar Cane Bagasse Fibre Reinforced Cement Composites. Part I. Influence of the Botanical Components of Bagasse on the Setting of Bagasse/Cement Composite, Cem Concr Compos., 25, 91-6.
- Bozkurt, Y., 1986. Ağaç Teknolojisi, İ.Ü., Orman Fakültesi, Yayın No:3403-380, İstanbul.
- Bozkurt, Y., Göker, Y. ve Erdin, N., 1991. Belgrat Ormanında Suni Olarak Yetiştirilmiş Doğu Ladini'nin Bazı Anatomik Özellikleri, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri: A, 41, 2.
- BS EN 12667:2001, (2001). Thermal performance of building materials and products. Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods. Products of high and medium thermal resistance, England.
- Cabangon, R.J., Cunningham, R.B. ve Evans, P.D., 2002. Manual Strand Orientation as a Means of Improving the Flexural properties of Wood-Wool Cement Boards in the Philippines, Forest Prod. J., 52, 4, 53-59.

- Candemir B., Beyhan B. ve Candemir B., 2012. İnşaat Sektöründe Sürdürülebilirlik: Yeşil Binalar ve Nanoteknoloji Stratejileri, TÜSİAD Yayın No: TÜSİAD-T/2012-10/533.
- Coutts, R.S.P. ve Kightly, P., 1984. Bonding in Wood Fibre-Cement Composites, J. Mater Sci., 19, 3355-3359.
- Cziesielski, E., 1975. Beton mit Fasern aus Holz, Holz Roh Werkst., 33, 303-307.
- Datye, K.R. ve Gore, V.N., 1998. Innovative Designs of Wood-Bamboo-Brick Composites," 5th World Conference on Timber Engineering, Montreux, Switzerland, 526-533.
- Demirbas, A. ve Aslan, A., 1998. Effects of Ground Hazelnut Shell, Wood, and Tea Waste on the Mechanical Properties of Cement, Cement and Concrete Research, 28, 8, 1101-1104.
- Dewitz, K., Kuschy, B. ve Otto, T., 1984. Stofftransporte Bei der Abbindung Zementgebundener Holzwerkstoffe, Holztechnologie, 3, 151-154.
- Döyen, A. ve Aksoy, E., 2013. Isparta ve Gelincik Pomza Yataklarının Jeolojisi ve Beton Yapımına Uygunluğunun Araştırılması, S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg., 28, 1.
- DPT, 2001. Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Yapı Malzemeleri, III (pomza perlit- vermikülit- flogotip- genleşen killer) Çalışma Grubu Raporu, Ankara
- Duda, H. W., 1985. Cement data Book, Volume 1: International Process Engineering in the Cement Industry, Bauverlag GmbH-Wiesbaden und Berlin, 656.
- Eaton, R.A. ve Hale, M.D.C., 1993. Wood: Decay, Pests and Protection, London; New York: Chapman and Hall.
- Elten, G.V., 2006a. Cement Bonded Particle Board (CBPB) and Wood Strand Cement Board (Eltoboard): Production, Properties and Applications, 10th Int. Inorganic-Bonded Fiber Composites Conference, Sao Paulo, Brazil.
- Elten, G.V., 2006b. Production of Wood Wool Cement Board and Wood Strand Cement Board (EltoBoard) on One Plant and Applications of The products, 10th Int. Inorganic-Bonded Fiber Composites Conference, Sao Paulo, Brazil.
- Eltomation B.V., Eltomation – Technical information on Wood Wool Cement Board, <http://www.eltomation.com/Eng/Publications/Prop%20and%20appl%20WWCB%20leaflet.pdf>, Ekim 2006.
- Erdoğan, Y.T., 1997. Admixture of Concrete, Middle East Technical Published, ISBN 975-429-113-6, 188.
- Erdoğan, Y.T., 2003. Beton, Semih Ofset Matbaacılık Yayıncılık, Ankara.

- Eusebio, D., Cabangon, R., Soriano, F. ve Evans, P.D., 2000. Manufacture of Low-Cost Wood-Cement Composites in the Philippines Using Plantation Grown Australian species I. Eucalypts. Proceedings 5th Pacific Rim Biobased Composites Symposium, Canberra, Australia. 10–13 December, 9.
