

T.C.
ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

MİNERAL (DOLOMİT VE OLİVİN) KATKILI BAZI LİGNOSELÜLOZİK
KAYNAKLARDAN ÜRETİLEN LEVHALARIN PERFORMANS
ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Ömer Ümit YALÇIN

Danışman
Prof. Dr. Halil Turgut ŞAHİN

II. Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Ali İhsan KAYA

DOKTORA TEZİ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2018



© 2018 [Ömer Ümit YALÇIN]

TEZ ONAYI

Ömer Ümit YALÇIN tarafından hazırlanan "Mineral(Dolomit ve Olivin) Katkılı Bazı Lignoselülozik Kaynaklardan Üretilen Levhaların Performans Özelliklerinin Araştırılması" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda DOKTORA TEZİ olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Prof. Dr. Halil Turgut ŞAHİN

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi



Jüri Üyesi

Prof. Dr. Samim YAŞAR

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi



Jüri Üyesi

Doç. Dr. Abdullah SÜTÇÜ

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi



Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Devrim Demiray SOYASLAN

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi



Jüri Üyesi

Doç. Dr. Murat ÖZALP

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi



Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Yusuf UÇAR



TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Ömer Ümit YALÇIN



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	6
3. MATERYAL YÖNTEM.....	27
3.1. Materyal	27
3.1.1. Bitkisel sera atıkları	27
3.1.2. Odun yongası	27
3.1.3. Çam kozalak ve kabuğu	27
3.1.4. Olivin ve dolomit.....	27
3.1.5. Yapıştırıcı madde	28
3.2. Yöntem	29
3.2.1. Hammaddenin hazırlanması	29
3.2.2. Deneme levhalarının üretimi.....	29
3.2.3. Hammaddelerin ve levhaların özelliklerinin tayini	33
3.2.3.1. Hammaddelerin kimyasal ve morfolojik özelliklerinin tayini ..	33
3.2.3.2. Levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin tayini	35
3.2.3.3. Levhaların teknolojik özelliklerin tayini	39
3.3. İstatistik Değerlendirme	43
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	44
4.1. Hammadde ve Levhaların Kimyasal Özelliklerine Ait Bulgular.....	44
4.2. Kompozit Panel Levhaların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Ait Bulgular.....	52
4.2.1. Dolomit ilave edilmesiyle üretilen levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri	52
4.2.2. Olivin ilave edilmesiyle üretilen levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri	84
4.3. Dolomit ve Olivin İlavesiyle Üretilmiş Kompozit Panel Levhaların Özelliklerinin Karşılaştırılması.....	116
4.3.1. Levhaların su alma özelliklerinin karşılaştırılması.....	116
4.3.2. Levhaların su içinde (24 saat) kalınlık artım özelliklerinin karşılaştırılması	120
4.3.3. Levhaların yüzeye dik çekme direnç özelliklerinin karşılaştırılması	124
4.3.4. Levhaların eğilme direnç özelliklerinin karşılaştırılması	128
4.3.5. Levhaların eğilmede elastik modül özelliklerinin karşılaştırılması ..	132
4.3.6. Levhaların ısı iletim özelliklerinin karşılaştırılması.....	136
4.3.7. Levhaların yanma davranış özelliklerinin (sıcaklık geçirgenlik) karşılaştırılması	140

4.3.8. Levhaların yanma davranış özelliklerinin (kütle kaybı)	
karşılaştırılması	144
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR	149
KAYNAKLAR	158
ÖZGEÇMİŞ	167



ÖZET

Doktora Tezi

MİNERAL (DOLOMİT VE OLİVİN) KATKILI BAZI LİGNOSELÜLOZİK KAYNAKLARDAN ÜRETİLEN LEVHALARIN PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Ömer Ümit YALÇIN

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Halil Turgut ŞAHİN

II. Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ali İhsan KAYA

Bu çalışmada, Akdeniz bölgesinde yoğun olarak yetişen ve ülkemizin endüstriyel odun üretimindeki en önemli odun hammaddesi olan kızılçam odun ve atıklarından (kozalak ve kabuk), ayrıca yine seralarda tarımsal üretim için yoğun olarak yetiştirilen domates ve patlıcan sap ve artıklarından, dolomit ve olivin mineral maddeleri ile değişik oranlarda karışım yapılarak, sentetik üre-formaldehit tutkalı yardımıyla deneme panel levha ürünleri üretilmiştir. Çalışmada elde edilen deneme levhalarının kimyasal, fiziksel, mekanik, termal, ısı yalıtım, radyasyon ve yangın yalıtımı üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Deneme levhalarının yüzeye dik çekme dirençleri, genel olarak hemen hemen tüm levha tipleri ve üretim şartlarında, standart değer olan $0,28 \text{ N/mm}^2$ den daha yüksek direnç değerleri elde edilmiştir. Kızılçam kozalak/dolomit ve domates sapı/dolomit ile üretilen levhaların eğilme direnç özellikleri bazı şartlarda olivinle üretilenlerden daha yüksek olduğu bulunmuştur. Isı iletim katsayıları belli derecelerde bir malzemenin yalıtım malzeme sınıfında yer alması için gerekli olan değere ulaşamamıştır. Olivin ile üretilmiş levha tiplerinin, benzer üretim veya karışım şartlarında dolomit ile üretilenlerden daha düşük kütle kaybı yani yangına karşı direnç gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kızılçam odun, kozalak, kabuk, domates, patlıcan, dolomit, olivin, kompozit malzeme, fiziksel, mekanik, termal, ısı yalıtım, radyasyon, yangın yalıtım

2018, 169 sayfa

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

INVESTIGATION OF PERFORMANCE PROPERTIES OF PANELS PRODUCED FROM SOME LIGNOCELLULOSIC SOURCES WITH MINERAL (DOLOMITE AND OLIVINE) ADDITIVES

Ömer Ümit YALÇIN

Isparta University of Applied Sciences
The Institute for Graduate Education
Department of Forest Product Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Halil Turgut ŞAHİN

Co-Supervisor: Asst. Prof. Dr. Ali İhsan KAYA

In this study, experimental composite products were produced by the mixture of red pine wood, wastes (red pine cones and bark), tomato and eggplant stalks residues, dolomite and olivine mineral with the help of synthetic urea-formaldehyde glue in various proportions. Hence, the effects of mineral substances on chemical, physical, mechanical, thermal insulation, radiation and fire insulation properties of boards were investigated.

The internal bond values of the test boards were obtained more than the standart value of 0.28 N / mm². The bending strength properties of the pine/dolomite and tomato stalk /dolomite boards were found higher than with olivine mixed samples in the similar manufacturing conditions. The heat transfer coefficients were not reached in the insulation material class. It was concluded that the board types produced with olivine were not resistant to mass loss in fire compared to those produced by dolomite.

The results have been shown that tomato and eggplant stalks, pine cone and barks can use in board manufacturing as alternative raw material. And also they can bonded to dolomite and olivine minerals with urea-formaldehyde resin.

Keywords: Red pine wood, pine cone, bark, tomato, eggplant, dolomite, olivine, composite material, physical, mechanical, thermal, heat insulation, radiation, fire insulation

2018, 169 pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile her aşamada yardımcı olan değerli danışman hocam Prof. Dr. Halil Turgut ŞAHİN'e teşekkürlerimi sunarım.

Analizlerin tamamlanmasında yol gösteren, kolaylıklar sağlayan ve ikinci danışmanım olarak tezimde katkısı olan Dr. Öğr. Üyesi Ali İhsan KAYA'ya teşekkür ederim. Ayrıca tez izleme komitemde bulunmaları ve katkılarından dolayı Prof.Dr. Samim YAŞAR ve Dr.Öğr.Üyesi Devrim DEMİRAY SOYASLAN hocalarıma da teşekkür ederim

Bazı fiziksel ve mekanik testleri yapmamda imkân sağlayan, kapılarını açan ORMA A.Ş. ve Melek AKGÜL'ün şahsında kalite kontrol birimi çalışanlarına teşekkür ederim. Yine Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Simav Teknoloji Fakültesi'nde çalışma yapmama olanak sağlayan hocalarımıza ve onların şahsında Doç. Dr. Murat ÖZALP hocamıza teşekkür ederim.

Araştırmanın yürütülmesinde maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen Öğr. Gör. İsa YAVİLİOĞLU'na ve atölye işlerinde yardımcımız olan Şenel SÜNER'e teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Ömer Ümit YALÇIN
ISPARTA, 2018

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. γ -ışınlarının elektromanyetik tayftaki yeri	20
Şekil 2.2. Radyasyondan korunmanın üç temel yolu	21
Şekil 3.1. Dolomit ve olivin'in laboratuvar şartlarında hazırlanması ve kimyasal analiz ekipmanları	28
Şekil 3.2. Deneme örneklerinin su içinde kalınlık artım deney düzeneği	36
Şekil 3.3. Deneme örneklerinin mekanik direnç testlerinin uygulandığı laboratuvar ve test düzenekleri	38
Şekil 3.4. Isı iletim katsayısı ölçüm cihazı QTM 500	40
Şekil 3.5. Tek alev kaynaklı test cihazı	41
Şekil 3.6. Yanma davranışı test düzeneği	42
Şekil 3.7. Gama spektroskopi sisteminin şematik diyagramı	43
Şekil 4.1. Dolomit-Kızılçam yongası karışımı levhaların FTIR spektrumları	47
Şekil 4.2. Dolomit-Kozalak karışımı levhaların FTIR spektrumları	47
Şekil 4.3. Dolomit-Kabuk karışımı levhaların FTIR spektrumları	48
Şekil 4.4. Dolomit-Domates sapı karışımı levhaların FTIR spektrumları	48
Şekil 4.5. Dolomit-Patlıcan sapı karışımı levhaların FTIR spektrumları	49
Şekil 4.6. Olivin-Kızılçam yongası karışımı levhaların FTIR spektrumları	49
Şekil 4.7 Olivin-Kabuk karışımı levhaların FTIR spektrumları	50
Şekil 4.8. Olivin-Kozalak karışımı levhaların FTIR spektrumları	50
Şekil 4.9. Olivin-Domates sapı karışımı levhaların FTIR spektrumları	51
Şekil 4.10. Olivin-Patlıcan sapı karışımı levhaların FTIR spektrumları	51
Şekil 4.11. Dolomit ilavesiyle üretilmiş ve tek alev kaynağına maruz kalmış levhaların davranışı	72
Şekil 4.12. Tek alev kaynağı ile yanma deney sonucu dolomit ilavesiyle üretilmiş levhaların yüzey yanma davranış özellikleri	75
Şekil 4.13. Dolomit-Kızılçam yongası karışımı levhaların termal bozulma (TGA) davranışları	77
Şekil 4.14. Dolomit-Kabuk karışımı levhaların termal bozulma (TGA) davranışları	78
Şekil 4.15. Dolomit-Kozalak karışımı levhaların termal bozulma (TGA) davranışları	78
Şekil 4.16. Dolomit-Domates sapı karışımı levhaların termal bozulma (TGA) davranışları	79
Şekil 4.17. Dolomit-Patlıcan sapı karışımı levhaların termal bozulma (TGA) davranışları	79
Şekil 4.18. Olivin ilavesiyle üretilmiş numune yüzeylerinin, tek kaynaklı alev testindeki yanma davranışları	104
Şekil 4.19. Tek alev kaynağı ile yanma deney sonucu olivin ilavesiyle üretilmiş levhaların yüzey yanma davranış özellikleri	107
Şekil 4.20. Olivin-Kızılçam yongası karışımı levhaların termal bozulma (TGA) davranışları	109
Şekil 4.21. Olivin- Kabuk karışımı levhaların termal bozulma (TGA) davranışları	110

Şekil 4.22. Olivin-Kozalak karışımı levhaların termal bozulma (TGA) davranışları.....	110
Şekil 4.23. Olivin-Domates sapı karışımı levhaların termal bozulma (TGA) davranışları.....	111
Şekil 4.24. Olivin-Patlıcan sapı karışımı levhaların termal bozulma (TGA) davranışları.....	111
Şekil 4.25. Kızılçam odun yongası/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların su içinde ağırlık artım özellikleri.....	117
Şekil 4.26. Kızılçam kabuk yongası/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların su içinde ağırlık artım özellikleri.....	118
Şekil 4.27. Kızılçam kozalak yongası/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların su içinde ağırlık artım özellikleri.....	118
Şekil 4.28. Domates sap yongası/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların su içinde ağırlık artım özellikleri.....	119
Şekil 4.29. Patlıcan sap yongası/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların su içinde ağırlık artım özellikleri.....	119
Şekil 4.30. Kızılçam odun yongası/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların kalınlık artım özellikleri.....	121
Şekil 4.31. Kızılçam kabuk yongası/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların kalınlık artım özellikleri.....	122
Şekil 4.32. Kızılçam kozalak/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların kalınlık artım özellikleri.....	122
Şekil 4.33. Domates sapı/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların kalınlık artım özellikleri.....	123
Şekil 4.34. Patlıcan sapı/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların kalınlık artım özellikleri.....	123
Şekil 4.35. Kızılçam odun yongası/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların yüzeye dik çekme direnç özellikleri.....	125
Şekil 4.36. Kızılçam kabuk/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların yüzeye dik çekme direnç özellikleri.....	126
Şekil 4.37. Kızılçam kozalak/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların yüzeye dik çekme direnç özellikleri.....	126
Şekil 4.38. Domates sapı/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların yüzeye dik çekme direnç özellikleri.....	127
Şekil 4.39. Patlıcan sapı/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların yüzeye dik çekme direnç özellikleri.....	127
Şekil 4.40. Kızılçam odun yongası/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların eğilme direnç özellikleri.....	129
Şekil 4.41. Kızılçam kabuk/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların eğilme direnç özellikleri.....	130
Şekil 4.42. Kızılçam kozalak/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların eğilme direnç özellikleri.....	130
Şekil 4.43. Domates sapı/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların eğilme direnç özellikleri.....	131
Şekil 4.44. Patlıcan sapı/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların eğilme direnç özellikleri.....	131

Şekil 4.45. Kızılçam odun yongası/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların eğilme elastik modül (MOE) özellikleri	133
Şekil 4.46. Kızılçam kabuk/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların eğilme elastik modül (MOE) özellikleri.....	134
Şekil 4.47. Kızılçam kozalak/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların eğilme elastik modül (MOE) özellikleri.....	134
Şekil 4.48. Domates sapı/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların eğilme elastik modül (MOE) özellikleri.....	135
Şekil 4.49. Patlıcan sapı/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların eğilme elastik modül (MOE) özellikleri.....	135
Şekil 4.50. Kızılçam odun yongası/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların ısı iletim (λ) özellikleri	137
Şekil 4.51. Kızılçam kabuk/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların ısı iletim (λ) özellikleri	138
Şekil 4.52. Kızılçam kozalak/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların levhaların ısı iletim (λ) özellikleri	138
Şekil 4.53. Domates sapı/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların ısı iletim (λ) özellikleri	139
Şekil 4.54. Patlıcan sapı/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların ısı iletim (λ) özellikleri	139
Şekil 4.55. Kızılçam odun yongası/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların arka yüzeylerinde ölçülen sıcaklık değerleri	142
Şekil 4.56. Kızılçam kabuk/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların arka yüzeylerinde ölçülen sıcaklık değerleri.....	142
Şekil 4.57. Kızılçam kozalak/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların arka yüzeylerinde ölçülen sıcaklık değerleri.....	143
Şekil 4.58. Domates sapı/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların arka yüzeylerinde ölçülen sıcaklık değerleri.....	143
Şekil 4.59. Patlıcan sapı/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların arka yüzeylerinde ölçülen sıcaklık değerleri.....	144
Şekil 4.60. Kızılçam odun yongası/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların kütle kayıp (%) özellikleri	146
Şekil 4.61. Kızılçam kabuk/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların kütle kayıp (%) özellikleri.....	147
Şekil 4.62. Kızılçam kozalak/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların kütle kayıp (%) özellikleri.....	147
Şekil 4.63. Domates sapı/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların kütle kayıp (%) özellikleri.....	148
Şekil 4.64. Patlıcan sapı/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların kütle kayıp (%) özellikleri.....	148

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Dolomit mineralinin genel kimyasal içeriği	13
Çizelge 2.2. Olivin mineralinin genel kimyasal içeriği	14
Çizelge 2.3. Isı yalıtım malzemelerinin sınıflandırılması.....	24
Çizelge 2.4. Kızılötesi spektrumların bazı önemli absorpsiyon pikleri	25
Çizelge 3.1. Üre formaldehit tutkalının özellikleri.....	28
Çizelge 3.2. Deneme levhalarının üretim şartları.....	30
Çizelge 3.3. Dolomit ilave edilmesiyle üretilen levhaların kodları ve karışım oranları	31
Çizelge 3.4. Olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların kodları ve karışım oranları	32
Çizelge 4.1. Çalışmada kullanılan lignoselülozik hammaddelerin fiziksel lif özellikleri	44
Çizelge 4.2. Çalışmada kullanılan lignoselülozik hammaddelerin kimyasal bileşimleri (%).....	44
Çizelge 4.3. Çalışmada kullanılan mineral hammaddelerin kimyasal bileşimleri (%).....	45
Çizelge 4.4. Dolomit ilave edilerek üretilmiş levhaların su alma değerleri (%)	53
Çizelge 4.5. Dolomitli karışımların 24 saat su alma istatistik test sonuçları	55
Çizelge 4.6. Dolomit ilave edilerek üretilmiş levhaların su içinde kalınlık artım değerleri (%) Çizelge B.1. Ekler bölümünde çizelge örneği	57
Çizelge 4.7. Dolomitli karışımların 24 saat kalınlık artımı istatistik test sonuçları	59
Çizelge 4.8. Dolomit ilave edilerek üretilmiş levhaların çekme direnç değerleri	61
Çizelge 4.9. Dolomitli karışımların yüzeye dik çekme direnci istatistik test sonuçları	63
Çizelge 4.10. Dolomit ilave edilerek üretilmiş levhaların Eğilme Direnç (MOR) ve Eğilmede Elastikiyet Modül (MOE) değerleri	65
Çizelge 4.11. Dolomitli karışımların eğilme direnci istatistik test sonuçları.....	68
Çizelge 4.12. Dolomitli karışımların elastikiyet modülü istatistik test sonuçları	69
Çizelge 4.13. Dolomit ilave edilerek üretilmiş levhaların Isı iletim özellikleri.....	71
Çizelge 4.14. Dolomit ilavesiyle üretilmiş numunelerin ısı geçirgenlik ve toplam kütle kayıp özellikleri	74
Çizelge 4.15. Dolomit ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların termal bozulma sonucu (TGA) ve kütle kayıp özellikleri.....	80
Çizelge 4.16. Dolomit ilave edilerek üretilmiş levhaların Radyoaktivite özellikleri.....	81
Çizelge 4.17. Dolomit ilave edilerek üretilmiş levhaların renk özellikleri	83
Çizelge 4.18. Olivin ilave edilerek üretilmiş levhaların su alma değerleri (%)	85

Çizelge 4.19. Olivinli karışımların 24 saat su alma istatistik test sonuçları	87
Çizelge 4.20. Olivin ilave edilerek üretilmiş levhaların su içinde kalınlık artım değerleri (%).....	90
Çizelge 4.21. Olivinli karışımların 24 saat kalınlık artımı istatistik test sonuçları	91
Çizelge 4.22. Olivin ilave edilerek üretilmiş levhaların çekme direnç değerleri	94
Çizelge 4.23. Olivinli karışımların yüzeye dik çekme direnci istatistik test sonuçları	95
Çizelge 4.24. Olivin ilave edilerek üretilmiş levhaların Eğilme Direnç (MOR) ve Eğilmede Elastikiyet Modül (MOE) değerleri.....	98
Çizelge 4.25. Olivinli karışımların eğilme direnci istatistik test sonuçları	99
Çizelge 4.26. Olivinli karışımların elastikiyet modülü istatistik test sonuçları	101
Çizelge 4.27. Olivin ilave edilerek üretilmiş levhaların ısı iletim özellikleri.....	103
Çizelge 4.28. Olivin ilavesiyle üretilmiş numunelerin ısı geçirgenlik ve toplam kütle kayıp özellikleri	106
Çizelge 4.29. Olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların termal bozulma sonucu (TGA) ve kütle kayıp özellikleri.....	112
Çizelge 4.30. Olivin ilave edilerek üretilmiş levhaların Radyoaktivite özellikleri.....	113
Çizelge 4.31. Olivin ilave edilerek üretilmiş levhaların renk özellikleri	115

SİMGELER VE KISALTMALAR

a*	Kırmızılık (+) / yeşillik (-)
b*	Sarılık (+) / mavilik (-)
C*	Metrik renk
C	Santigrat derece
cm	Santimetre
cm ²	Santimetre kare
cm ³	Santimetre küp
DTA	Differential thermal analiz
MOE	Eğilmede elastikiyet modülü
MOR	Eğilme direnci
FTIR	Fourier-transform infrared spectroscopy
Gpa	Giga paskal
gr	Gram
ho	Metrik renk açısı
ha	Hektar
λ	Isı iletimi
kg	Kilo gram
km	Kilo metre
L*	Parlaklık/koyuluk
m	Metre
m ²	Metre kare
m ³	Metre küp
mm ²	Milimetre kare
ml	Mili litre
Mpa	Mega paskal
N	Newton
TGA	Termal gravimetrik analiz
TS-EN	Türk standartları enstitüsü
ΔE*	Renk değişimi
%	Yüzde

1.GİRİŞ

Kompozit malzemeler, odun ve/veya odun dışı materyalin örneğın yıllık bitkiler, tarımsal bitkiler ve bunlarının artık ve artıklarının bir yapıştırıcı ile birleşmesi sonucu meydana gelen matris yapılar olarak tanımlanabilir. Bilim ve teknolojiye kaydedilen gelişmeler orman ürünleri sanayiini de etkilemiş, bir zamanlar sadece kısıtlı alanlar için sınırlı direnç ve performans değerlerine sahip kompozit malzemelerin yerini, mühendislik tasarımı, teknolojik özellikleri yüksek ve bir zamanlar kullanılması düşünölmeyen pek çok alanda uygulanabilen yeni malzemeler almıştır.

Kompozit malzemelerin üretiminde, lignoselülozik hammaddeden sonra en önemli girdisi ve matris yapının destek elemanlarını bir arada tutan yapıştırıcıların kimyasal ve teknolojik özelliklerinde de olağanüstü gelişmeler kaydedilmiştir. Bir zamanlar sadece doğal bitkisel ve hayvansal tutkalların kullanılarak üretilen malzemelerin yerini, sentetik (organik veya inorganik) tutkalların kullanılmasıyla yüksek teknolojik özelliklere sahip malzemeler üretilebilir duruma gelmiştir.

Teknolojinin gelişmesi ve kimya alanında sağlanan ilerlemeler sonucunda, binalarda ve yapı sektöründe daha önce kullanılmayan örneğın; dış cephe kaplamalarında, zemin elemanı olarak, taşıyıcı kiriş ve yük altında dayanım gereken yerlerde, ses ve ısı izolasyon malzemesi olarak birçok yerde lignoselülozik esaslı kompozit malzemelerden faydalanılmaya başlanmıştır.

Lignoselülozik esaslı kompozit malzemelerin özelliklerinin sürekli iyileştirilmesinin ve kullanımının artarak devam etmesinin başlıca nedeni olarak; doğada kendini yenileyebilen hammaddelerin kullanılması (odun veya yıllık bitkiler) yanında ucuz ve bol olarak temin edilebilmesi, fiyatının diğer birçok malzemeye göre daha ucuz olması ve işlenmesindeki kolaylık gibi bazı nedenler sayılabilir. Fakat bu kaynakların en önemli dezavantajlarından bazıları ise, talebin sürekli artmasından dolayı fiyatının yükselmesi, temininin güçleşmesi ve en önemlisi de suya karşı hassas olması (hidrofilik) ve kolay tutuşması verilebilir.

Yukarıda kısaca açıklanan olumsuz yönlerin iyileştirilmesi ve daha iyi performans özelliklerine sahip malzeme üretimi üzerine son yıllarda dünya genelinde çok yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Zaten, hızla artan nüfus ve odun hammaddesine olan ihtiyacın artması, orman kaynaklarının daha rasyonel kullanımı üzerine düşüncelerin gelişmesine, daha ucuz ama oduna benzeyen kaynaklardan faydalanılması gereksinimini ortaya çıkarmıştır. Bu amaçla, odun hammaddesinin işlenmesi esnasında oluşan artık ve atıklar (talaş, yonga, çıtalar, parçacıklar vb.), ormanda odun hasadı esnasında oluşan atıklar (kabuk, dal, kozalak vb.) ile tarım uygulamaları esnasında asıl üründen sonra oluşan tarımsal atık ve artıklar (bitki sapları, çiçekler, tohumlar vb.) yıllık bitkiler (kenaf, kamış, jüt, rami, vb.) endüstriyel bitkilerin kullanımından sonra oluşan artıklar (pamuk kısımları, agave, şeker kamışı, vb.) odun yerine veya odun ile karışım halinde kullanılmaya başlanmıştır. Dünya genelinde oduna benzer morfolojik özelliklere sahip kaynakların orman ürünleri endüstrisinde (kağıt ve selüloz, kompozit, mobilya ve dekorasyon, yapı işleri vb.) kullanılabilirliği üzerine çok yoğun çalışmalar devam etmektedir.

Ülkemiz ormanları yukarıda kısaca bahsedilen durumlardan dolayı, orman ürünleri endüstrisinin ihtiyacı olan odun hammaddesinin sağlanmasında zorlanmaya başlamıştır. Bu durumun sonucu olarak nicelik ve nitelik bakımından odun hammaddesin tedarik edilmesi zorlaşmış ve odun fiyatları sürekli artış eğilimine girmiştir.

Ülkemizin, 1990-2009 yılları arası ormancılık ana planı verilerine göre endüstriyel odun talep tahmini, 1990 yılında 13 milyon/m³ iken, 2010 yılında 30 milyon/m³ ü geçmiştir. Bu kadar yüksek miktarın ülkemiz ormanlarından sağlanması oldukça zordur ve son yapılan planlamalara göre ülkemizde toplam endüstriyel odun arzı kavak odunu dahil 25 milyon/m³ ü aşmaması gerektiği öngörülmüştür (Anonim 1, 2016).

Diğer ülkelerdeki çalışmalara benzer şekilde ülkemizde de odun esaslı kompozit malzeme üretimi için gerekli olan hammadde ihtiyacının en azından bir kısmının odun dışı kaynaklardan karşılanabilmesi için alternatif ikame hammadde

kaynaklarının arayışı içine girilmiştir. Bu amaçla, ülkemizde hızlı yetişebilen ağaç türleri (çam ve kavak türleri) ile yıllık bitkilerin (göl kamışı) ve tarımsal atıkların (tahıl samanı) orman ürünleri endüstrisinde kullanılabilirliği üzerine yoğun çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalardan, odun dışında birçok otsu ve tarımsal bitkilerin orman ürünleri sanayisi için uygun kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir (Alma vd. 2005; Arslan vd. 2008; Aydın, 2005; Bektaş vd. 2005; Güler vd, 2006; Güler vd. 2008; Güler ve Özen 2004; Karakuş, 2007; Nemli vd. 2008; Nemli vd. 2009; Öktem, 1979).

Genel olarak, kompozit materyallerin özellikleri, yapılarında kullanılan hammaddelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri ve kullanılan tutkal tipi ile yakından ilişkilidir. Bu bakımdan morfolojik özellikleri, kimyasal içerikleri ve fiziksel durumları, bu kaynaklardan üretilen malzemelerin mekanik ve teknik özelliklerini direkt olarak etkilemektedir.

Herhangi bir alternatif lignoselülozik kaynağın, odun yerine ekonomik olarak kullanılabilmesi için, yukarıda kısaca belirtilen özelliklerinin yanında ekonomik olması gerekir. Yani, bu hammaddelerin yetiştirilmesi, toplanması, taşınması ve depolanması için gerekli olan maliyetin, oduna benzer veya daha düşük olması beklenir. Ayrıca oduna alternatif kaynaklardan imal edilen ürünlerin kalite ve performans özelliklerinin benzer kullanım yerlerinde uygun olması, piyasada kabul görmesi bakımından önemlidir.

Tropik ve yarı tropik iklim kuşağında bulunan, Güney Amerika, Afrika, Asya kıtasındaki bazı bölgelerde tarıma dayalı üretimin bol olması, bu ürünleri işlenmesi esnasında oluşan tarımsal atık ve artıkların bol ve nispeten ucuz olarak temin edilmesini sağlamıştır. Bu konuda özellikle Hindistan, Pakistan, Meksika, Brezilya, Endonezya, Çin gibi ülkeler, Birleşmiş Milletler (BM) ve diğer uluslararası kuruluşlar ile ortak çalışmalar yaparak, ülkelerinde tarımsal faaliyetler esnasında oluşan bu kaynakları alternatif yeni hammadde kaynağı olarak orman ürünleri endüstrisi ve değişik alanlarda değerlendirmek istemektedirler. Bu amaçla, yapı ve diğer endüstriyel alanlarda kullanıma uygun ekonomik ve performans özellikleri yüksek

kompozit levha ürünlerinin üretimini sağlamak üzere çok yoğun çalışmalar yapılmış ve ilgili çalışmalar halen artarak devam etmektedir (Atchison, 1993; English vd, 1997; Han ve Rowell, 1997; Rowell, 1997; Rowell vd, 2000; Sahin, 2006).

Odun hammaddesine alternatif olması düşünülen ve üzerine en fazla çalışma yapılan bitkilerin başında; şeker kamışı, bambu, jüt, kenaf, tahıl samanları ve kamış gelmektedir. Bu bitkisel kaynakların bol ve ucuz olarak sağlandığı bölgelerde, kağıt ve selüloz yapımı yanında farklı tipte ve performans özellikleri ayarlanabilen kompozit malzemeler (lif levha, yonga levha, vb.) üretilerek kullanılmaya başlanmıştır.

Ülkemizde ise, özellikle, bitkisel atıkların sap ve kabukları, pamuk sapı ve carpeli, asma budama atıkları, bitkisel sera atıkları, çim atıkları, çam ağacı ibre, kabuk ve kozakları, orman gülü vb. gibi tarımsal ve orman atıklardan levhalar başarılı şekilde üretilmiştir (Alma vd. 2005; Arslan vd. 2008; Aydın, 2005; Ayrılmış vd. 2009; Bektaş vd. 2005; Güler vd, 2006; Güler vd. 2008; Güler ve Özen 2004; Karakuş, 2007; Nemli vd. 2008; Nemli vd. 2009; Öktem, 1979).

Dolomit genellikle kireç taşında kalsiyumla birlikte (Ca), magnezyumun (Mg) un bulunmasıyla oluşmuş bir mineraldir. Dolomitleşme sürecinde, kalsitin yer değiştirmesi veya magnezyum içeren çözeltilerin kalsitin yerini alması sonucu oluştuğu açıklanmıştır. Bu yönüyle incelendiğinde, kireç taşı içindeki kalsitin (kalsiyum karbonat, CaCO_3) yerini, hacimsel olarak dolomit alır ve kimyasal formül olarak $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ şeklinde gösterilir.

Olivin ise, kayaç yapıcı bir mineral olarak sınıflandırılmaktadır. Kimyasal formülü $(\text{Mg}^{2+}, \text{Fe}^{2+})_2\text{SiO}_4$ olarak belirtilmekte, genellikle kristal yığılımları (agregat) halinde bulunur. Yapısındaki magnezyum ve demir elementlerinin değişim oranlarına göre *forsterit* ve *fayalit* olarak tanımlanır (Caran vd.,2010).

Dolomit ve olivin günümüzde kullanım alanları artan mineral maddelerden sayılmaktadır. Dolomitten demir-çelik sanayinde, cam ve soda sanayinde ve

betonarme binalarda dolgu maddesi olarak faydalanılmaktadır. Olivin ise, mineralin aşındırıcı özelliğinin bulunmasından dolayı bina ve yolların temizlenmesinde, ısı ve ses yalıtımı sağlamak amacı ile kaya yünü olarak da olivinden faydalanılmaya başlanılmıştır (MTA, 2018).

Seralarda kısa sürede yetişen ve ürün toplandıktan sonra artık olarak kalan domates ve patlıcan bitkilerinden katma değeri yüksek herhangi bir ürün üretilmesi üzerine sınırlı çalışmalar bulunmaktadır. Bu lignoselülozik esaslı artıklar bu tez çalışmasında panel levha üretimi için mineral maddelerle (olivin ve dolomit) alternatif bir hammadde kaynağı olarak düşünülmüştür. Zira bu artık maddeler genellikle yakılmakta veya hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Bu değerli selüloz kaynağının bazı mineral maddelerle (olivin ve dolomit) ve/veya odun yongaları karışım olarak değerlendirilmesi üzerine bu çalışmanın yapılmıştır. Böylece alternatif ve kullanışlı bir hammadde kaynağı oluşturmak istenmiştir.

Oduna benzer kimyasal ve lifsel özellik gösteren tarımsal ve orman atıklarının, orman ürünleri sanayisinde değerlendirilmesiyle, oduna alternatif olarak, katma değeri yüksek ürünlerin üretilmesi önemlidir. Böylece ormanlarda esas üretimin konusu olan odun hammaddesinden sonra atık olarak oluşan, katma değeri yüksek ürün üretiminde değerlendirilmesi düşünülmeyen, kabuk, kozalak ve sera atıklarının saplarından değer yaratılması mümkün olabilecektir.

Yukarıda özet olarak verilen bilgiler ışığında, orman ve tarımsal (sera) atıklarından (kabuk, kozalak, domates ve patlıcan sapı) mineral esaslı maddelerle karışım halinde sentetik üre-formaldehit tutkalı kullanılarak laboratuvar ortamında deneme panel levhaların üretimi yapılmıştır. Böylece, değişik oranlarda odun hammaddesi ile karıştırılan bu düşük değerdeki artıklarının levhaların fiziksel, mekanik ve teknolojik özelliklerine etkileri araştırılmıştır. Levhaların geleneksel olarak yoğun şekilde araştırma konusu olan mekanik direnç özelliklerine ilave olarak, özellikle son yıllarda gittikçe önem kazanan ısı, yalıtım, yangın davranış ve termal bozulma özellikleri de araştırılmıştır. Böylece direnç özellikleri düşük olsa dahi üretilebilecek bu yeni tip panel levhalara alternatif kullanım alanları önerilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

İlk çağlardan itibaren, odun insanoğlun faydalandığı hammaddelerin başında gelmektedir. Bunun başlıca nedeni ise, ihtiyaç duyulan değişik birçok alan için kolay temin edilebilmesi, ucuz olması, zengin çeşitlilik ve kolay işlenmesi olarak özetlenebilir. Ayrıca, odunun, kendi kendini yenileyebilme özelliğindeki ormanlardan elde edilmesi de önemli bir avantaj sağlamaktadır.