- Fan, M., Bonfield, P. ve Dinwoodie, J., 2006. Nature and Behaviour of Cement Bonded Particleboard: Structure, Physical Property and Movement, J Mater Sci, 41, 17, 5666–78.
- Fan M., Ndikontar, M. K., Zhou, X. ve Ngamveng J. N., 2012. Cement-Bonded Composites made from Tropical Woods: Compatibility of Wood and Cement, Construction and Building Materials, 36, 135–140.
- Felekoğlu, B. ve Türkel, S. 2004. Aşırı Dozda Akışkanlaştırıcı Kimyasal Katkı Kullanımının Taze ve Sertleşmiş Betonun Bazı Özellikleri Üzerine Etkileri, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, Ocak 6, 1, 79-91.
- Fernandez E.C. ve Taja-on V.P., 2000. The Use and Processing of Rice Straw in the Manufacture of Cement-Bonded Fibreboard. In: Evans, PD, editor. Proceedings of the Wood–Cement Composites in the Asia-Pacific Region, Canberra, 10 December, 49–54.
- Ferraris, C.F., 1999. Measurement of the Rheological Properties of Cement Paste: A New Approach, Int. RILEM Conf., 333-342.
- Franek J., Kollár M. ve Makoviny I., 2011. Microwave Electromagnetic Field and Temperature Distribution in a Multilayered Wood–Cement Board, J Electrical Eng. 62, 1, 25–30.
- Frybort, S., Mauritz, R., Teischinger, A. ve Müller, U., 2008. Cement Bonded Composites – A Mechanical Review, Biosource, 3, 2, 602-626.
- Fuwape, J.A., 1995. The Effect of Cement-Wood Ratio on the Strength Properties of Cement-Bonded Particleboard from Spruce, Journal of Tropical Forest Products, 1, 49-58.
- Gündüz L., Şapcı, N., Bekar M. ve İsker, M., 2006. Erzurum Bölgesi Pomza Oluşumları ve Doğu Karadeniz Bölgesinde Endüstriyel Olarak Kullanımı", Doğu Karadeniz Maden Kaynaklarının Değerlendirilmesi Sempozyumu, 14-16 Eylül, Trabzon, 7-16.
- Gündüz., L., 1998. Pomza Teknolojisi. Cilt 1, Isparta, 288.
- Hachmi, M.H. ve Moslemi, A.A., 1989. Correlation Between Wood–Cement Compatibility and Wood Extractives, For. Prod. J. 39, 6, 55–58.
- Haig, V., Elsayy, A. ve Mohammed, F., 1996. The Use of Solid Waste Materials as Alternative Compositions in the Development of Wood-Cement Blocks, The Book of use of Recycled Wood and Paper in Building Applications, Forest Product Society, 92-100.

- Hermawan, D., Hata, T., Kawai, S., Nagadomi, W. ve Kuroki, Y., 2002. Effect Of Carbon Dioxide-Air Concentration In The Rapid Curing Process On The Properties Of Cement-Bonded Particleboard, J. Wood Sci., 48, 3, 179-184.
- Hermawan, D., Hata, T., Umemura, K., Kawai, S., Kaneko, S. ve Kuroki, Y., 2000. New Technology for Manufacturiung High-Strength Cement-Bonded Particleboard Using Supercritical Carbon Dioxide, J. Wood Sci., 46, 85-88.
- Hinterstoisser, B., Weingärtner, J. ve Praznik, W. 1992. Influence of Wood Drying Processes on the Carbohydrate Matrix of Wood of Picea Abies," 3<sup>rd</sup> IUFRO International Wood Drying Conference, Vienna, 217-221.
- Hosfstrand, A.D., Moslemi, A.A. ve Garcia, J.F., 1984. Curing Characteristics of Wood Particles from Nine Northern Rocky Mountain Species Mixed with Portland Cement. Forest Products Journal, 34, 2, 57-61.
- Huang, C. ve Cooper, P.A., 2000. Cement-Bonded Particleboards Using CCA-Treated Wood Removed from Service, Forest Prod.J., 50, 6, 49-56.
- Illinois Department of Transportation (IDT) Bureau of Materials and Physical Research 2002. Approved List of Concrete Admixtures, Standard Specifications for Road and Bridge Construction, Section 1021.
- ISO 91.120.10, 2010. Thermal Insilation of Buildings.