Dünya genelinde her birisinin morfolojik ve kimyasal özellikleri farklı binlerce tür ağaç çeşidi bulunmaktadır. Bu durum bazı kullanım yerleri için özellikle kompozit ve kağıt endüstrisinde çok yaygın kullanılmasını sağlamıştır. Kompozit malzemeler son yıllarda artan kullanım oranına sahiptir ve birkaç farklı malzemenin en üstün özelliklerini tek malzemeyle toplamak amacıyla makro düzeyde birleştirilmesiyle ortaya çıkarılan yeni malzemeye denilir (Aran, 1990; Agrawal ve Drzal, 1989). Bileşenler kompozit içerisinde özelliklerini korumaktadır (Rosato, 1997).

Kompozit malzemeler yapısında bulunan matris ve takviye edici malzemeye göre sınıflandırılır (Kaya,2015). Matris malzemeler, kompozit malzemenin kullanım amacına ve üretim tekniğine göre metal malzeme, seramik malzeme veya polimer malzemelerden seçilebilir (Çalın, 2006; Seydibeyoğlu, 2012; Vasiliev ve Morozov, 2001). Kompoziti oluşturan takviye edici malzemeye göre elyaf takviyeli kompozitler, parçacık takviyeli kompozitler, tabakalı kompozitler ve karma kompozitler yer almaktadır. (Mazumdar, 2001; Gemci, 1996; Bulut, 2014; Sur, 2008). Bununla birlikte ahşap malzeme de üç boyutlu bir kompozittir. Bu bileşimde matris elemanı lignin, takviye elemanı ise selüloz ve hemiselülozdur (Girods vd., 2009).

Ormanlarda, ağaç hasadı esnasında en yüksek oranda katma değeri olan odun ürünleri üretimi esas alınmaktadır. Genel olarak en yüksek kalitedeki odun hammaddesi, endüstriyel olarak ayrılmaktadır. Diğer düşük kaliteli veya yapacak maksatla kullanılması düşünülmeyen hemen hemen tüm odun hammaddesi yonga levha yapımında kullanılabilir, buna yakacak odun dahildir. Benzer şekilde, orman ürünleri endüstrisinde birincil ürün üretimi esnasında oluşan artıklar, kapak tahtaları, çitalar, tahta ve tomrukların uç kısımlarından elde edilen atıklar, kaplama

levha üretimi atıkları da panel levha ürünleri üretiminde kullanılabilir (Bozkurt ve Göker, 1990 Kalaycıoğlu ve Özen 2009; Maloney 1977 ve 1996).

Hızla artan nüfus ve kentleşme olgusu, odun hammaddesine olan ihtiyacın artmasına sebep olmaktadır. Fakat, doğal ormanlık alanların sınırlı ve orman ürünleri endüstrisi için zaten yeterince tahrip edilmesi günümüzde endüstriyel hammadde olarak kullanılacak odun ihtiyacının kalite ve miktar bakımından tam olarak karşılanamamasına sebep olmaktadır. Bu nedenle, ormanların odun üretimi için daha fazla tahrip edilmesinin önlenmesi için benzer kullanım yerlerinde odun yerine kullanılacak yeni hammadde kaynaklarının bulunması önem arz etmektedir.

Dünya genelinde, yonga levha üretiminde kullanılan hammaddelerin başında odun gelmektedir. Özellikle iğne yapraklı ağaçlar, morfolojik özelliklerinin daha uygun ve yüksek kaliteli ürün üretimine uygun olmalarından dolayı, yapraklı ağaçlara göre daha fazla tercih edilmektedir. Daha az tercih edilmekle birlikte, tek başlarına veya diğer odunsu ve otsu bitkilerle birlikte yapraklı ağaçlardan elde edilen odunlarda kullanılabilir. Ayrıca dünyanın bazı bölgelerinde yoğun olarak bulunan ve tarımsal işlem sonrasında atık olarak oluşan veya ekonomik değeri sınırlı olan bazı yıllık bitkilerin odunsu kısımları, örneğin; bazı bitkilerin sap kısımlar (tahıl samanı, şeker kamışı, keten, kenevir, ayçiçeği, vb.) ile tarımsal üretim sonrasında oluşan artık kısımlar (agave, fındık ve yerfıstığı kabukları, pamuk tohumu ve kabukları) kullanılabilir. Bu levhaların üretiminde hammadde olarak levha ağırlığının yaklaşık %90'ını odun geri kalanının ise yapıştırıcı (%8-10) ve diğer katkı maddeleri (%1,0-2,0) kullanılmaktadır (Eroğlu ve Usta, 2000; Maloney 1977 ve 1996; Suchland ve Woodson, 1987).

Yonga levha üretiminde temel hammadde odun olmakla birlikte son yıllarda odun hammaddesinin temininde ve fiyatında büyük dalgalanmalar oluşmaktadır. Bunun başlıca nedeni ise, doğal orman kaynaklarının aşırı tüketimi sonucunda oluşan odun hammaddesi darboğazı ve doğal orman kaynaklarının tüketimi üzerine oluşan çevresel baskılardır. Bu bakımdan yapısında uygun oranda selüloz bulunan birçok

yıllık bitkilerin orman ürünleri endüstrisinde kullanılması bu sıkıntının çözümünde bir çözüm yolu olarak görülmeye başlanmıştır.

Fakat yıllık bitkilerin hammadde olarak değerlendirilmesinde bazı farklı kullanım özellikleri vardır. Tarımsal atıklardan faydalanmada, bitkisel materyalin lifsel özelliklerine göre; sert ve yumuşak odunlara benzer özellik gösterenler olmak üzere iki ana grup altında incelenebilir. Bu konuda yoğun literatür bilgileri mevcuttur. Genel olarak; şeker kamışı, ayçiçeği sapı, bambu, mısır sapı, vb. bitkiler sert odunlara benzer; pamuk karpelleri, kenaf, jüt, kenaf ise genellikle yumuşak odunlara benzer lifsel özellik gösterdiği üzerine öneriler bulunmaktadır (Muehl vd. 1999; Rowell, 1997; Rowell vd. 2000; Şahin, 2006).

Yapısında uygun seviyede selüloz bulunan ve lifsel özellikleri bakımından oduna benzeyen bu kaynakların kullanılmasında en büyük sorun materyalin homojen olmayışıdır. Ayrıca bir kaynağın orman ürünleri sektöründe odun hammaddesine alternatif olarak kullanılabilmesi için; yıl boyunca yüksek miktarda bulunması, taşıma, depolama ve hazırlanmalarının kolay, ucuz olması üzerine yoğun görüşler vardır (English vd. 1997; Han vd. 1997; Rowell, 1997; Rowell ve ark. 2000; Youngquist ve ark. 1994).

Youngquist ve arkadaşları (1997), odun dışı birçok lignoselülozik hammadde kaynağının, örneğin; şeker kamışı, bambu, jüt, kenaf, pirinç, mısır ve tahıl sapsarı, keten, kenevir gibi materyalden yonga levha üretilebileceğini açıklamıştır.

Oduna benzer lifsel ve kimyasal özellik gösteren ve orman ürünleri endüstrisinde kullanılması düşünülen bitkisel hammaddeler tarımsal üretim için kullanıldıktan sonra artık/atık olan kalanlar ve doğadan doğal olarak elde edilen yıllık bitkiler olmak üzere en genel şekilde iki gruba ayrılabilir. Birinci gruba; pirinç atıkları (çeltik), tahıl samanı, ayçiçek sapı, şeker kamışı artığı, agave atığı vb., ikinci gruba ise jüt, kenaf ve bambu, göl kamışı örnek olarak verilebilir (Atchison, 1993; Rowell, 1997; Young, 1997).

Ülkemizde ve Dünya genelinde odun hammaddesine alternatif ve ekonomikliği karşılamak açısından odun dışı lignoselülozik kaynaklardan kompozit malzeme üretimi üzerine bazı önemli çalışmalar aşağıda kısaca özet olarak verilmiştir.

Rials ve Wolcott (1997), bazı tarımsal ve yıllık bitkilerden üretilmiş kompozit malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri karşılaştırmalı olarak araştırmışlar ve bazı önemli sonuçları açıklamışlardır.

Muehl ve ark. (1999) kenaf bitkisinden, odundan üretilenlere benzer özellikle yüksek yoğunlukta (sert) lif levha ürünlerinin üretilebileceğini açıklamışlardır.

Mantanis ve ark. (2000) tarımsal artık/atık olarak elde ettikleri buğday ve pirinç saplarından UF tutkalı yardımıyla ürettikleri orta yoğunlukta yonga levhaların yüzeye dik çekme dirençlerinin; 0,57-0,48 N/mm², eğilme dirençlerinin; 20-21 N/mm² ve su içinde kalınlığına şişme değerlerinin; %14-15 arasında olduğunu açıklamıştır.

Wu (2001) yapıştırıcı olarak difenilmetan ve diizosiyanat kullanarak, şeker üretiminden arta kalan şeker kamışından üretilen panel levhaların eğilme dirençlerinin: 19.11-27.88 MPa, elastikiyet modülü değerlerinin: 2,30-3,79 GPa, su içinde kalınlık artış değerlerinin: %8,6-1,9 arasında olduğunu açıklamışlardır.

Ntalos ve Grigoriou (2002) asma budama artıklarından elde ettikleri odun yongaları ile belli oranlarda karıştırarak levhalar üretmiştir. Laboratuvar çalışması sonucunda, sadece asma artıklarında üretilmiş levhaların mekanik ve su içinde kalınlık artış değerlerinin, odundan üretilenlere göre daha düşük olduğunu fakat karışıma belli derecede odun yongası ilave edilmesinin, bu özelliklerin bazılarını önemli derecede iyileştirdiği açıklanmıştır.

Nemli ve ark. (2003) Kiwi (*Actinidia sinensis* planch.) bitkisi budama atıklarının, diğer lignoselülozik kaynaklara benzer fiziksel ve kimyasal özellik gösterdiği ve yonga levha üretiminde kullanılabileceğini açıklamışlardır.

Nemli (2003) bazı üretim faktörlerinin kızılgağaç (*alnus glutinosa* subsp. *barbata*)'tan üretilen yongalevha özellikleri üzerine etkileri çalışmasında yüzeye dik yöndeki çekme direnç değerlerini 0,32-0,41 N/mm², su içinde kalınlık artış değerlerini ise %16,83-%23,86 arasında bulmuştur.

Kalaycıoğlu ve ark (2005) düşük kalitedeki (*Paulownia tomentosa*) bitkisinden üretilen 0,65 gr/cm³ yoğunluktaki yonga levhanın bazı özellikleri üzerine yaptıkları çalışmada MOR değerlerinin 13,91-21,39 N/mm², MOE değerlerinin 2396-2780 N/mm², IB değerlerinin 0,67-0,85 arasında olduğu sonucuna varmışlardır.

Gündüz ve Yılmaz (2005) Türkiye'de 16 farklı tesiste üretilen yongalevhaların teknolojik özellikleri üzerine yaptıkları çalışmada eğilme direnci en düşük ve en yüksek sırasıyla 8,43 N/mm² ve 16,89 N/mm² olarak ,yüzeye dik yöndeki çekme direnci ise en düşük ve en yüksek sırasıyla 0,155 N/mm² ve 0,768 N/mm² olarak belirlemişlerdir.

Bektaş ve ark. (2005) ayçiçeği saplarından elde ettikleri yongaların odun ile belli oranlarda karıştırılmasıyla mekanik direnç özellikleri odundan üretilenlere benzer ve kabul edilebilir seviyede levhaların üretilebileceğini açıklamışlardır.

Alma ve ark. (2005) pamuk karpelinden ürettikleri levhaların özelliklerini, diğer bitkisel kaynaklardan üretilenlerle karşılaştırmalı olarak araştırmışlardır. Deneysel sonuçlardan, en yüksek eğilme ve yüzeye dik çekme direncine sahip levhaların 0,651 gr/cm³ yoğunlukta, en düşük eğilme ve yüzeye dik çekme dirence sahip levhaların ise, 0,471 gr/cm³ yoğunlukta Melamin-Üre formaldehit (MUF) tutkalı ile üretilenlerde olduğunu açıklamışlardır.

Şahin (2006) dünyanın bazı bölgelerinde, yoğun olarak kullanılan veya kullanılması üzerine çalışmalar yapılmış odun dışındaki birçok tarımsal ve bitkisel kaynakların orman ürünleri endüstrisinde kullanılabileceğini karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Sonuç olarak, dünyanın bazı bölgelerinde, orman kaynaklarının kısıtlı fakat tarımsal

atık ve yıllık bitkilerin bol olduğu lignoselülozik hammadde kaynaklarının ekonomik olabileceği üzerine görüş açıklamıştır.

Karakuş (2007) sera bitkisel sap atıklarının (domates, biber, patlıcan) yonga levha üretimi olanakları üzerine yapmış olduğu çalışmada, bu artık ürünlerden elde edilen levhaların teknolojik birçok özelliğinin bakımından odunlardan üretilen levhalara benzer olduğunu ve bu artık maddelerin yonga levha üretiminde kullanılmasının mümkün olduğunu açıklamıştır.

Arslan ve ark. (2008) bazı tarımsal (haşhaş sapı) ve meyve budama (elma, kayısı, kiraz) tarımsal atıklarının yonga levha üretim olanaklarını araştırdığı tez alışasında, bu artıkların kimyasal ve morfolojik özellikler bakımından odunlara benzediğini ve elde edilen levhaların direnç özelliklerinin kabul edilebilir seviyede olduğunu açıklamıştır.

Sahin ve Arslan kızılçam odun, kozalak ve kabuk karışımlarının tek başlarına veya birbirleri ve meyve budama atıkları üzerine bazı çalışma yapmışlardır. Kızılçam odun yonga levha taslağına belli oranlarda kozalak ve kabuk katılmasının, levhalarının dış atmosferik şartlarda renk dayanım özelliklerini belli derecede iyileştirdiğini açıklamışlardır (Sahin ve Arslan, 2011). Ayrıca meyve budama atıklarının olan elma ve kiraz dal ve ince odun kısımlarının diğer orman artık ve atıklarıyla (kabuk ve kozalak) benzer kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip olduğunu, ticari olarak yoğun olarak faydalanılan kızılçam odunu ile birlikte kozalak ve kabuk ile birlikte yonga levha üretiminde kullanılabileceğini açıklamışlardır (Sahin ve Arslan, 2013).

Binici ve ark (2016) bio-bazlı malzemedен yapılan bir izolasyon compositinin mekanik termal ve akustik karakterizasyonu adlı çalışmasında ifade etmişlerdir ki su alma miktarları %18,75-%28,12 arasında, ısı iletim katsayısı 0,075 ile 0,1588 W/mK arasında olduğunu bulmuşlardır.

Sahin ve Yalçın (2017) ise, çam ağaç kozalaklarının, morfolojik, kimyasal ve fiziksel özelliklerini karşılaştırmalı olarak incelemiş ve orman ürünleri endüstrisi için alternatif bir hammadde kaynağı olabileceğini açıklamışlardır.

Dolomitin rengi grimsi beyazdır. Bazen sarımsı, kahverengimsi, yeşilimsi hatta siyahtır. Rengini içindeki organik maddelerden alır (Chester, 1973). Dolomit kireç taşında, kalsiyumla birlikte (Ca), magnezyumun (Mg) birlikte yer alması ile oluşan bir mineraldir. Dolomitin molekül ağırlığı 184, ergime noktası 2500 °C dir (Singer ve Singer, 1964) .

Dolomitin, kalsitten ayrı özellikte bir mineral olduğu ilk kez Fransız Jeolog Deodat de Dolomieu tarafından belirlenmiş ve 1791 yılında Count Dolomien tarafından isimlendirilmiştir.

Dolomitleşme olarak adlandırılan süreçte, kireç taşının çökmesinden sonra kalsitin yer değiştirmesi veya magnezyum içeren çözeltilerin kalsitin yerini alması sonucunda gelişir. Bu bakımdan genel olarak kireç taşı içindeki kalsitin (kalsiyum karbonat, CaCO_3) yerini, hacimsel olarak dolomit bulunur ve kimyasal bileşimi $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ olarak gösterilir (MTA, 2018).

Dolomit mineralleri, temel olarak kireçtaşları ile yakın ilişki içindedir, maden ocaklarında yanarda ve düşeyde daima kireçtaşları ile geçişlidir. Dolomitin özgül ağırlığı; 2,71- 2,87 Ton/m³ kabul edilmektedir.

Benzer kimyasal ve fiziksel özellikler göstermelerinden dolayı karbonatlı minerallerin birbirinden ayırt edilmesi çoğu zaman zordur. Kimyasal bileşiminin $\text{CaCO}_3.\text{MgCO}_3$ 'dan meydana geldiği Retgers tarafından belirlenmiştir (Chester, 1973; Yeprem, 2003).

Ayrıca, özgül ağırlık, renk, kristal formu ve diğer bazı fiziksel özellikleri, kayacın mono mineralik olması durumunda, tanımlamalarda yardımcı olmaktadır. Örneğin, seyreltilmiş hidroklorik asit çözeltisinde minerallerin çözünme hızları, bu tür

minerallerin arazide tanınmaları için yararlı bir yöntem olarak bilinmektedir. Dolomit mineralinin genel kimyasal bileşim oranı aşağıdaki şekilde verilebilir.