- Jorge, F.C., Pereira, C. ve Ferreira, J.M.F., 2004. Wood–Cement Composites: a Review, Holz als Roh-und Werkstoff , 62, 5, 370–377.
- Juenger, M.C.G., 2002. Jennings H. M.: Cement and Concrete Research, 32, 393.
- Kalaycıoğlu, H., 1991. Sahil Çamı (Pinus Pinaster) Odunlarının Yongalevha Üretiminde Kullanılması İmkanları, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kalaycıoğlu, H., 2012. Yongalevha Endüstrisi Basılmamış Ders Notları, K.T.Ü. Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Trabzon.
- Karade, S.R., 2010. Cement-Bonded Composites from Lignocellulosic Wastes, Constr. Build. Mater, 24, 8, 1323–1330.
- Karade, S.R. 2011. Optimisation of Water-Cement Ratio for Determination of Wood-Cement Compatibility, Proc. 9th NCB International Seminar on Cement and Building Materials, New Delhi, 2, 353-360.
- Karade, S.R., Irle, M.A. ve Maher, K., 2003. Assessment of Wood-Cement Compatibility: A New Approach. Holzforschung., 57, 6, 672-680.
- Kasai, Y., Kawamura, M. ve Zhou, J.D., 1998. Study on Wood Chip Concrete with Used Timber. In: Malhotra VM, editor. Recent Advances in Concrete Technology: Proceedings: Fourth CANMET/ACI/JCI International Conference, SP 179, Tokushima, Japan, 905–28.

- Kavvouras, P.K., 1987. Suitability of *Quercus conferta* wood for the manufacture of cement-bonded flakeboards, Holzforschung, 41, 159-163.
- KEAS Bülteni 2012, Temmuz-Ağustos-Eylül, 1, 30.
- Khedari, J., Suttisonk, B., Pratinhong, N. ve Hirunlabh, J., 2001. New Lightweight Composite Construction Materials Wwith Low Thermal Conductivity, Cem Concr Compos., 23, 65–70.
- Kılıç, A. ve Hafızoğlu V., 2002. Metil Metakrilat ile Muamele Edilen Bazı Ağaç Türlerinin Boyut Stabilizasyonunun Arttırılması, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 4, 4, 20-27.
- Kosmatka, S.H., Voigt, G.F. ve Taylor, P., 2006. Integrated Materials and Construction Practices for Concrete Pavement: a State-Of-The-Practice Manual, Center for Transportation Research and Education, Iowa State University, 69-104.
- Kökipek, B., 2010. Suni Alçının Çimento Üretiminde Kullanabilirliği, Yüksek lisans tezi Çukuoova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Kruger, E.L., Adiazola, M., Matoski, A. ve Iwakiri, S., 2009. Thermal Analysis of Wood–Cement Panels: Heat Flux and Indoor Temperature Measurements in Test Cells, Constr Build Mater, 23, 2299–305.
- Kulaksızoğlu, Z., 2006. Isı Yalıtım Sektör Araştırması, İstanbul Ticaret Odası (İTO), Eylül.
- Kuzugüdenli, Ö.E., 2004. Use of Pumice Stone as a Ceramic Raw Material, Key Engineering Material, 264-268, 1421-430.
- Lee, A.W.C., 1985. Effect of Cement/Wood Ratio on Bending Properties of Cement - Bonded Southern Pine Excelsior Board, Wood Fibre Sci., 17, 361-364.
- Lee, A.W.C., Hong, Z., Philips, D.R. ve Hse, C.Y., 1987. Effect of Cement/Wood Ratios and Wood Storage Conditions on Hydration Temperature, Hydration Time, and Compressive Strength of Wood–Cement Mixtures, Wood Fiber Sci., 19, 3, 262–268.
- Li, W., Shupe, T.F. ve Hse, C.Y., 2004. Physical and Mechanical Properties of Flakeboard Produced from Recycled CCA-Treated Wood, Forest Prod. J., 54, 2, 89-94.
- Ma, L.F., Pulido, O.R., Yamauchi, H., Sasaki, H., Kuroki, Y., Nagadomi, W. ve Kawai, S., 1998. New Methods of Production and Treatment of Bamboo–Cement Composites, Inorganic-Bonded Wood and Fiber Composite Materials, 6, 315–322.
- Ma, L.F., Yamauchi, H., Pulido, O.R., Sasaki, H. ve Kawai, S., 2000. Production and Properties of Oriented Cement-Bonded Boards from Sugi (*Cryptomeria Japonica* D. Don), Wood-Cement Composites in the Asia-Pacific Region, Canberra, Australia, 140-147.

- Maloney, T.M., 1996. The Family of Wood Composite Materials, Forest Products Journal, 46, 2.
- Maltese, C., Pistolesi, C., Bravo, A., Cella, F., Cerulli T. ve Salvioni, V., 2007. Effects of Setting Regulators on the Efficiency of an Inorganic Acid Based Alkali-Free Accelerator Reacting with a Portland Cement, Cement Concrete Res., 37, 528-536.
- Marzuki, A. R., Rahim, S., Hamidah, M. ve Ruslan, R.A., 2011. Effects of Wood:Cement Ratio on Mechanical and Physical Properties of Three-Layered Cement-Bonded Particleboards from *Leucaena Leucocephala*, Journal of Tropical Forest Science, 23 1, 67.
- Mehta, P.K. ve Monteiro, P.J.M., 1997. Concrete Microstructure, Properties and Materials, Chapter 8: Admixtures, Indian Concrete Institute, Chennai, 256-271.
- Meneéis, C.H.S., Castro, V.G. ve Souza, M.R., 2007. Production and Properties of aMedium Density Wood-Cement Boards Produced with Oriented Strands and Silica Fume, Maderas: Ciencia Y Tecnología, 9, 2, 105-116.
- Merev, N., 2003. Odun Anatomisi ve Odun Tanıtımı. K.T.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No: 210, 32.
- Milestone, N.B., 1979. Hydration of Tricalcium Silicate in the Presence of Lignosulfonates, Glucose and Sodium Gluconate, J. Am. Ceram. Soc., 62, 321-324.
- Miller, D.P. ve Moslemi, A.A., 1991. Wood-Cement Composites: Species and Heartwood-Sapwood Effects on Hydration and Tensile Strength, For. Prod. J., 41, 3, 9-14.
- Miller, D.P., Moslemi, A.A. ve Short, P.H., 1989. The Use of Fly Ash in Wood-Cement Composites, Forest Prod J., 39, 9, 34-38.
- Miyatake, A., Fiujii, T., Hiramatsu, Y., Abe, H. ve Tonosaki, M., 2000. Manufacture of wood strand-cement composite for structural use, Wood-Cement Composites in the Asia Pacific Region, Canberra, Australia, 148-152.
- Mohr, B.J., El.Ashkar, N., H.A. ve Kurtis, K.E., 2004. Fiber-Cement Composites for Housing Construction: State-of-the-Art Review, NSF Housing Research Agenda Workshop, Orlando, Florida, USA, 112-128.
- Moir, G.K., 2003. Cements. In: Newman J, Choo BS, eds. Advanced Concrete Technology, Constituent Materials, Oxford, UK: Elsevier Butterworth Heinemann, 3-45.
- Moslem,. A.A. ve Pfister, S.C., 1987. The Influence of Cement/Wood Ratio and Cement Type on Bending Strenght and Dimensional Stability of Wood-Cement Composite Panels, Wood Fibre Sci., 19, 165-175.
- Moslemi, A.A., 1999. Emerging Technologies in Mineral-Bonded Wood and Fiber Composites, Adv. Perform. Mater, 6, 161-179.

- Mougel, E., Beraldo, A.L. ve Zoulalian, A., 1995. Controlled Dimensional Variations of a Wood-Cement Composite, Holzforschung, 49, 5, 471–477.
- Nagadomi, W., Kuroki, Y., Eusebio, D.A., Ma, L., Kawai, S. ve Sasaki, H., 1996. Rapid curing of Cement-Bonded Particleboard IV. Sodium silicate as a Fortifier During Steam Injection Pressing, Mokuzai Gakkaishi, 42, 8, 769–775.
- Nanazashvili, I.C., 1990. Building Materials Of Wood Cement Composition, 415, Strojizdat, Leningrad, Russian.
- Neville, A., 2003. Neville on Concrete, Second edition, ACI International.
- Nmai, C.K., 1998. Cold Weather Concreting Admixtures, Cement and Concrete Composites, Great Britain, 20, 121-128.