Çizelge 2.1. Dolomit mineralinin genel kimyasal içeriği (Nishikawa, 1984)

Bileşik	Oran (%)
CaCO ₃	54.35
CaO	30.4
MgCO ₃	45.65
MgO	21.7
CO ₂	47.9

Yapısındaki kalsit ve diğer bileşiklerin bulunma oranlarına göre teorik bileşim temel alınarak bazı araştırmacılar tarafından dolomit minerali aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadır (Kuşvart 1984; Güney, 1999) ;

- Kalsitik Dolomit: > %10 CaCO₃
- Magnezyumlu Kireç Taşı: %5-10 MgCO₃
- Kireç Taşı: < % 5 MgCO₃

Sıcaklık ile dolomit'in yapısında bazı değişiklikler oluşabilir. Genel olarak, kalsinasyon işlemi uygulanmamış dolomite *ham dolomit*, 1100 °C'de ısıtılmış dolomite *kalsine dolomit*, 1650 °C ile 2100 °C arasında ısıtılmış dolomite ise *sinter dolomit* (dead burned dolomite) ismi verilir (MTA,2018).

Dolomit, Dünya genelinde ve Türkiye'de oldukça geniş bir yayılıma sahip olup rezerv problemi olmayan bir mineraldir. 120 milyon ton civarında olan dünya üretiminin yarıya yakını ABD'de gerçekleştirilmektedir. ABD'nin dışında İngiltere, Avusturya, Belçika, Japonya, Polonya, İspanya, Kanada, Brezilya, Almanya ve Avustralya yılda 1 milyon tonun üzerinde dolomit üreten ülkelerdir. Dünya'da dolomit büyük miktarlarda ve çok değişik sektörlerde kullanılmasına rağmen Türkiye'de üretimin çok önemli bölümü çoğunlukla demir-çelik, seramik, boya, gübre, cam, çimento, tuğla ve inşaat sanayilerinde kullanılmaktadır (Güney, 1999). Dolomit'in fiziksel ve kimyasal yapısına bağlı olarak endüstride kullanıldığı en önemli alanlar aşağıda belirtilmiştir.

- Yol inşaatlarında ve beton yapımında dolgu maddesi olarak,

- Demir-Çelik sanayiinde demir cevherinin sinterlenmesinde,
- Çelik üretiminde cüruf yapıcı ve refrakter tuğlaları koruyucu olarak,
- Ziraat'te, gübre yapımında dolgu maddesi olarak ve toprak ıslahında,
- Cam ve soda sanayiinde üretimde,
- Boya sanayiinde dolgu maddesi olarak,
- Seramik sanayiinde,
- Kimya sanayiinde beyazlatıcı olarak,
- Suyun filtrasyonunda,
- Metalik Magnezyum üretiminde,
- Deniz suyundan ve yer altındaki Magnezyum tuzlarından MgO üretiminde,
- Refrakter tuğla ve harçların üretiminde (MTA,2018).

Olivin, magnezyum demir silikattan oluşan ve kimyasal formülü $(Mg^{2+}, Fe^{2+})_2SiO_4$ olan kayaç yapıcı bir mineraldir. Olivin, genellikle yuvarlağımsı kristal yığılımları (agregat) halinde bulunur. Magnezyum ve demir oranlarının değişimine göre iki alt üyeye ayrılır. Mg egemen olivin Mg_2SiO_4 *forsterit*, Fe egemen olivin ise Fe_2SiO_4 *fayalit* olarak tanımlanır. Bu nedenle olivin forsterit ve fayaliti kapsayan grubun genel adıdır. Yaygın olarak bulunan olivin türü genellikle forsterittir. Bundan dolayı olivin terimi kullanıldığında çoğunlukla forsteritik olivin kastedilmektedir (DPT 1995 ve 2001; Kanarya, 2010). Forsteritik olivinin kimyasal bileşimi yaklaşık olarak Çizelge 2.2. de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Olivin mineralinin genel kimyasal içeriği (Kononov, 2012).

Bileşik	(%)
SiO ₂	40
MgO	50
FeO	9,0
NiO	0,4

Forsteritik olivinlerin atmosferik basınçlarda erime sıcaklığı yaklaşık 1900 °C iken fayalitlerin yaklaşık 1200 °C dir. Olivinler kırılıgandır ve mohs sertliğı 4,0 ile 7,0 arasında değişmektedir. Kayaç yapıcı mineraller içerisinde yoğunluğu nispeten daha

yüksek olan bir mineraldir ve Fe miktarına göre 3,21–4,40 gr/cm³ arasında özgül ağırlıkları değişir (MTA, 2018).

Olivin madenciliği diğer mineraller ile karşılaştırıldığında yeni sayılır. Avrupa ve Japonya'da çelik, döküm, aşındırıcı, refrakter vb., sanayinde kullanımına bağlı olarak stratejik bir mineral haline gelme yolundadır.

Dünya'da 4 milyon ton olan olivin arzının 3,3 milyon tonu Avrupa'da üretilip buradan dünya ülkelerine ihraç edilerek tüketilmektedir. Bu özelliklerinin yanı sıra yerini alabileceği minerallerden ucuz olması da sanayide kullanma şansını artırmıştır. Diğer önemli bir unsur da kütleler halinde bulunan dünitlerin (olivin) açık işletmeye uygun olmalarının yanı sıra, krom cevherinin zenginleşmesi sırasında yan ürün olarak doğrudan elde edilmesidir. Olivin en fazla entegre demir-çelik fabrikalarında cüruf düzenleyicisi ve sinterleşme derecesini düşüren bir hammadde olarak kullanılmaktadır. Bu özelliği ile çelik üretiminde yüksek fırınlarda, sinter fırınlarında üretim sırasında kullanılan kok miktarında azalmadan dolayı yaklaşık %20 kadar kok enerji tasarrufu sağlamakta ve üretim artışına sebep olmaktadır.

Olivinin, diğer bir kullanım alanı da refrakter sanayiidir. Forsterit tuğla, ateşe dayanıklı olivin bağlı püskürtme ve dövme harçların yapımı, yapı kimyasallarının üretimi ve çeşitli refrakter yapı ve malzemelerin imalinde de önemli miktarlarda olivin kullanılmaktadır.

Dünya'daki gelişmiş ülkeler sağlık ve çevre konusunda düzenledikleri yasalar ile serbest silis içeren mineral veya hammaddelerin kullanımını yasaklama yoluna gitmişlerdir. Bu nedenle döküm sanayi ve aşındırıcı özelliğinden dolayı binaların, köprülerin ve benzeri çeşitli yapıların temizlenmesinde kullanılan kuvars kumları yerlerini olivine terk etmeye başlamışlardır. Yoğunluğunun fazla olması nedeni ile petrol platformlarını dengede tutma amacıyla yapılan sütunların çimentosunda ayrıca tren yollarının temelinde duyarlılığı sağlamak amacıyla da balast taşı olarak önemli miktarlarda olivin kullanılmaktadır. Son yıllarda ısı ve ses yalıtımı sağlamak amacı ile kaya yünü olarak da olivin kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca özel boya ve

beton üretiminde de kullanımı için çalışmalar başlatılmıştır. Ülkemizde dünit Güleman-Kef, Adana-Karsantı (Kızılyüksek), Bursa-Orhaneli, Muğla-Fethiye, Köyceğiz, Beyşehir yörelerinde mostralar vermektedir. Ülkemizdeki bu oluşumlardan Konya-Beyşehir, Muğla-Köyceğiz ve Orhaneli-Bursa yörelerinde bulunan olivin oluşumları işletilmektedir. Olivinin fiziksel ve kimyasal yapısına bağlı olarak endüstride kullanıldığı en önemli alanlar aşağıda belirtilmiştir (Caran vd. 2010).

- Demir-Çelik endüstrisinde fırınlarda cüruf düzenleyici ve sinterleşme derecesini düşürücü olarak,
- Yüksek sıcaklıklara dayanıklı olması nedeniyle da refrakter sanayinde,
- Döküm Sanayiinde kalıp olarak,
- Sertliğinin yüksek olmasından dolayı aşındırıcı (abrasiv) olarak bina dış yüzeylerin temizlenmesinde,
- Elektrikli Isıtıcı (radyatör, ısı depolayıcı üniteler) olarak,
- Yoğunluğunun fazla olması nedeni ile denge (ballast) malzemesi olarak,
- Isı ve ses yalıtımı sağlamak amacı ile kaya yünü olarak kullanılabilirler (MTA, 2018; Kanarya, 2010).

Maloney ve ark. (1983) piyasada ticari olarak bulunan iki farklı epoksi reçinelerine, dolomit ve diğer mineral katkı maddelerinin eklenmesinin kırılma/deformasyon özelliğine etkisini araştırmışlardır. Elde ettikleri bulgulara göre epoksi reçinelerine mineral katkı maddelerin katılmasının, reçinelerin direnç özelliklerini değiştirdiğini ve deformasyonun sabit bir mekanizma (crack mipping mechanism) ile oluştuğunu açıklamışlardır.

Suzuki ve ark. (2000) sinterlenmiş doğal dolomit ile zirkonia toz parçacıklarının reaksiyonu esnasında, LiF ortamında, poröz yapıda $\text{CaZrO}_3/\text{MgO}$ kompozit malzeme üretmişlerdir (gözenek ölçüsü $\sim 1 \mu\text{m}$). Malzemenin gözenekli yapısının sinterlenme sıcaklığına bağlı olarak kontrol edilebileceğini ve bu poröz/gözenekli materyalin, yüksek sıcaklıkta dayanım gerektiren filtre işlemlerinde kullanılabileceğini açıklamışlardır.

Suzuki ve ark. (2001) karbonat ve dolomitin pirolitik sinterleşmesiyle nano-partiküllü CaO/MgO ve benzeri kompozitlerin üretilebileceğini açıklamışlardır. Bu nanokompozitlerin yapısına az miktarda LiF eklenmesiyle yüksek sıcaklıkta süperplastik benzeri deformasyon gösterdiği, dolomite/zirconia karışımı partiküllerden üretilen CaZrO₃/MgO nanokompozitlerin ise oda sıcaklığında yarı-plastik deformasyon özelliğine sahip olduğunu açıklamışlardır.

Myung ve ark. (2004) Emülsiyon kurutma metoduyla, elektriksel olarak aktif LiFePO₄/C esaslı nano-kompozit malzemeler üretmiştir. X-ray fotoelektron spektroskopisi (XPS) yardımıyla bu malzemenin düşük kristalin derecesine sahip olduğunu belirlemiştir. Fakat en uygun LiFePO₄ parçacıkların kullanılmasıyla *in situ* ortamında malzemenin elektrik iletkenlik özelliğinin arttığını ve 10⁻⁴ S cm⁻¹ e kadar ulaşabileceğini açıklamışlardır.

Ter Heege ve ark. (2004) kayalarda bulunan olivinin, polikristal yapısından dolayı kayalardaki genel deformasyon özelliğini azalttığını açıklamışlardır.

De Ronde ve ark. (2005) yüksek sıcaklıkta (900 °C) mineral kayaların plastik deformasyonu reaksiyonlarını araştırmak için *Plagioclase–olivine* kompozit malzemelerin yarıma özelliklerini incelemiştir. Reaksiyonun oluşmadığı zamanlarda Lab–Fo kompozitlerin yeniden kristalleşme özelliği göstermesinden dolayı, saf olivinden üretilenlere göre daha dayanıklı olduğunu ve deformasyon için daha yüksek sıcaklık gerektiğini bulmuşlardır.

Dominko ve ark. (2006) sol-jel tekniği ile mikro ölçekte poröz LiMPO₄/C kompozit malzeme elde etmişlerdir. Bu gözenekli yapı içindeki açıklıklar arasındaki mesafenin malzemenin kinetik özelliğini etkilediğini açıklamışlardır.

Ali ve ark. (2007) polipropilen glikol (PPG) ve dietilen glikolün çapraz bağ yapma reaksiyon özelliğinden faydalanarak, dolgu maddesi olarak, değişik oranlarda dolomit ilavesiyle bir kompozit malzeme geliştirmişlerdir. Dolomit ilave edilerek

üretmiş bu yeni tip kompozit malzemenin oldukça iyi yapışma ve direnç özellikleri gösterdiğini ayrıca bazı önemli teknolojik özelliklerini (su alma, asit-baz etkileşimi, termal ve elektriksel özellikleri, sertlik ve genel direnç vb.,) diğer geleneksel kompozit malzemelerle karşılaştırmalı olarak incelemişler ve dolomit dolgu maddesi olarak kullanılmasının uygun olduğunu açıklamışlardır.

Peiwei ve ark. (2008) dolomit, serpentin ve magnezit gibi inorganik maddelerin kullanılmasıyla üretilen yeni tip kompozitlerin, stresi geniş alana yayarak, hidrolik betondaki deformasyonu azalttığını açıklamışlardır.

Yip ve arkadaşları (2008) alkali esaslı karbonat minerallerinin (kalsit ve dolomit) metakaolin-esaslı jeopolimerlerin (*geopolymers*) yapısına ilave edilmesinin etkisini incelemişlerdir. Yapılan denemelerde, %20 civarında kalsit veya dolomit ilave edilmesinin jeopolimerlerin direnç özelliklerinin belli derecelerde arttırdığını, fakat yaşlandırmada, ilk 90 günlük periyotta daha fazla daralmalara sebep olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca, %20 den daha yüksek oranda dolomit ilavesinin jeopolimerlerin jelimsi ağ yapısını bozduğunu dolayısıyla direnç özelliklerini önemli derecelerde azalttığını açıklamışlardır. Kalsit ve dolomit parçacıkların, jeopolimerlerin çoğunlukla yüzey reaksiyonu ve yüzey bağları ile jeopolimerlere bağlandığını SEM ve diğer mikroskobik çalışmalarla belirlemişlerdir.

Drygalska ve ark. (2009) çok hassas yapıya sahip refraktör (seramik) malzemelerin, hava rutubetinden kolay etkilenecek çatlamalara sebep olmasından yola çıkarak, bu durumun düzenlenmesi için sinterlenmiş dolomit ilave edilmesinin etkisini araştırmışlardır. Bu ilave sonucunda malzeme yapısında oluşan *kalsiyum dialuminate*'nin çok düşük ısı genleşme katsayısına sahip olmasının, refrakter malzemenin sıcaklıkla genleşmesini önemli derece düşürdüğünü ve bazı avantajlar sağladığını açıklamışlardır.

Mohd Saled ve ark. (2012), çok duvarlı karbon nanotüp (CNT) ile dolomiti yüksek sıcaklıkta (900 °C) sentezleyerek birlikte çökeltme işlemi devamında 400 °C de hidrojen gaz ortamında indirgenme işlemi ve yine CH₄/N₂ karışımında 800 °C de 30

dakika ile işleme sokarak, değişik uzunluk ve boyutlarda dolomitin yüzeylerde tutunduğunu ve bu yeni malzemenin kompozit malzemelerde dolgu maddesi için kullanılabileceği önermişlerdir.

Adesakin ve ark. (2013) polyester reçinesi içerisine dolomit katılmasının etkisini araştırmışlardır. Burada polyester matris elemanını, dolomit ise dolgu maddesi olarak düşünülmüştür. Karışımdaki dolomit oranının %20 den %30'a çıkarılmasıyla kompozit malzemenin sertliğinin arttığını ve yüksek sertlik ve direnç özelliği gereken yerlerde bu malzemelerin kullanılabileceğini açıklamışlardır.

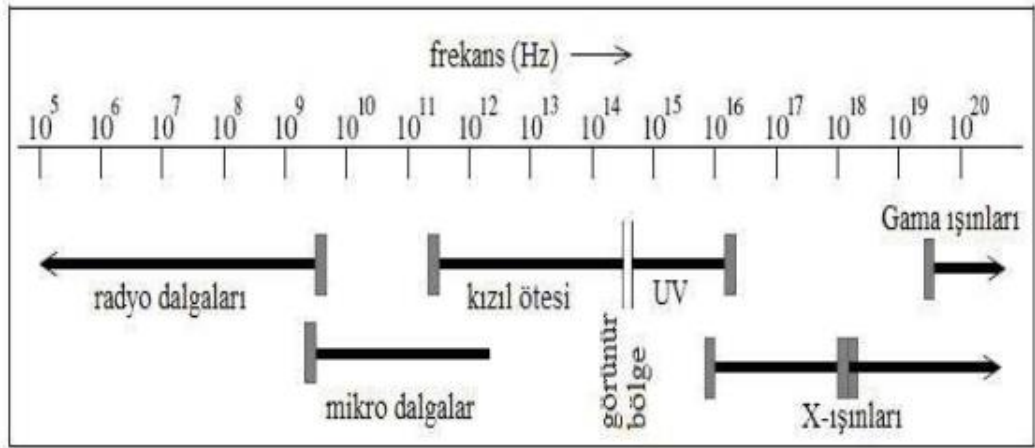
Dolomit'in genel özellikleri, endüstride kullanım alanları ve teknolojik özelliklerinin geliştirilmesi üzerine yoğun çalışmalar bulunmasına rağmen, orman ürünleri endüstrisinde dolomit kullanımını üzerine çok sınırlı çalışmalar bulunmaktadır.

Golubkov ve ark. (2014) olivin esaslı mineral maddelerin Li-ion pillerinde aktif katot malzeme olarak kullanılması üzerine çalışmalar yapmışlardır. Bunlardan en önemli olanları aşağıda kısaca verilmiştir.