- Noor A.A.R., Razali, A.K., Izran, K., Rahim, S. ve Abdul Aziz M., 2010. Hydration Performance of Cement-Bonded Wood Composites: Compatibility Assessment of Six Pioneer Forest Species, Journal of Borneo Science, 01, 25, 47-57.
- Ntalos, G. ve Papadopoulos, A., 2006. Mechanical and Physical Properties Of Cement Bonded OSB. Cost Action E44 - E49 Wood Resources and Panel Properties, Valencia.
- OGM, 2013. Ormancılık İstatistikleri 2011, TÜİK Matbaası, Ankara.
- Okino, E.Y.A., De Souza, M.R., Santana, M.A.E., Alves, M.V.D.S., De Sousa, M.E. ve Teixeira, D.E., 2004. Cement-Bonded Wood Particleboard with a Mixture of Eucalypt and Rubberwood, Cem. Concr. Compos., 26, 6, 729–734.
- Okino, E.Y.A., De Souza, M.R., Santana, M.A.E., Da Alves, M.V., De Souza, M.E. ve Teixeira, D.E., 2005. Physicomechanical Properties and Decay Resistance of Cupressus Ssp. Cement-Bonded Particleboards, Cement & Concretes Composites, 27, 333-338.
- Olorunnisola, A.O. ve Adefisan, O.O., 2002. Trial Production and Testing of Cement-bonded particleboard from Rattan Furniture Waste, Wood Fibre Sci., 34, 11, 16–24.
- Orman ve Orman Ürünleri Sektör Raporu, 2012. Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı (BAKA).
- Örs, Y. ve Keskin, H., 2001. Ağaç Malzeme Bilgisi, Atlas Kitap Evi, Temmuz.
- Özkan, Ş.G. ve Tuncer, G., 2001. Pomza Madenciliğine Genel Bir Bakış, 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, Ekim, İzmir, Bildiriler Kitabı: 145-150.
- Pablo A., Geimer R.L. ve Wood J.E., 1994. Proceedings, Inorganic-Bonded Wood and Fiber Composite Materials, Editor Moslemi A.A., Forest Prod. Soc., Madison, Wis., 4, 98-102.

- Papadopoulos, A. N., 2008. Natural Durability And Performance Of Hornbeam Cement Bonded Particleboard, Maderas Ciencia y tecnología, 10, 2, 93-98.
- Papadopoulos, A.N., Ntalos, G.A. ve Kakaras, I., 2006. Mechanical and Physical Properties of Cement-Bonded OSB, Holz Roh Werkst., 64, 517-518.
- Papadopoulos, N.A., 2007. An Investigation of the Suitability of Some Greek Wood Species in Wood-Cement Composites Manufacture, Holz Roh Werkst, 65, 245–246.
- Parameswaran, N., Bröker, F.W. ve Simatupang, M.H., 1977. Zur Mikrotechnologie mineralgebundener Holzwerkstoffe, Holzforchung, 31, 173-178.
- Peschard, A., Govin, A., Pourchez, J., Fredon, E., Bertrand, L., Maximilien, S. ve Guilhot, B., 2006. Effect of Polysaccharides on the Hydration of Cement Suspension, J. Eue. Ceramn. Soc., 26, 1439-1445.
- Plekhanova, T. A., Keriene J., Gailius, A. ve Yakovlev G.I., 2007. Structural, Physical and Mechanical Properties of Modified Wood–Magnesia Composite, Constr Build Mater, 21, 1833–8.
- Qi, H. ve Cooper, P.A., 2007. The Effects of Composition and Carbon Dioxide Injection Time on the Properties of Wood-Cement Composites, Holz Roh Werkst., 65, 267-273.
- Qi, H., Cooper, P.A. ve Wan, H., 2006. Effect Of Carbon Dioxide Injection on Production of Wood Cement Composites from Waste Medium Density Fiberboard (MDF). Waste Manage, 26, 509–15.
- Ramachandran, V.S. ve Malhotra, M., 1984, Concrete Admixtures Handbook–Part 7: Superplasticizers, Noyes Publications, 462-463.
- Reddy, N. ve Yang, Y., 2005. Biofibers from agricultural Byproducts for Industrial Applications, Trends Biotechnol, 23, 1, 22–7.