Özdemir (2016) 1:1 kayın-sarıçam liflerinden ve 6.5 mm kalınlıkta ürettiği yüksek yoğunluklu lif levhaların (HDF) yapısına, dolgu maddesi olarak dolomit ilave etmiş ve levhaların fiziksel özelliklerinde meydana gelen değişiklikleri araştırmıştır. Bu çalışmada, HDF yapısındaki dolomit mineralinin konsantrasyon artışının, levhaların su alma, kalınlık şişme, eğilme direnci ve elastikiyet modülü gibi fiziksel ve mekanik özelliklerini olumsuz etkilediğini, fakat bu levhaların yanmaya karşı direnç özelliklerinin arttığını açıklamıştır.

Özdemir ve ark. (2016) yaptığı benzer diğer bir çalışmada, lif levha üretimi esnasında dolomit minerali katılmasının levhaların yüzey pürüzlülük değerlerini olumsuz etkilediğini ve arttığını açıklamışlardır.

Gama (γ) ışınları 1900 senesinde uranyum elementi üzerine çalışan P. Villard tarafından keşfedilmiştir. Mahiyeti üzerine yaptıkları difüzyon çalışmaları sonucunda kütsüz ve yüksüz elektromanyetik radyasyon olduğu E. Rutherford ve P. Andrea tarafından kanıtlanmıştır. Yükleri olmadığından elektrik ve manyetik alanlardan etkilenmezler. Gama radyasyonlarıyla X- ışınları köken olarak birbirlerinden farklıdır: X- ışınları elektronik, γ ışınları ise nükleer menşelidir ve enerjileri genellikle 100 keV'in üzerindedir (Price, vd., 1957) ve Şekil 2.1.'de görüldüğü gibi elektromanyetik tayfin en yüksek frekanslı bölgesindedir.



Şekil 2.1. γ -ışınlarının elektromanyetik tayftaki yeri

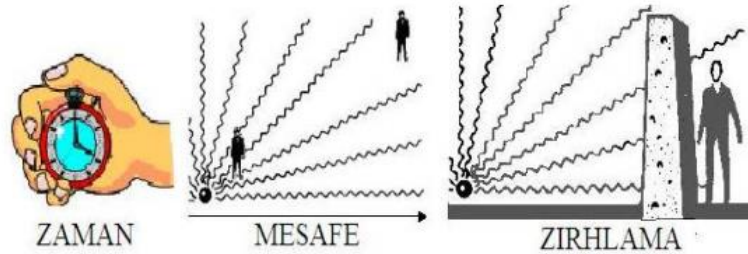
Radyoaktif kaynakların uygulamalarının hayata yeni geçirmeye başlayan bilim adamları, bilgi eksikliğinden dolayı, bunların zararlı etkilere sahip olabilecekleri hususunda herhangi bir fikre sahip değillerdi. Ancak oldukça geniş literatürün ışığında (ICRP 1993 ve 1996; DOE 1995 ve 1997) yüksek enerjili nükleer radyasyonların canlı hücreler üzerinde onarılabılır veya onarılamaz hasarlara sebebiyet verdiklerini; bu hasarlardan genetik olanların canlı türünün geleceğini de etkileyecek şekilde nesilden nesile aktarıldıklarını bilmekteyiz. Bu nedenle, 15 radyasyon kaynaklarından yayılan doz miktarının kontrol edilmesi ve başta insanoğlu olmak üzere, canlılara zarar vermeyecek seviyelere indirilmesi gerekmektedir.

Diğer yandan fiziğin parçacıklar düzeyindeki gizemlerini araştırmak için kurulmuş olan hızlandırıcı merkezlerinde yapılan çarpışma deneylerinde yine X-ışınları, gama

ışınları, yüksek enerjili kütleli tanecikler ve çekirdek altı tanecikler açığa çıkmaktadır (Lee, 2004). Radyasyonun günlük hayatta da karşımıza çıkan, toplum tarafından en gözle görünür uygulamalarının olduğu saha ise tabii ki sağlıktır. Günümüzde hemen hemen tüm hastanelerde radyasyon tanı ve tedavilerinin gerçekleştirildiği nükleer tıp birimleri bulunmaktadır. Buralarda X-ışınlarıyla röntgen çekimi ve tomografi (CT), floroskopi, mamografi, kemik yoğunluğu ölçümü; fotonlar kullanılarak tomografi (SPECT), ameliyatlarda hassas gama bıçağı; pozitronlar kullanılarak tomografi (PET); nötronlar kullanılarak bor nötron yakalama terapisi uygulamaları gerçekleştirilmektedir (Shultis ve Faw, 2002).

Radyasyondan korunma fikrinin, tabii ki en önemli gerekçesi canlı, özelde de insan sağlığıdır. Ancak, çağımızın elektronik çağı olduğunu hatırlayarak radyasyondan korunmanın önemi ve gerekliliğine dair başka bir gerekçenin daha var olduğunu anlayabiliriz. Ashok, vd., (1978a) ve Tataroğlu, vd., (2006) yaptıkları çalışmalar sonucunda gama radyasyonunun; Ashok, vd., (1976, 1978b) ve Akkurt, vd., (2010a) ise nötron ve elektron radyasyonlarının elektronik sistemlerde sık kullanılan bazı devre elemanlarının karakteristiklerini etkilediklerini göstermişlerdir.

Kaplan, 1989 ve Akkurt, vd., 2004 radyasyonun zararlı etkilerinde korunmanın üç temel yolun zaman, mesafe ve zırhlama kuralı olarak sıralanmaktadır. Bunlar Şekil 2.1.'de sembolize edilmiştir. Şüphesiz ki, en iyi korunma yöntemi bu üç kuralın aynı anda işletilmesidir.



Şekil 2.2. Radyasyondan korunmanın üç temel yolu (Akyıldırım,2011)

Zaman kuralına göre radyoaktif kaynaklar kullanılarak yapılan uygulamalar mümkün en kısa zamanda tamamlanmalıdır. Radyasyona maruz kalan maddenin emdiği doz zamanla değişmektedir.

Mesafe kuralı na göre ise alfa ve beta radyasyonları gibi yüklü radyasyonların havadaki ortalama serbest yolları oldukça kısadır. Nötron ve gama radyasyonları ise görece daha uzun yollar almalarına karşın mesafeyle şiddetleri azalır. Bu nedenle bir radyasyon kaynağının zararlarından sakınmanın etkili yollarından birisi de kaynaktan olabildiğince uzakta durmaktır. Maruz kalınan radyasyon miktarı mesafeyle ters kare yasasına bağlı olarak azalmaktadır (Eaves, 1964).

Zırhlama kuralında ise, radyasyon kaynağı ile radyasyon kaynağından yayımlanan ışınlardan korunması amaçlanan sistem (canlı ya da cansız) arasına engel koyarak radyasyonun etkilerini yok etme veya makul düzeylere indirme işlemini kapsar. Böylece zırhlamanın temel amacının, salınan radyasyonların zırh malzemesinin atomları ile dolaylı veya doğrudan yollarla etkileşerek enerjilerinin tamamını ya da bir kısmını kaybetmelerini sağlamaktır. Bu amaçla kullanılacak zırhlama malzemesi seçiminde radyasyonların türü önemlidir.

Bilindiği gibi ısı, yüksek sıcaklıklı ortamdaki, daha düşük sıcaklıklı ortama kendiliğinden transfer olan bir enerji türüdür. Bu geçiş, ortamdaki enerjinin niteliğini azaltan bir ısı transferidir. Yalıtım malzemeleri, söz konusu ısı geçişine, ısı iletkenlik katsayılarına ve kalınlıklarına bağlı olarak bir direnç gösterirler. Bir başka ifadeyle, en genel anlamda ısı yalıtımı, ısı geçişini azaltan bir dirençtir. Bunu sağlayan malzemelere de *ısı yalıtım malzemesi* adı verilmektedir.

Binalardaki ısı kayıplarının (çok katlı binalarda) % 40'ı, (tek katlı bina) % 25'i duvarlar yoluyla olmaktadır. Binalardaki ısı kaybı Türkiye'nin toplam enerji talebinin % 14'üne karşılık gelmektedir (Altınışik, 2006). Bu amaçla, binalarda iç mekandaki sıcak havanın, dışarıdaki soğuk ortama transfer olarak iç mekanın soğumasını önlemek veya tam tersi durumda, dış ortamdaki sıcak havanın, daha az sıcak olan iç mekana transfer olarak iç mekanın ısınmasını önlemek amacıyla, özel malzemelerle bina

kabuğu (dış duvarlar, kapılar, döşeme, tavan, çatı ve pencereler) üzerinde yapılan ısı geçişlerini sınırlandırma işlemine kısaca 'ısı yalıtımı' olarak ifade edilir. Isı yalıtım malzemeleri, bitişik yapı malzemelerinin ısı iletim direncini artırmak veya dışarıya kaçan ısı miktarını azaltmak amacı ile kullanılırlar.

Isı yalıtım malzemelerinin en temel özelliği, (λ) ısı iletim katsayısıdır. Bir malzemenin birbirine paralel iki yüzeyinin sıcaklıkları arasındaki fark 1 °C olduğunda, yüzeyin, birim alanından (1 m²) ve bu alana dik yöndeki birim kalınlıktan (1 m), 1 saatte geçen ısı miktarıdır. Isı iletkenlik, (λ değeri), W/mK olarak ifade edilir. Bu malzemenin ortalama sıcaklığı ve nem içeriğinin bir fonksiyonudur. Isı iletkenliği, bir malzemenin ısı iletkenlik etkinliğinin ölçüsüdür. Dolayısı ile ısı iletkenlik değeri, farklı ısı yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik etkinliklerinin kantitatif karşılaştırmasına imkan sağlar. Isı iletim katsayısı yükseldikçe malzemenin ısı yalıtım özelliği azalır. Türk Standartları EN 825, ISO ve CEN Standartları, Alman DIN normu 4108 'e göre bir yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısı;

- λ (Isı iletkenlik katsayısı) > 0,065 W/mK ise "yapı malzemesi"
- λ (Isı iletkenlik katsayısı) < 0,065 W/mK ise "ısı yalıtım malzemesi"

olarak değerlendirilir.

Isı yalıtım malzemelerinin istenilen performansı karşılayabilmeleri için, boşluk oranı fazla, yoğunluğunun düşük, nem oranının az olması gerekir. Sadece ısı iletkenliği düşünülerek oluşturulan yalıtım malzemesi yeterli değildir. İdeal bir yalıtım malzemesi aynı zamanda ses ve yanma geciktiricilik işlevini de yerine getirebilmelidir. Binalarda yalıtım planı yaparken ısı, ses yalıtımı, hava geçirimsizliği, hijyen ve doğal uyumluluk, terleme, yangına karşı güvenlik gibi konular göz önünde bulundurulmalıdır. Isı yalıtım malzemeleri genel başlıklar altında Çizelge 2.3'de sınıflandırılmıştır (McDougall vd., 1993).

Çizelge 2.3. Isı yalıtım malzemelerinin sınıflandırılması

Isı Yalıtım Malzemeleri		
İnorganik Malzemeler	Organik Malzemeler	Metalik ve Yansıtıcı Malzemeler
Lifli malzemeler (cam yünü, taş yünü, curuf yünü)	Lifli malzemeler (atık kâğıt elyafı, pamuk, ahşap, şeker kamışı, kenaf)	Hava, gaz ile şişirilmiş veya havası boşaltılmış içi boş formlar
Hücreli malzemeler (köpük, kauçuk, polistren, poliüretan, poliizosiyanürat ve diğer polimerler)	Hücreli malzemeler (mantar, seramik ürünler, genleştirilmiş perlit)	

Isı yalıtım malzemelerin bazı özelliklere sahip olması beklenir. Bunlar kısaca;

- Isı iletim katsayısı ' λ ' nın küçük olması,
- Malzeme kalınlığının uygun olması,
- Boyut kararlılığının iyi olması,
- Yangına karşı dirençli ve kolay tutuşmamalı,
- Atmosferik şartlardan (su, nem, rüzgâr vb.) kolay etkilenmemeli, nem tutmamalı,
- Hafif ve işlenmesi kolay olmalı,
- Sağlığa zararlı olmamalı,
- Ekonomik ve ucuz olmalı,
- Buhar difüzyon direnci yüksek olmalı,
- Bakteri üretmemeli, çürüme ve fermantasyona karşı dayanımlı olmalı,

Fakat bir yalıtım malzemesinde, yukarıda belirtilen şartların bütününün bir arada bulunması çok zordur. Bu nedenle, yalıtım malzemesi belirlenirken, yalıtılacak ortamın özelliklerine göre uygun ve maksimum ortak şartları sağlayan malzemenin seçilmesi gerekecektir.

Fourier Dönüşüm Kızılötesi Spektroskopi (FTIR) analizleri, katı ve sıvı malzemelerin fonksiyonel gruplarının belirlenmesi ve değişimlerinin incelenmesinde yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bunun başlıca nedenini Temiz (2005) aşağıdaki şekilde açıklamıştır;

- İki molekülün hiçbir zaman aynı kızılötesi spektruma sahip olmaması,
- Selüloz, hemiselüloz ve lignin bileşenlerinin ayrı ayrı karakteristik piklerinin olması,
- Karışımların kızılötesi spektrasının katkılı olması ve anahtar piklerinin absorpsiyonunun, kimyasalların konsantrasyonu ile orantılı olması şeklinde özetlenebilir.

Kimyasal değişimde özellikle değişen frekans noktaları ve bu noktaların fonksiyonu Çizelge 2. 4’de verilmiştir.

Çizelge 2.4. Kızılötesi spektrumların bazı önemli absorpsiyon pikleri (Yilgor vd. 2013; Pandey, 2005)

Frekans (cm ⁻¹)	Fonksiyon
1718-1740	Eşleşmemiş keton, aldehit ve karbonil gruplarındaki C=O
1630-1660	Para-OH katılmış aril keton, kinonda ki C=O, Karbonhidratlar tarafından absorbe edilen H ₂ O, Alkinlerde ki C=O
1605-1610	Lignindeki aromatik halkalardaki C=O, COO-
1506-1510	Lignindeki aromatik halkalardaki C=O, COO-
1450-1465	C-H
1420-1430	Aromatik halkalardaki C=C, Karbonhidratlardaki CH ₂
1365-1376	Odunun tüm bileşenlerindeki C-H
1315-1321	Selülozdaki CH ₂
1230-1270	Lignin ve hemiselülozdaki CO
1145-1162	Selülozdaki C-O-C
1030-1060	Selüloz ve hemiselülozda C-O gerilmesi

Olivin, zeytin yeşile benzeyen renginden dolayı, latince *oliva* (zeytin)’dan türemiştir. Olivin, yüksek sıcaklık ve silikat mineral grubuna ait, Mg ve Fe iyonlarını içeren, siyahtan yeşile kadar değişebilen renk özelliğine sahip olan oldukça parlak bir mineral çeşididir. Olivin genellikle iri kristallerden ziyade küçük kristal yapısına sahip olivince zengin kayalarda yuvarlaklaşmış ve taneli kristalli görünümde bulunurlar. *Ortorombik kristal yapı sistemine* sahiptir. Olivin grubunun genel formülü (Mg, Fe)₂ [SiO₄] şeklindedir. Olivin grubunun diğer üyeleri forsterit (Mg₂ SiO₄) ve fayalit

(FeSiO₄)'tir. Bu üyeler birbirleriyle sürekli bir solid-solüsyon (katı eriyik) yaparlar. Olivin içeren en önemli kayaç dünitir. Forsterit adı, bir İngiliz mineral koleksiyoncusu olan A. Jacob Forster (1739-1806)'den gelir. Forster'in sonundaki -it soneki ise Grek kökenlidir (*lithos*: taş). Fayalit, Azorlarda Fayal adasından, Dunit ise Yeni Zelanda'da Dunedin adasından türetilmiştir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Bitkisel sera atıkları

Yonga levha üretimi için kullandığımız patlıcan ve domates sapları, seralarda esas üretim yapıldıktan sonra köklenen, yığınlar halinde biriktirilip atık olarak ayrılmış şekilde, Antalya ili ve yakın çevresindeki seralardan temin edilmiştir.

3.1.2. Odun yongası

Kızılçam odun yongası, ticari olarak Isparta da faaliyet gösteren bir yonga levha tesisinden, üretimde kullanıma hazır özellikte, orta tabaka yongası olarak temin edilmiş ve herhangi bir ilave işlem yapılmadan, geldiği şekli ile kurutulmuş, elenmiş ve kullanılmıştır.

3.1.3. Çam kozalak ve kabuğu

Çalışmada hammadde kaynağı olarak kullanılan Kızılçam kabukları; Isparta ili aşağı Gökdere orman deposundan, alanda esas üretim konusu olan endüstriyel odun üretimi esnasında oluşan atıklardan toplanmıştır. Kızılçam kozalakları ise, tohum çıkarma işlemi için daha önce ormandan toplanmış ve tohumlarından ayıklanmış halde, Çandır orman deposundan temin edilmiştir.

3.1.4. Olivin ve dolomit

Çalışmada kullanılan mineral olivin ve dolomit, Süleyman Demirel Üniversitesi Maden Mühendisliği bölümünden temin edilmiştir. Bu bölümde bilimsel çalışmalar için daha önce Isparta-Aksu maden sahalarından toplanmış olivin ve dolomit mineralleri, laboratuvar şartlarında bilimsel çalışmalarda kullanılabilirliğinin sağlanması için bazı işlemlerden geçirilmiştir. Şekil 3.1 de dolomit ve olivinin hazırlanması, küçük boyutlara getirilmesi ve kimyasal analiz için kullanılan ekipmanlar kısaca gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Dolomit ve olivin'in laboratuvar şartlarında hazırlanması ve kimyasal analiz ekipmanları

3.1.5. Yapıştırıcı madde

Deneme panel levhaların üretiminde Üre formaldehit (ÜF) tutkalından faydalanılmıştır. Çalışmada kullanılan üre formaldehit tutkalı, endüstriyel düzeyde, yonga levha üretimi yapan bir tesisten kullanıma hazır olarak temin edilmiştir ve sadece sertleştirici ilave edilerek tutkal reçetesine göre kullanılmıştır. UF tutkalının temin edildiği firma tarafından belirtilen özellikleri Çizelge 3.1 de gösterilmiştir. Bu tutkal için sertleştirici madde olarak %20'lik amonyum klorür çözeltisi yine aynı firmadan temin edilerek kullanılmıştır.