- ROU, 2007. A Literature Review on the Composting of Composite Wood Products, 2<sup>nd</sup> Edition.
- Rückert, M., 2008. Träullit Large Wall Elements, 11th Int. Inorganic-Bonded Fiber Composites Conference, November, Madrid- Spain.
- Sağlam, A.R. ve Akman, M.S., 2002. Yüksek Performanslı Betonlarda İşlenebilme Açısından Çimento ve Süper Akışkanlaştırıcıların Uyumu, Sika Teknik Bülten, 3-9.
- Sağlam, A.R., Parlak N. ve Özkul M.H., 2007. Polikarboksilat Esaslı Kimyasal Katkıların Beton Üretiminde Kullanımı, Yapılarda Kimyasal Katkılar Bildiriler Kitabı, Nisan, Ankara, 107-120.
- Sakarya, S. ve Canlı, Ş., 2011. Levha Sanayi Raporu, Orta Anadolu Ağaç Mamülleri ve Orman Ürünleri İhracatçıları Birliği, Haziran.



- Sandermann, W. ve Brendel, M., 1956. Die zementvergiftende Wirkung von Holzinhaltsstoffen und ihre Abhängigkeit von der Chemischen Konstitution," Holz. Roh Werkst., 14, 307-313.
- Sandermann, W. ve Kohler, R., 1964. Über eine Kurze Eignungsprüfung von Hölzern für Zementgebundene Werkstoffe," Holzforschung., 18, 53-59.
- Sarıışık, A. ve Sarıışık, G., 2010. Yeni Üretim Prosesi ile Pomza Agregalı Hafif Beton ve EPS Köpüklü İzolasyon Blok Üretimi, Standartlara Uygunluğu Diğer Duvar Yapı Elemanları ile Karşılaştırılması, Madencilik, 49, 2, 27-39.
- Schaefer, G.E., 1995. How Mid-Range Water Reducers Enhance Concrete Performance, Concrete Construction, 40, 7, 5599-602.
- Schmidt, R., Marsh, R., Balatinecz, J.J. ve Cooper, P.A., 1994. Increased Wood–Cement Compatibility Of Chromate Treated Wood, Forest Prod J., 44, 7/8, 44–6.
- Semple, K.E. ve Evans, P.D. 2007. Manufacture of Wood-Cement Composites from Acacia Mangium. Part II. Use of Accelerators in the Manufacture of wood-wool Cement Boards from A. Mangium, Wood Fibre Sci., 39, 120-131.
- Semple, K.E. ve Evans, P.D., 2004. Wood-Cement Composites - Suitability of Western Australian Mallee Eucalypt, Blue Gum and Melaleucas, RIRDC/Land & Water, Australia, FWPRDC/MDBC.
- Semple, K.E., Cunningham, R.B. ve Evans, P.D., 2002. The Suitability of five Western Australian mallee eucalypt species for wood–cement composites, Ind. Crop. Prod. 16, 2, 89–100.
- Simatupang, M.H. ve Habighorst, C., 1992. The Carbon Dioxide Process to Enhance Cement Hydration in Manufacturing of Cement-Bonded Composites - Comparison with Common Production Method, 3rd International Inorganic-Bonded Wood and Fiber Composite Materials, Spokane, Washington, USA, 114-120.
- Simatupang, M.H., Sedding, N., Habighorst, C. ve Geimer, R.L., 1990. Technologies For Rapid Production Of Mineral-Bonded Wood Composite Boards, 18-22.
- Soroushian, P., Aouadi, F., Chowdhury, H., Nossoni, A. ve Sarwar, G., 2004. Cement-Bonded Straw Board Subjected to Accelerated Processing, Cement Concrete Comp., 26, 797-802.
- Soroushian, P., Shah, Z., Won, J-P. ve Hsu, J-W., 1994. Durability and Moisture Sensitivity of Recycled Wastepaper-Fiber-Cement Composites, Cem Concr Compos., 16,2,115–28.
- Stahl, D.C., Cramer, S.M. ve Geimer, R.L., 1997. Effects of Microstructural Heterogeneity in Cement Excelsior Board, Wood Fibre Sci., 29, 345-352.

- Suchsland, O. ve Woodson E., 1986. Fiberboard Manufacturing Practices in the United States, United States Department of Agriculture, Agriculture Handbook, 940.
- Sudin, R. ve Swamy, R.N., 2006. Bamboo and Wood Fibre Cement Composites for Sustainable Infrastructure Regeneration, Journal Of Materials Sciene, 41, 21, 6917-6924.
- Swamy R.N., 2000. RC for Sustainable Infrastructure Regeneration and Rehabilitation, Proc. of the Fifth Int RILEM Symposium on Fibre Reinforced Concrete, RILEM Publications S.A.R.L., March, France, 3-18.
- Tabarsa, T., Jahanshahi, S. ve Ashori, A., 2011. Mechanical and Physical Properties of Wheat Straw Boards Bonded With a Tannin Modified Phenol–Formaldehyde Adhesive, Composites Part B, 42, 2, 176–180.
- Tandırılı, E., Akalın Ö. ve Arca E., 2000. Effects of Different Superplasticizers on Early Strength of Concrete, Fifth CANMET/ACI International Conference on Durability of Concrete.
- Topçu, İ.B., Canbaz, M. ve Karakurt, C., 2006. Beton Üretiminde Kimyasal Katkı Kullanımı, Politeknik Dergisi, 9, 1, 59-63.
- Träullit AB, 2007. Product guide, Product binder: Träullit, Section 1, November, Publ 117.
- TS EN 197-1, 2012. Çimento- Bölüm 1: Genel Çimentolar- Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterler, T.S.E., Ankara.
- TS EN 310, 1999. Ahşap Esaslı Levhalar-Eğilme Dayanımı ve Eğilme Elastikiyet Modülü Yayini, T.S.E., Ankara.
- TS EN 312, 2012. Yongalevhalar-Özellikler, T.S.E., Ankara.
- TS EN 317, 1993. Yongalevhalar ve Liflevhalar, Su İçerisine Daldırma İşleminde Sonra Kalınlığına Şişme Tayini, T.S.E., Ankara.
- TS EN 319, 1999. Yongalevhalar ve Lif Levhalar-Levha Yüzeyine Dik Çekme Dayanımı Tayini, T.S.E., Ankara.
- TS EN 322, 1999. Ahşap Esaslı Levhalar-Rutubet Miktarının Tayini, T.S.E., Ankara.
- TS EN 323/1, 1999. Ahşap Esaslı Levhalar-Birim Hacim Ağırlığının Tayini, T.S.E., Ankara.
- TS. EN 634-2, 2009. Çimentolu Yonga Levhalar - Özellikler - Bölüm 2: Kuru, Nemli Ve Açık Hava Şartlarında Kullanılan Normal Portland Çimentosu (NPÇ) İle Yapıştırılmış Yonga Levhaların Özellikleri, T.S.E., Ankara.
- Tuncer, G., Şafak, G.Ö., 2001. Pomza Madenciliğine Genel Bir Bakış, P.Ü. Mühendislik Fak. Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7, 2, 269-276.

- Türkiye Yapı Sektörü Raporu, 2011. Yapı-Endüstri Merkezi Araştırma Bölümü (YEMAR).
- Ulusoy, G., 2004. Pomzanın izole Monolitik Malzeme imalinde Kullanılması, MTA Dergisi, 129, 89-96.
- URL-1, <http://www2.ogm.gov.tr/bulten/bulten1.htm>, 12 Nisan 2013.
- URL-2, [gencmevtoo.at.ua/\\_fr/0/Trkiyede\\_Ormanl.doc](http://gencmevtoo.at.ua/_fr/0/Trkiyede_Ormanl.doc), 2 Mayıs 2013.
- URL-3, 2009, Wood Wool Cement Boards (Properties, Applications and Production Technology), [www.eltomation.com](http://www.eltomation.com), 28 Şubat 2013.
- URL-4, [http://www.axtrada.com/wp-content/uploads/2012/02/cement\\_board.jpg](http://www.axtrada.com/wp-content/uploads/2012/02/cement_board.jpg), 13 Mart 2013.
- URL-5, [http://www.cement.org/basics/concretebasics\\_history.asp](http://www.cement.org/basics/concretebasics_history.asp), 25 Nisan 2013.
- URL-6, YVELOX Production Process, [http://www.velox.at/international/download/Ablauf\\_engl.pdf](http://www.velox.at/international/download/Ablauf_engl.pdf), 2012, 11 Nisan 2013.