Çizelge 3.1. Üre formaldehit tutkalının özellikleri

Özellikler	
Çözelti (%)	65 (± 1)
Yoğunluk (g/cm ³)	1.27-1.29
pH (25 °C)	7.5-8.5
Viskozite, D _{in} /cPs 25°	150-200
Jelleşme süresi (s, 100 °C)	25-30
Kullanma süresi (gün)	60
Akışkanlık süresi (s, 25 °C)	20-30
Serbest CH ₂ O (max.) %	0.19

3.2. Yöntem

3.2.1. Hammaddenin hazırlanması

Çalışmada kullanılan lignoselülozik esaslı beş farklı hammadde (kızılçam odun, kabuk, yonga, domates ve patlıcan sapı), Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği laboratuvarlarında önce açık havada kuruması için bir süre bekletilmiştir. Kuruyan materyaller kusurlu ve homojen malzeme özelliğini bozan kısımları; kök, kir, çürüklük, böcek yeniği ve diğer gerekli olmayan kısımlardan ayıklanarak temizlenmiş ve daha sonra çekiçli değirmen makinesinde yongalanmıştır. Yongalama makinesinden çıkan yongaların sınıflandırılması için sarsıntılı elek kullanılmıştır. Elemede 3.0 mm gözenekli elek üzerinde kalan yongalar tekrar yongalama makinesine gönderilmiştir. 1.0-3.0 mm gözenekli elekler üzerinde kalan yongalar kullanılmak üzere sınıflandırılmıştır. 1 mm gözenekli elek altında kalan ince toz kısım ise tutkal sarfiyatını arttıracığından dolayı levha yapımında kullanılmamıştır. Eleme işleminden sonra uygun boyutlardaki yongalar, fırında 105 °C (± 3) %2-3 rutubet derecesine kadar kurutularak panel levha üretim işlemine hazır hale getirilmiştir.

3.2.2. Deneme levhalarının üretimi

Sınıflandırılmış ve kurutulmuş yongaların tutkallamasında % 65 lik üre formaldehit tutkalı ile % 20'lik amonyum klorür sertleştirici maddesi kullanılmıştır. Levhaların su almasını ve kalınlık artışını engellemeye karşı herhangi bir hidrofobik madde kullanılmamıştır. 0.80 gr/cm³ (± 100) yoğunluklarda üretilen levhalarda tutkal oranları tam kuru yonga ağırlığına oranla sabit tutulmuş ve %10 olarak kullanılmıştır. Üre formaldehit tutkalında kullanılan sertleştirici miktarı, tutkal miktarında göre %10 olarak uygulanmıştır.

Deneme levhalarının üretim şartları Çizelge 3.2 de özetlenmiştir. Çizelge 3.3 ve 3.4 de ise mineral ilaveli (dolomit ve olivin) deneme levhalarının lignoselülozik hammaddeler ile karışım oranları ve kod numaraları verilmiştir.

Çizelge 3.2. Deneme levhalarının üretim şartları

Proses	Değerler
Levha boyutları (cm)	40x40x1.0
Yoğunluk (g/cm ³)	0.60-0.90 (±0.05)
Tutkal Miktarı (UF)	%10
Sertleştirici (NH ₄ Cl)	%1.0
Pres sıcaklığı (°C)	140 - 160
Pres zamanı (dakika)	5.0-8.0
Pres basıncı(N/mm ²)	15 – 20
Levha kalınlığı (mm)	10.0

Her bir üretim şartından 2'şer adet olmak üzere toplam 120 adet deneme levhası üretilmiştir. Elde edilen levhaların yoğunluklarına bağlı olarak hassas terazide tartılan hammaddeye, uygun oranda Üre-Formaldehit (%10) ve Amonyum klorür (%1,0) çözümlü tutkal karışımı, laboratuvar tipi dört kaşıklı silindirik tutkallama makinasıyla homojen bir şekilde püskürtülerek tutkallı yongalar elde edilmiştir.

Levha taslağını hazırlamak için 40 x 40 cm boyutların da genişlik ve enine sahip 10 mm kalınlığında metal bir kalıp kullanılmıştır. Bu levha taslağımızın hacmine göre istenilen yoğunlukta yapılacak levhalar için yonga miktarları ayarlanmıştır. Homojen bir şekilde elle serme işlemi uygulanmış, serme işlemi bittikten sonra demir kalıp üzerine aynı ebatlarda ve derin olan bir kalıpta şekillendirme işleminin daha iyi yapılması için konmuştur. Bu tahta kalıp üzerine tahta ile bastırarak bir ön baskı işlemi uygulanır. Ön pres işlemi bittikten sonra üstüne pres sacı konularak preslemeye götürülmüştür. Levha taslakları laboratuvar tipi, elektrik ile ısıtılan 50 x 50 cm boyutlarında sıcak preste, Çizelge 3.2'de gösterilen şartlarda preslenmiştir. Presleme işlemi bittikten sonra, metal plakalar arasında bekletilen levhaların soğuması sağlanmış ve daha sonra plakalardan ayrılarak, 20 °C sıcaklık ve % 65 rutubette klimatize edilerek klimatize odasında bekletilmiş ve testler için gerekli olan boyutlarda küçük örnekler kesilmiştir.

Çizelge 3.3. Dolomit ilave edilmesiyle üretilen levhaların kodları ve karışım oranları (%) (A: Kızılçam odun, B: Kabuk, C: Kozalak, D: Domates sapı, E: Patlıcan sapı, X: Dolomit; 0, 1,2,3,4,5: % dolomit miktarı, x100).

Levha Kodu	Dolomit	Domates	Kozalak	Kabuk	Patlıcan	Yonga
AX ₀	0	-	-	-	-	100
AX ₁	10	-	-	-	-	90
AX ₂	20	-	-	-	-	80
AX ₃	30	-	-	-	-	70
AX ₄	40	-	-	-	-	60
AX ₅	50	-	-	-	-	50
BX ₀	0	-	-	100	-	-
BX ₁	10	-	-	90	-	-
BX ₂	20	-	-	80	-	-
BX ₃	30	-	-	70	-	-
BX ₄	40	-	-	60	-	-
BX ₅	50	-	-	50	-	-
CX ₀	0	-	100	-	-	-
CX ₁	10	-	90	-	-	-
CX ₂	20	-	80	-	-	-
CX ₃	30	-	70	-	-	-
CX ₄	40	-	60	-	-	-
CX ₅	50	-	50	-	-	-
DX ₀	0	100	-	-	-	-
DX ₁	10	90	-	-	-	-
DX ₂	20	80	-	-	-	-
DX ₃	30	70	-	-	-	-
DX ₄	40	60	-	-	-	-
DX ₅	50	50	-	-	-	-
EX ₀	0	-	-	-	100	-
EX ₁	10	-	-	-	90	-
EX ₂	20	-	-	-	80	-
EX ₃	30	-	-	-	70	-
EX ₄	40	-	-	-	60	-
EX ₅	50	-	-	-	50	-

Çizelge 3.4. Olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların kodları ve karışım oranları (%) (A: Kızılçam odun, B: Kabuk, C: Kozalak, D: Domates sapı, E: Patlıcan sapı, Y: Olivin; 0, 1,2,3,4,5: % olivin miktarı, x100).

Levha Kodu	Olivin	Domates	Kozalak	Kabuk	Patlıcan	Yonga
AY ₀	0	-	-	-	-	100
AY ₁	10	-	-	-	-	90
AY ₂	20	-	-	-	-	80
AY ₃	30	-	-	-	-	70
AY ₄	40	-	-	-	-	60
AY ₅	50	-	-	-	-	50
BY ₀	0	-	-	100	-	-
BY ₁	10	-	-	90	-	-
BY ₂	20	-	-	80	-	-
BY ₃	30	-	-	70	-	-
BY ₄	40	-	-	60	-	-
BY ₅	50	-	-	50	-	-
CY ₀	0	-	100	-	-	-
CY ₁	10	-	90	-	-	-
CY ₂	20	-	80	-	-	-
CY ₃	30	-	70	-	-	-
CY ₄	40	-	60	-	-	-
CY ₅	50	-	50	-	-	-
DY ₀	0	100	-	-	-	-
DY ₁	10	90	-	-	-	-
DY ₂	20	80	-	-	-	-
DY ₃	30	70	-	-	-	-
DY ₄	40	60	-	-	-	-
DY ₅	50	50	-	-	-	-
EY ₀	0	-	-	-	100	-
EY ₁	10	-	-	-	90	-
EY ₂	20	-	-	-	80	-
EY ₃	30	-	-	-	70	-
EY ₄	40	-	-	-	60	-
EY ₅	50	-	-	-	50	-

3.2.3. Hammaddelerin ve levhaların özelliklerinin tayini

3.2.3.1. Hammaddelerin kimyasal ve morfolojik özelliklerinin tayini

Bu çalışmada hammadde kaynağı olarak faydalanılan; kızılçam kabuk, kızılçam kozalak, domates ve patlıcan bitki sapsarı, yukarıda açıklandığı şekilde temin edilmiş ve daha önceki akademik çalışmalarda temel kimyasal ve morfolojik özellikleri araştırılmıştır. Laboratuvarında hazır olarak bulunan bu hammaddeler direkt olarak kullanılmış ve temel kimyasal ve morfolojik özellikleri tayininde daha önceki bulgular referans alınmıştır (Güntekin vd. 2008; Sahin ve Arslan 2011).

Ekstraktif Maddelerin Tayini: Ekstraktif madde miktar tayini; 80% etanol-95% benzen (1:2 hacim oranı) karışımında 6 saat süre ile sokslette ekstraksiyon sistemi ile Tappi test metodu T-204'e göre belirlenmiştir.

Lignin Miktarı Tayini: Lignin ve holoselüloz miktarı, etanol-benzen ekstraksiyonu işlemi görmüş örneklerden Tapi Test Metodunun T-222-om-06 (klason lignin) modifiye edilmesi ile oluşturulan yöntemle göre tespit edilmiştir. Ekstraktiften arındırılmış 1 gr fırın kurusu örnek behere yerleştirilmiştir ve üzerine 50 ml %72' lik sülfürik asit (H_2SO_4) ilave edilerek bu şekilde 20°C' de 2 saat süre ile hidroliz edilmiştir. Ardından behere 200 ml saf su ilave edilerek 100 °C' de 5 dakika süre ile işlem görmesi sağlanmıştır. Soğutma ve süzme işleminden sonra örnekler saf su ile yıkanmış, bu durumdaki kalıntı örnek tam kuru ağırlığa gelinceye kadar etüvde kurutulmuştur. Tam kuru hale denk gelen kalıntı kısım klason lignin miktarı olarak, asit hidrolizat kısmı ise holoselüloz miktarı (selüloz+hemiselüloz) olarak hesaplanmıştır.

Holoselüloz Miktarı Tayini: Örneklerdeki holoseluloz tayini, asitlendirilmiş sodyum klorit ($NaOCl_2$) yöntemine göre yapılmıştır. Ekstraksız yaklaşık 100 mg kuru madde 10 ml lik yuvarlak altlı flask'a konarak üzerine 2,0 ml deionize su ilave edilmiştir. Bu örnek 90 °C sıcaklıkta bulunan su banyosuna konmuş ve $NaOCl_2$ ile reaksiyona girerek delignifikasyon işlemi yapılmıştır. Ortamın pH'sını 4,0 civarında tutmak için asetik ilavesi edilmiştir. 30 dakikalık süreler içinde 4 kez 0,5 ml $NaOCl_2$ /asetik asit

ilavesi yapılmıştır. İki saat sonunda örnekler soğutulmuş ve filtrelenmiştir. Elde edilen holoseluloz soğuk deionize su ile yıkanmış ve etüvde 103 (±2) °C de kurutulmuştur. Daha sonra bu örnekten alınan 50 mg holoseluloz 30 dakika oda koşullarında bekletilerek üzerine 4.0 ml %17.5 NaOH ilave edilmiştir. Daha sonra 30 dakika daha beklenerek toplam bir saatlik reaksiyon süresi tamamlanmıştır. Materyal su ile yıkanarak filtrelenmiştir. Asetik asit içine konarak 5 dakika bekletilmiştir. Asetik asit su ile yıkanarak uzaklaştırılmış ve ağırlık farkından holoselüloz miktarı tayin edilmiştir.

Lif Morfolojik Özelliklerinin Tayini: Çalışmada kullanılan domates ve patlıcan saplarının morfolojik özellikleri, odun liflerine göre çok kolay liflendirilebilmelerinden dolayı maserasyon ile ayrılmasına gerek kalmadan lif demetleri su ile birlikte kolayca serbest duruma gelmiştir. Bu sapların bu kadar yumuşak ve kolay liflenmeye özelliği göstermesi, muhtemelen saplarda ligninleşmenin sınırlı ve/veya odunlardan daha az olmasından olabilir.

Su içindeki serbest lifler, iğne ucu ile bir damla lam-lamel arasına alınarak liflere ilişkin inceleme ve ölçümler bu preparatlar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Lif boyutlarının saptanması için ışık mikroskopunda oküler mikrometresi ve uygun objektif kullanılarak (x100) lif uzunluğu için 50, lif genişliği için ise 30 adet mikroskobik ölçüm gerçekleştirilmiştir.

Panel Levha Yüzeylerindeki Kimyasal Grupların Belirlenmesi: Bu amaç için Shimadzu IR Prestige-21 IR spektrofotometre cihazından faydalanılmıştır. Yüzeylerdeki çok ince tabakadan hassas olarak toplanan parçalar (talaş) potasyum bromür ile standart peletlerin hazırlanmasında kullanılmıştır. Cihaz ise, 4000–400 cm⁻¹ Aralığından örneklerin spektrumları alınmıştır. Elde edilen spektrumlar kendi aralarında birbirleri ile karşılaştırmalı olarak incelenmiş, varsa oluşan farklılıklar belirlenmiştir.

3.2.3.2. Levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin tayini

Bu tez çalışması kapsamında değişik hammadde karışımlarıyla elde edilen deneme levhalarının fiziksel ve mekanik özellikleri olarak; Yoğunlukları, su içinde 2 ve 24 saat sonraki kalınlık artış ve su alım değerleri, temel direnç özellikleri (yüzeğe dik çekme, kırılma direnci ve elastikiyet modül özellikleri ile temel optik renk özellikleri, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Araştırma ve Uygulama Laboratuvarında yapılmıştır.

Yoğunluk Tayini: TS EN-323 (1999); TS EN 325 (1999) ve TS EN 326-1 (1999)'e göre numunelere hazırlan örnekler 103 (± 2) °C y ayarlanmış etüvde değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiştir. Etüvden alınan Örneklerin ağırlıkları hassas terazide tartılmıştır ve boyutları ise $\pm 0,01$ duyarlıktaki kumpasla ölçülmüştür. Örneklerin yoğunlukları aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\delta = M_o/V \quad (1)$$

Burada: δ : Yoğunluk (gr/cm^3); **M_o**: Deney örneğinin tam kuru ağırlığı (gr); **V**: Deney örneğinin tam kuru hacmi (cm^3).

Su Alma Miktarı: 2 ve 24 saat su içerisinde bekletilen numunelerin su alma miktarının belirlenmesi için, kalınlık artımı deneylerinde kullanılan örneklerden yararlanılmıştır. Bu amaçla, TS EN 317 (1999) ve TS EN 325 (1999)'a göre hazırlanmış 50x50 mm ebatlarında 10 adet numune kullanılmıştır. Deney parçaları % 65 \pm 5 nisbi rutubet ve 20 \pm 2 °C sıcaklıkta değişmez kütleye ulaşmaya kadar klimatize edilmiştir. Her deney parçası 0,01 g duyarlılıkta terazide tartıldıktan sonra içerisindeki suyun sıcaklığı 20 °C (± 1) olan termostatlı su banyosuna numuneler birbirine değmeyecek şekilde su yüzeyinden 25 mm aşağıda olarak konulmuştur. 24 saat sonra numuneler sudan dışarı alınıp bir bez ile fazla suyu alınmış ve bu durumdaki ağırlıkları 0,01 g duyarlılıkta terazide tartılmıştır. Kullanılan su her defasında değiştirilmiştir. Buna göre su alma miktarı eşitlik x'de gösterilmiştir.

$$G_t = (t_2 - t_1/t_1) \times 100 \quad (2)$$

Burada: **Gt**: Su alma miktarı (%); **t1**: Deney numunesinin suya daldırmadan önceki ağırlığı (g); **t2**: Deney numunesinin suya daldırıldıktan sonraki ağırlığı (g)

Su İçinde Kalınlık Artımı Miktarı: TS EN 317 (1999) ve TS EN 325 (1999)'a göre hazırlanmış ve su içinde bekletilen örneklerin kalınlık artımları 2 saat ve 24 saat süre ile ölçümler yapılarak not edilmiştir. Ölçülme işlemi tamamlanan örnekler birbirine ve konulan su kabının tabanına ve kenarlarına dokunmayacak şekilde dikine olarak her yeni deney başlangıcında temiz ve durgun, PH değeri 7 (±1) ve sıcaklığı 20 (±1) °C olan suyun içerisinde üst kısımları su yüzeyinden yaklaşık 25 (±5) mm lik aşağıda olacak şekilde su içerisine daldırılır. Her deney parçası için kalınlık artımı yüzde olarak hesaplanır. Buna göre;

$$Ka = (Es - Eo/Eo) \times 100 \quad (3)$$

Burada; Ka: Deney örneklerinin kalınlık artım miktarı (%); Es: Deney örneğinin su almış haldeki kalınlığı (gr); Eo: Deney örneğinin tam kuru haldeki kalınlığı (gr).