- URL-7, <http://www.nkfu.com/aluminyum-bilesikleri-ve-ozellikleri/>, 12 Mart 2013.
- URL-8, [http://www.citykimya.com/aluminyum-sulfat\\_kimyasali.php](http://www.citykimya.com/aluminyum-sulfat_kimyasali.php), 12 Mart 2013
- URL-9, <http://www.akbelkimya.com.tr/sodyum-silikat-271-urun-Akbel>, 14 Mart 2013.
- URL-10, <http://www.yerdenisi.com>, 18 Nisan 2013.
- Uyan M., Yıldırım H. ve Süvari Y., 1996. Akışkanlaştırıcı Katkıların Etkinliği, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 4. Ulusal Beton Kongresi.
- Uyan, M. ve Özkul, H., 1985. Beton Katkı Maddeleri ve Türkiye`de Durumu”, Akdeniz Üniversitesi, II. Mühendislik Haftası Bildirileri, Isparta.
- Uyan, M., 1982. Isıl İşlem Uygulaması ile Birlikte Katkı Kullanımının Beton Özelliklerine Etkisi, Doçentlik Tezi. İnşaat Fak., Mart.
- Vaickelionis, G. ve Vaickelioniene, R., 2006. Cement Hydration in the Presence of Wood Extractives and Pozzolan Mineral Additives, Ceramics – Silikat, 50, 2, 115-122.
- Weatherwax, R.C. ve Tarkow, H., 1964. Effect of Wood on Setting of Portland Cement, Forest Prod J., 12, 567–70.
- Wei, Y.M., Fujii, T., Hiramatsu, Y., Miyatake, A., Yoshinaga, S., Fujii, T. ve Tomita, B., 2004. A Preliminary Investigation on Microstructural Characteristics of Interfacial Zone Between Cement and Exploded Wood Fiber Strand by Using SEM- EDS, J. Wood Sci., 50, 327-336.

- Wei, Y.M., Tomita, B., Hiramatsu, Y., Miyatake A. ve Fujii, T., 2003. Study of Hydration Behaviors of Wood-Cement Mixtures: Compatibility of Cement Mixed With Wood Fiber Strand Obtained by the Water-Vapor Explosion Process, J. Wood Sci., 48, 365-373.
- Wolfe, R.W. ve Gjinolli, A., 1996. Cement-Bonded Wood Composites as an Engineering Material. In: Proceedings of the Conference on the Use of Recycled Wood and Paper in Building Applications, Madison, Wisconsin, 84– 91.
- Yamada, K., Hanehara, S. ve Honma, K., 1999. The Effects of Naphthalene Sulfonate Type and Polycarboxylate Type Superplasticizers on the Fluidity of Belite-Rich Cement-Concrete, Proceeding of Int. Workshop on Self-Compacting Concrete ,201-210.
- Yazıcıoğlu, S., Arıcı, E., Gönen, T., 2003. Pomza Taşının Kullanım Alanları ve Ekonomiye Etkisi, F.Ü. Daum Dergisi, 1, 118-123.
- Yegül, F., 1984. Çimento Kimyası, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği, Saim Toraman Matbaası, Ankara, 24s. Genişletilmiş Üçüncü Baskı, 149, İzmir.
- Yıldırım, S.T. ve Kiraz, E., 2010. Betonda Orta Akışkanlaştırıcıları Katkıların Araştırılması, Yapı Teknolojileri elektronik Dergisi, 6, 2, 9-16.
- Yıldız, S., 2002. Isı İşlem Uygulanmış Doğu Kayını ve Doğu Ladini Odunlarının Fiziksel, Mekanik, Teknolojik ve Kimyasal Özellikleri, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Zhengtian, L. ve Moslemi, A.A., 1985. Influence of Chemical Additives on the Hydration Characteristics of Tern Larch Wood-Cement Water Mixtures. Forest Products Journal, 35, 7, 837 –43.

## **ÖZGEÇMİŞ**

05.12.1986 yılında İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 2005 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'ne kayıt yaptırdı. 2009 yılında bu bölümden Orman Endüstri Mühendisi unvanı ile mezun oldu. Aynı yıl KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Bilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2011 yılında Araştırma Görevlisi olarak atandığı KTÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde halen görev yapmakta olup iyi derecede İngilizce bilmektedir.