Şekil 3.2. Deneme örneklerinin su içinde kalınlık artım deney düzeneği

Eğilme Direnci (MOR): Test örneklerinin eğilme direnci deneyleri TS EN 310 (1999)' a göre yapılmıştır. Deney parçaları TS EN 326-1 (1999)' e göre 50 mm genişliğinde ve 150 mm uzunluğunda hazırlanmış ve TS EN 325 (1999)' standardına uygun cihaz ile ölçümler yapılmıştır. Deney boyunca örneğe sabit hızla yük uygulanmış ve yükleme başlığının hızı en büyük kuvvete saniyede ulaşacak şekilde ayarlanmıştır. Uygulanan kuvvetin değeri 0.01 hassasiyetle ölçülerek "yük-gerilim" diyagramı çizilir. Her bir

deney parçasının eğilme dayanımı, en büyük kuvvet “Fmax” anındaki momentin “M” en kesit alanına oranı yoluyla hesaplanır. Buna göre;

$$F = (3 P_{\max} \times L / 2bh^2) \quad (4)$$

Burada; **F**: Örneğin eğilme direnç değeri (N/mm²); **P_{max}**: Kırılma anındaki maksimum yük (N); **L**: Dayanak açıklığı (mm); **b**: Örnek genişliği (mm); **h**: Örnek kalınlığı (mm).

Eğilmede Elastikiyet Modülü (MOE): Eğilmede elastikiyet modülü TS EN 310 (1999)' standardına göre hesaplanmıştır. Eğilme direncindeki aynı örnekler üzerinden ölçme aletiyle eğilme direnci yapılırken eğilme miktarı deney parçasının ortasından 0.01 mm hassasiyette ölçülür. Buna göre;

$$E = (P \times L^3 / 4b \times h^3 \times f) \quad (5)$$

Burada: **E**: Eğilmedeki elastikiyet modülü (N/mm²); **P**: Elastikiyet sınırı altında tatbik edilen yük (N); **L**: Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm); **b**: Örnek genişliği (mm); **h**: Örnek kalınlığı (mm); **f**: P yüküne karşı örnekte meydana gelen deformasyon (mm).

Yüzeye Dik Çekme Direnci (IB): Yüzeye dik çekme deneyleri TS EN 319 (1999)' a göre zwick marka 3 silindri 4-75 devir hız ayarı olan bir makine kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kenar uzunluğu 50 (±1) mm olan kare şeklinde, kenarları dik uçları düzgün ve temiz olarak kesilen örnekler, standartlara uygun şekilde alüminyum metal deney aparatlarına *cyabond* tutkalı ile yapıştırılır. Yapıştırılan örnekler 5 dk bekletilir, tamamen yapışma gerçekleştirildikten sonra numune deney makinesinin kavrama çeneleri arasına yerleştirilir. Deney parçalarının yüzeye dik yönde ve kırılma meydana gelinceye kadar, üniform bir çekme kuvveti uygulanarak, deney parçalarının yüzeye dik yöndeki çekme dayanımı tayin edilir. Deney parçasının yüzeyine uygulanan maksimum çekme kuvvetinin, deney parçasının yüzey alanına oranı yardımı ile yüzeye dik çekme direnci aşağıdaki şekilde hesap edilir. Buna göre;

$$IB = P_{\max}/A \quad (6)$$

Burada; **IB**: Yüzeğe dik çekme direnci (N/mm²); **P_{max}**: Kırılma anındaki maksimum kuvvet (N); **A**: Örneğin enine kesit alanı (mm²).

Deneme bölgesinin dışında meydana gelen kısmi çatlaklar, tutkallama hattında oluşan çatlaklar veya deney blokları üzerinde meydana gelen çatlaklar değerlendirilmemeli ve bu durumda, yeni deney parçaları kullanarak deney yenilenmelidir.



Şekil 3.3. Deneme örneklerinin mekanik direnç testlerinin uygulandığı laboratuvar ve test düzenekleri

Renk Özelliklerinin Tayini: Çalışmada üretilen test örneklerinin renk özellikleri *X-RITE SP 68 model* spektrofotometre cihazı ile belirlenmiştir. Üretilen levhalardan 50x50x10 mm boyutlarında 2'er adet deney numunesi, dış atmosferik şartlarda 15 gün süre ile bekletilmiş ve yüzeyler arası renk farklılıkları CIE L* a* b* renk sistemine göre ölçülmüştür. Bilindiği gibi; CIE L* a* b* renk sisteminde; renklerdeki farklılıklar ve bunların yerleri L*, a*, b* renk koordinatlarına göre tespit edilmektedir. Bu standartta L* parlaklık/koyuluk, a* kırmızılık (+)/yeşillik (-), b* sarılık (+)/mavilik (-) değerlerini ifade etmektedir. Renk değerleri aşağıda gösterilen CIE L* a* b* renk alanlarına ait koordinatlara göre değerlendirilmiştir.

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (7)$$

$$\Delta L = f(Y/Y_n) - 16 \quad (8)$$

$$a = 500(f(X/X_n) - f(Y/Y_n)) \quad (9)$$

$$b = 200(f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n)) \quad (10)$$

Burada; ΔE : toplam renk farkını; X_n , Y_n , Z_n : Temel renk referans (tristimulus) değerlerini; a^* : Kırmızılık-yeşillik, ; b^* : Sarılık-mavilik değerlerini ifade etmektedir.

3.2.3.3. Levhaların teknolojik özelliklerinin tayini

TGA/DTA/DSC analizi: Bu analiz tekniğinde bir maddenin sıcaklık değişim aralıklarında ağırlığında meydana gelen değişimi kantitatif olarak verir. Maddenin dehidrasyonunu ve bozulmasını sıcaklık-zaman değişkenlere bağlı olarak TGA (Termal Gravimetric Analyzer) analizi yardımıyla incelemek mümkündür. Maddede ağırlık değişimi yapısında fiziksel ve kimyasal bağların kopması veya oluşumu sonucu oluşur. Sıcaklık artışı ile oluşan kimyasal reaksiyonlar sonrası yüzeyden uçucu madde ayrışması olur ve ağırlık zamanla azalır. Böylece

TGA verileri çeşitli kimyasal tepkimelerin mekanizması ve termodinamiğin aydınlatılabileceği gibi oluşan ürünler hakkında bilgi verir. Çalışmada TGA analizleri yaklaşık 5 mg örnekler ile termal bozunma ve kütle kayıpları azot ortamında 10 °C/dk ısıtma hızında Perkin Elmer SII Diomand model termal analiz cihazında yapılmıştır. TGA testi sırasında numunenin kütlesinin, numunenin sıcaklığına ve zamana göre değişimi, kontrollü atmosferik şartlar altında ölçülür.

Termogravimetrik yöntemlerden elde edilen veriler, DSC (Diferansiyel Scanning Calorimeter)'den elde edilen verilere göre daha sınırlı olur. Bunun başlıca nedeni sıcaklık değişiminin örneğin kütlesinde bir değişimin oluşturması gerektiği içindir. Enerji değişimi yaratan dönüşümler mutlaka bir ağırlık değişimi yaratmayabilir. Bu nedenle DSC termogramında alınabilen sonuç Termogravimetrik incelemede alınamayacaktır.

Diferansiyel termal analizde (DTA) bir kimyasal örnek ile inert birreferans bileşik arasındaki sıcaklık farkı ölçülerek örneğin absorpladığı ısı gözlemlenir. Örnek ile referans arasındaki sıcaklık farkı sıcaklığın bir fonksiyonu olarak izlenir.

Isı İletkenlik Özelliklerinin Tayini: Üretilen levhaların ısı iletkenlik katsayısı değerleri KEM QTM 500 ısı iletim katsayısı ölçüm cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiş olup tüm sonuçlar (W/mK) olarak hesaplanmıştır. Bu özelliklere ait değerler standartlarda belirtilen levhaların özellikleriyle karşılaştırılmıştır. Isı iletkenlik özellikleri tayini ASTM-C 1113-09 standardına göre en az 6 adet 120*60 mm boyutlarında numuneler ile yapılmaktadır.

Isı İletkenlik Katsayısı: Deney numunelerinin ısı iletim katsayıları, ASTM C 1113-90 standardı ve Hot Wire Metot'una uygun olarak QTM 500 cihazı ile yapılmıştır. Bu cihaz numunelerin ısı iletim özelliklerini 0.02- 10 W/mK aralığında ölçmektedir. 120mm*60mm ebatlarında hazırlanmış deney numuneleri 20°C (±2) sıcaklık ve %65 (±5) bağıl nem ortamında klimatize edilir. Her bir numune için ön ve arka yüz olmak üzere altı ayrı ölçüm yapılarak, bu değerlerin ortalaması hesaplanmıştır. Kararlı durumda yapılan ölçümlerde ısıtılmış plakalar kullanılmıştır. Bu yöntemde ısıtılmış bir plakanın iki tarafına yerleştirilen örneğin ortalama ısı iletkenliği ölçülür. Şekil 3.4. de ısı iletkenlik ölçüm cihazı görülmektedir.



Şekil 3.4. Isı iletim katsayısı ölçüm cihazı QTM 500.

Isı iletim katsayısı aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$\lambda = \frac{q \cdot \ln(t_2 \div t_1)}{4\pi(T_2 - T_1)} \quad (11)$$

Burada; λ : Isı iletim katsayısı (W/mK); q : Numuneden geçen ısı miktarı; $T_2 - T_1$: İki yüzey arasındaki ısı farkı (°C); $t_2 \div t_1$: Ölçülen zaman aralığı (s).

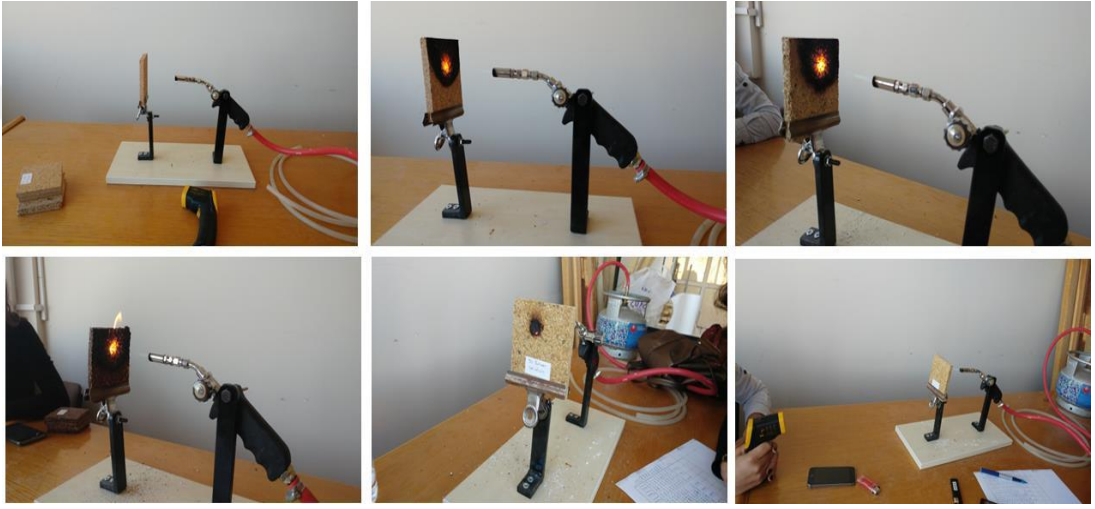
Yangın Yalıtım Özelliklerinin Tayini: Üretilen levhaların yangına karşı davranışlarını belirlemek amacıyla; Tek alev kaynaklı yanma deneyi ve Alev kaynaklı yanma (AKY), kor halinde yanma (KHY), kendi kendine yanma (KKY) davranışı deneyi ISUBÜ, Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği laboratuvarında bulunan tek alev kaynaklı test cihazı ve özel tip yanma test düzeneği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu özelliklere ait değerler standartlarda belirtilen levhaların özellikleriyle ve kendi aralarında karşılaştırılmıştır. Levhalarda yapılacak deneylerden tek alev kaynaklı yanma deneyi 250*90 mm örnek boyutunda en az 2 adet, Yanma davranışı deneyi DIN 4102 standardına göre 100*100 mm boyutlarındaki en az 2 örnekle yapılmıştır.

Tek Kaynaklı Alev Testi: Olivin ve dolomit mineral katkılı deney numunelerinin yanma davranış özellikleri, TS EN-ISO 11925-2 'Yangın deneylerine reaksiyon-Aleve doğrudan maruz kalan ürünlerin tutuşabilirliği - Bölüm 2: Tek alev kaynağıyla deney' standardına göre yapılmıştır. Deney numuneleri 23 0C (\pm 2) ve %50 (\pm 5) bağıl nemde klimatize edilmiştir. Levhalar 90 x 250mm boyutlarında dikey konumda test düzeneğine mandallar ile sabitlenirler. Şekil 3.5. de görülen tek kaynaklı küçük alev simülasyonu deneyi levhanın alt orta kenarından 45 °C eğimle 20 mm mesafede yakma başlatılmıştır. Deney süresi 30 saniye ve toplam deney 60 saniye süresi sonunda tamamlanır. Bu deneyde, numunede tutuşma olup olmadığı, alevin uygulandığı noktadan itibaren yüksekliğinin 150 mm'ye ulaşip ulaşmadığı, ulaştıysa bu yüksekliğe ulaşma süresi ve deney sonunda oluşan durum fiziksel olarak gözlemlenir. Sonuç olumlu veya olumsuz olarak kaydedilir.



Şekil 3.5. Tek alev kaynaklı test cihazı

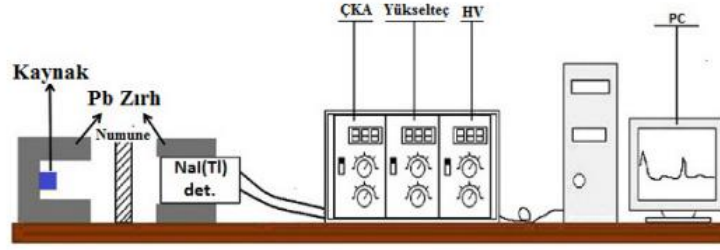
Yanma Davranışı: Klimatize edilen deney numuneleri 100 x 100 mm boyutlarında hazırlanmıştır. Deney düzeneği alev kaynağı, levha tutma aparatı ve kızıl ötesi lazer termometreden oluşur. Deney levhalarının 300 s süre içerisinde 30 s aralıklı olarak levha yüzeyinin arka yüzünden kızıl ötesi lazer termometre ile ölçüm yapılarak ısı yalıtım değeri kayıt altına alınır. Aynı zamanda deney levhalarının bu süre içerisinde yanma olayından ne kadar etkilendiklerini ve kütle kaybını % olarak tespit etmek amacıyla ilk ağırlıkları ve son ağırlıkları tartılarak, yanma derinliği ve yanma çapı değerleri tespit edilir (Şekil 3.6.).



Şekil 3.6. Yanma davranışı test düzeneği

Radyasyon Özelliklerinin Ölçümü: Çalışmada olivin ve dolomit katkılı kompozit panel levhaların radyasyon özelliklerinin ölçülmesi için; gama radyasyonu soğurma özellikleri ve doğal radyoaktiviteleri olmak üzere iki farklı ölçüm gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmalar Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü Nükleer Fizik A.B.D. bünyesinde bulunan Gamma Spektroskopi Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmalarda NaI (TI) detektörden, NIM modülünden, spektrum analiz yazılımı MAESTRO-32 'nin yüklü olduğu bir bilgisayardan oluşan gama spektroskopi sistemi kullanılmıştır. Gama radyasyonu soğurma özellikleri belirlenmesi için gama enerjisi sağlayan radyoaktif kaynak ^{137}Cs kullanılmıştır. 40 Gama spektrometresi, bir materyalin radyoaktif olup olmadığını ve eğer radyoaktif ise bu radyoaktivitenin hangi radyoizotoptan kaynaklandığının bulunmasını sağlayan ve bu radyoaktif elementler tarafından yayınlanan gama

ışınlarını enerjilerine göre ayıran bir sistemdir. Belli bir kaynaktan yayılan radyasyon dedektörle etkileşerek absorbe edilen enerji ile orantılı bir akım darbesi meydana getirir. Bu darbe amplifikatörler yardımıyla voltaj darbesine çevrilir, yükseltilir, şekillendirilir ve çok kanallı analizöre (ÇKA) gelir. Analizörden sayısal hale çevrilen bilgiler, ekranda spektrum olarak gözlenir. Bu spektrum veya spektrumla ilgili bilgiler ÇKA' ya bağlı uygun bir giriş/çıkışla (I/O) değerlendirilmek üzere dışarı alınır (Şekil 3.7.).



Şekil 3.7. Gama spektroskopi sisteminin şematik diyagramı

3.3. İstatistik Değerlendirme

Deneyler sonucu elde edilen verilere temel istatistik uygulamalar yapılmış ve temel istatistik sonuçlar elde edilmiştir. Deneylerde Faktör sayısı tek ise basit varyans analizi, faktör sayısı iki veya ikiden fazla ise çoklu varyans analizi uygulanmış ve devamında Duncan testi ile değerlendirilmiştir. Deney sonuçlarında öncelikle ANOVA tablosundaki anlamlılık değeri incelenmiştir. Deney sonuçlarına uygulanan Homojenlik (Post-hoc) testi ile eğer varyans analizi sonucunda gruplar arasında bir fark bulunmuşsa, farklılığın hangi gruplardan kaynaklandığını tespit etmek için kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Hammadde ve Levhaların Kimyasal Özelliklerine Ait Bulgular

Genel olarak, kızılçam kabuk ve kozalak liflerinin, kızılçam odununa göre oldukça kısa (0,15-0,25 mm) ve daha kalın (0,05-0,06 mm) olduğu anlaşılmıştır. Benzer şekilde tarımsal atık olan domates sap liflerinin kısa (0,5-2,5) ve patlıcan liflerinin ise domates ve diğer kozalak ve kabuk liflerinden daha uzun (0,75-2,5) olduğu, kalınlıkların ise benzer olduğu (0,05-0,08) anlaşılmıştır. Çizelge 4.1. de, çalışmada kullanılan orman ve tarımsala atık lignoselülozik malzemelerin hücre boyutları verilmiştir. Çizelge 4.2. ise çalışmada kullanılan orman ve tarımsala atık lignoselülozik malzemelerin kimyasal özellikleri verilmiştir. Çizelge 4.3. de ise, çalışmada kullanılan mineral hammaddelerin ölçülen kimyasal bileşimleri (%) olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Çalışmada kullanılan lignoselülozik hammaddelerin fiziksel lif özellikleri

Hammadde türü	Lif uzunluğu (mm)	Lif genişliği (mm)
Kızılçam odun	2,0-4,0	0,001-0,002
Kızılçam kabuk	0,15-0,25	0,05-0,06
Kızılçam kozalak	0,03-0,09	0,006
Domates	0,5-2,5	0,02-0,15
Patlıcan	0,75-2,5	0,05-0,08

Çizelge 4.2. Kullanılan lignoselülozik hammaddelerin kimyasal bileşimleri (%)

Hammadde türü	Holoselüloz	Lignin	Ekstraktifler
Kızılçam odun	65,5	23,8	10,7
Kızılçam kabuk	74,5	25,5	7,5
Kızılçam kozalak	65,5	34,5	4,1
Domates	88,0	11,29	7,14
Patlıcan	94,0	5,09	6,31

Çizelge 4.3. Çalışmada kullanılan mineral hammaddelerin kimyasal bileşimleri (%)

Bileşik	Dolomit	Olivin
SiO ₂	1,89	46,38
Al ₂ O ₃	0,10	0,40
Fe ₂ O ₃	0,02	6,29
MgO	18,72	42,77
CaO	31,50	0,65
Na ₂ O	0,01	0,01
K ₂ O	0,01	0,01
TiO ₂	<0,01	<0,01
P ₂ O ₅	0,02	0,84
MnO	0,01	0,10
Su ve gazlar	47,33	2,92
Toplam	99,60	100,37

Çalışma kapsamında kızılçam odun, kozalak ve kabuk ile domates ve patlıcan sapı yongalarının değişik oranlarda tek başlarına ve mineral olivin ve dolomit ile birlikte karışım halinde UF tutkalı ile üretilmiş bazı deneme levhalarının FTIR spektrumları Şekil 4.1. - 4.10. da gösterilmiştir.

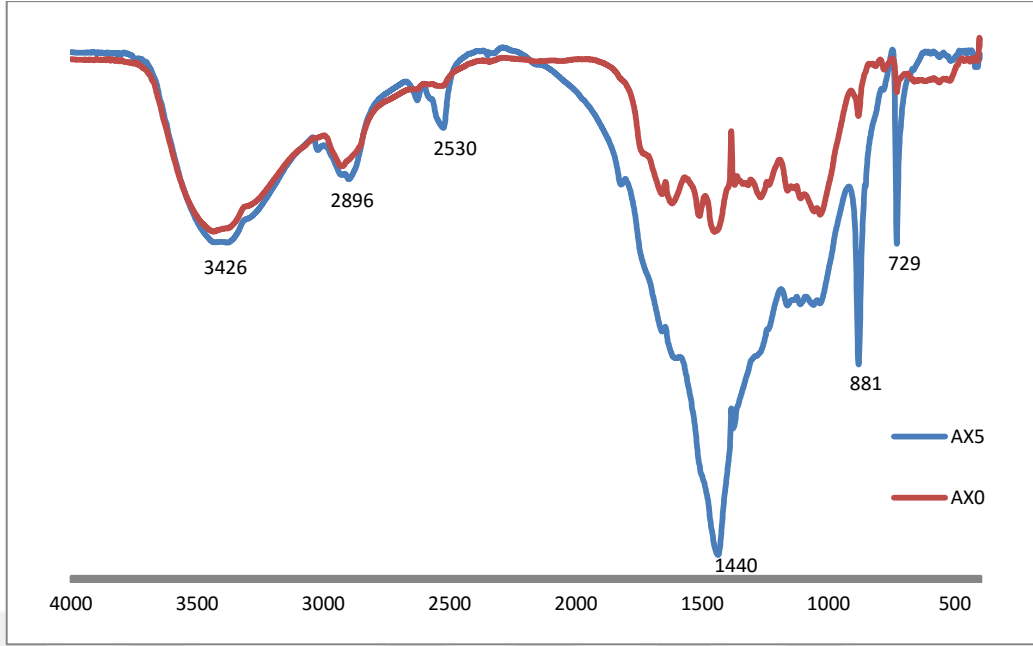
1506-1510 cm⁻¹ aralığındaki pikler lignin yapısındaki aromatik halkalardaki C=O ve COO-simetrik olmayan gerilim titreşimlerinden dolayı lignin bileşenleri için karakteristik bir pik olarak açıklanmaktadır (Pandev 2005; Temiz 2005; Yılğör vd. 2013). Deneme levhalarında 1510 cm⁻¹ piki bazı şartlarda değişim (artış veya azalma) göstermiştir.

1365-1376 cm⁻¹ aralığındaki pik hemiselüloz ve selülozda bulunan C-H degradasyonunu belirtmesi açısından önemlidir. Bu pik değerlerindeki azalma, odunun hidrofobik özellik göstermesinden kaynaklandığını belirtmesi açısından dikkat edilmesi gerekir (Can ve Sivrikaya 2017). Deneme levhalarında da bu aralıktaki piklerde bazı azalmalar gözlenmiştir.

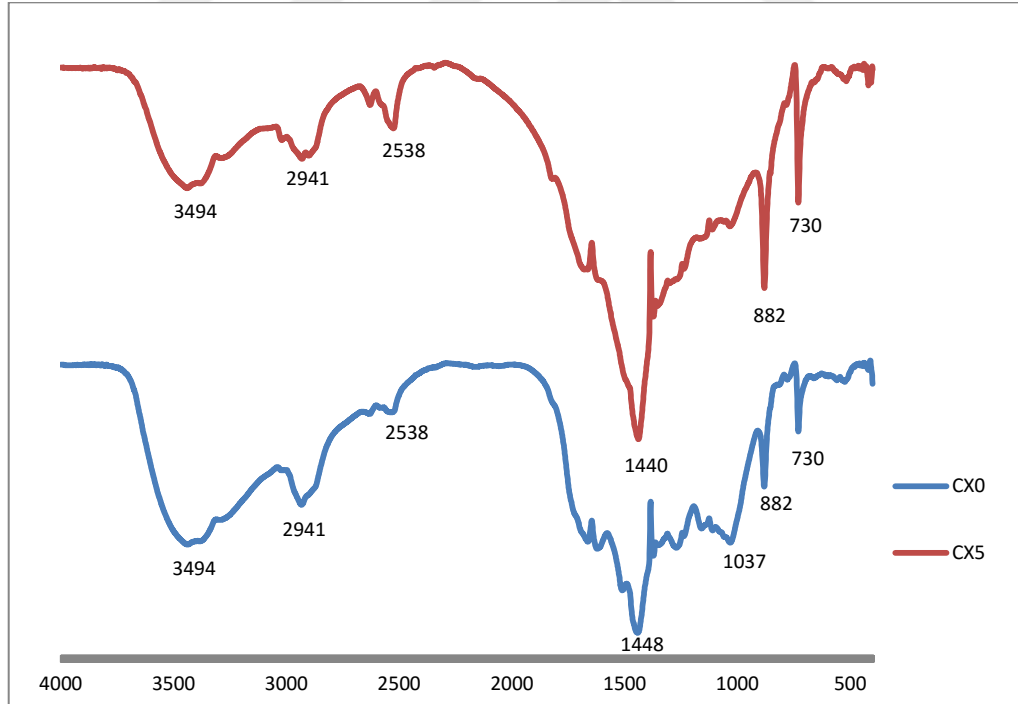
1230-1270 cm⁻¹ bant aralığındaki piklerdeki değişim lignin ve hemiselülozdaki CO gerilimi ile guayasil halkasındaki titreşimi açıklamaktadır. Çalışmada presleme

esnasında kullanılan yüksek sıcaklık (> 100 °C) hammaddelerin bazı bileşenlerini (özellikle lignin ve hemiselüloz) tahrip edebilir. Elde edilen sonuçlara göre levha numunelerinde bu pik değerinde belli derecelerde modifiye olduğu gözlemlenmiştir. Bu bant aralığındaki pikin kaybolması aromatik halkaların bozunmasının bir göstergesi olması bakımından önemlidir (Can ve Sivrikaya 2017). 900, 1025, 1030 ve 1050 cm^{-1} civarındaki pikler; selülozdaki C-O, O-H, C-H ve C-O-C tipi bağları göstermektedir. Çalışmada numunelerin FTIR spektrumlarında bu pik değerlerinde bazı örneklerde azalmalar bazılarında ise artışlar gözlenmiştir.

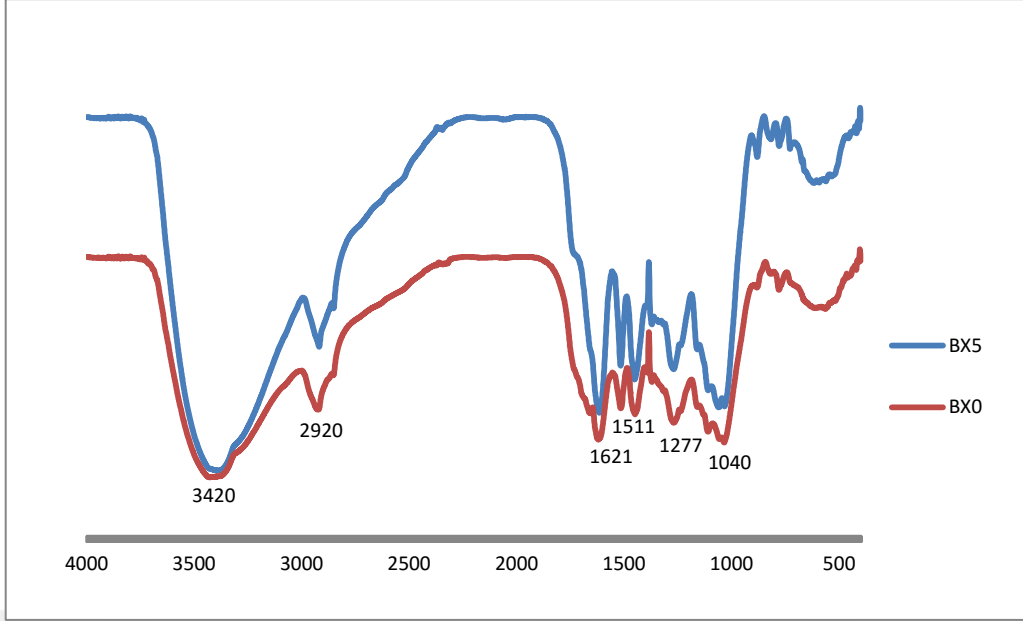
Sonuç olarak, kontrol örneğinde tipik olarak bulunan bazı piklerin, test örneklerinde önemli derecede artış ve azalmalar gösterdiği gözlenmiştir. Bunun başlıca nedeninin ise hücre çeper ve lümenlerinin kimyasal madde ile doldurulması (UF tutkalı) ve sıcaklık sonucunda OH gruplarının modifiye edilmesi ve mineral katkı maddelerinin (dolomit ve olivin) lignoselülozik hammadde ile yeni bir matris yapıda bulunması verilebilir. Bu bakımdan FTIR yardımıyla matris yapıdaki kimyasal değişimlerin tam olarak açıklanması zor olduğu ve diğer yardımcı metotlarla bunun olabileceği açıklanmıştır.



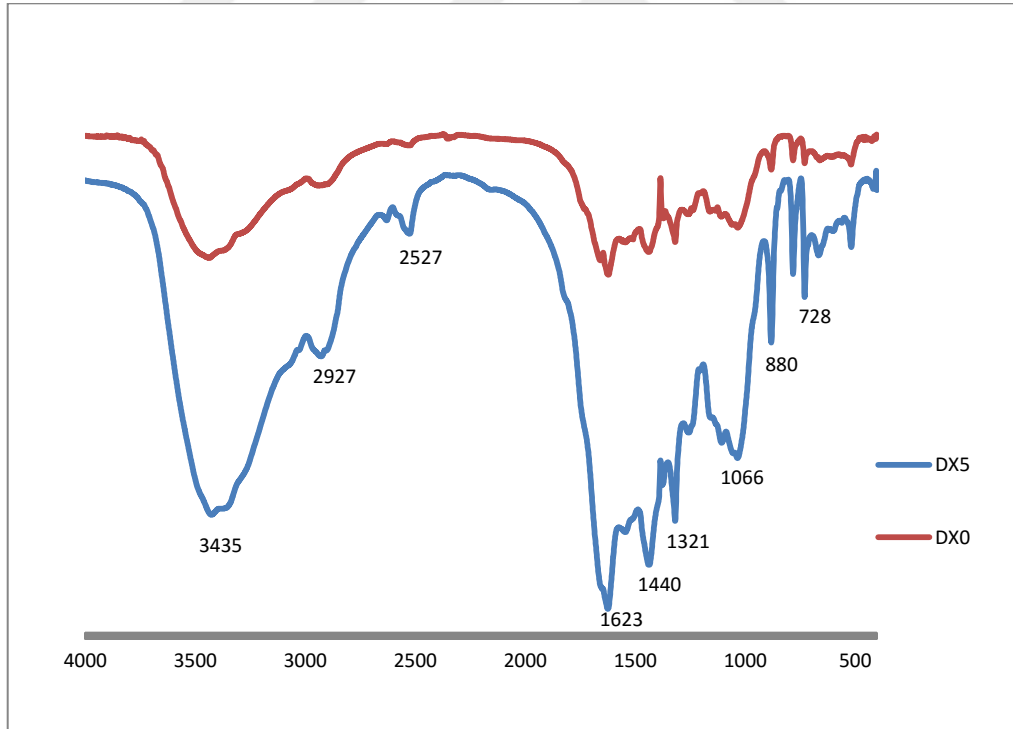
Şekil 4.1. Dolomit-Kızılçam yongası karışımı levhaların FTIR spektrumları



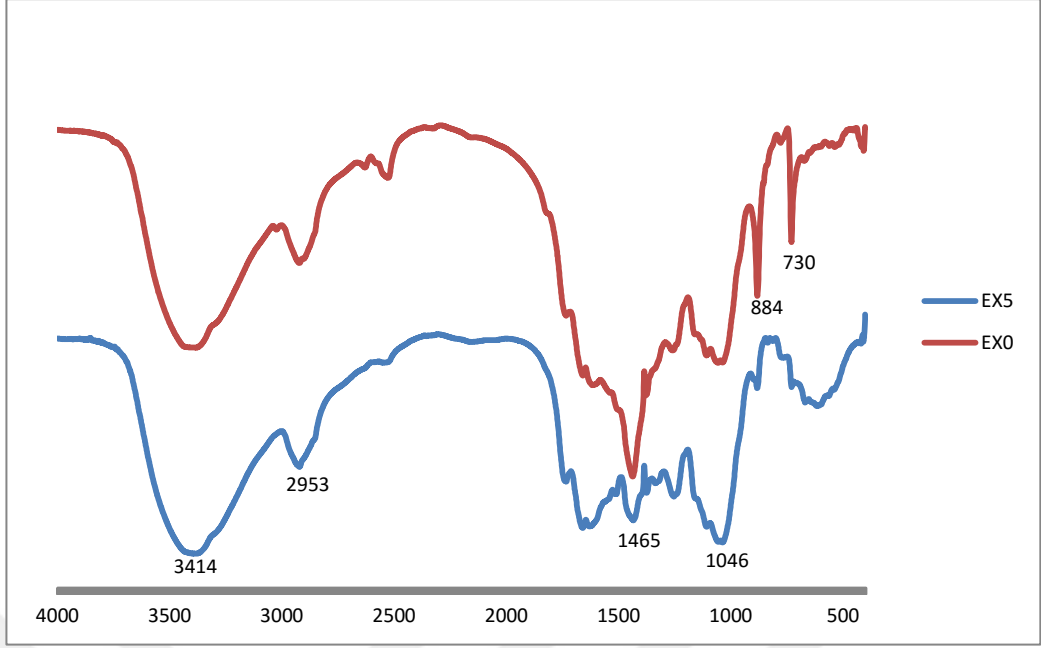
Şekil 4.2. Dolomit-Kozalak karışımı levhaların FTIR spektrumları



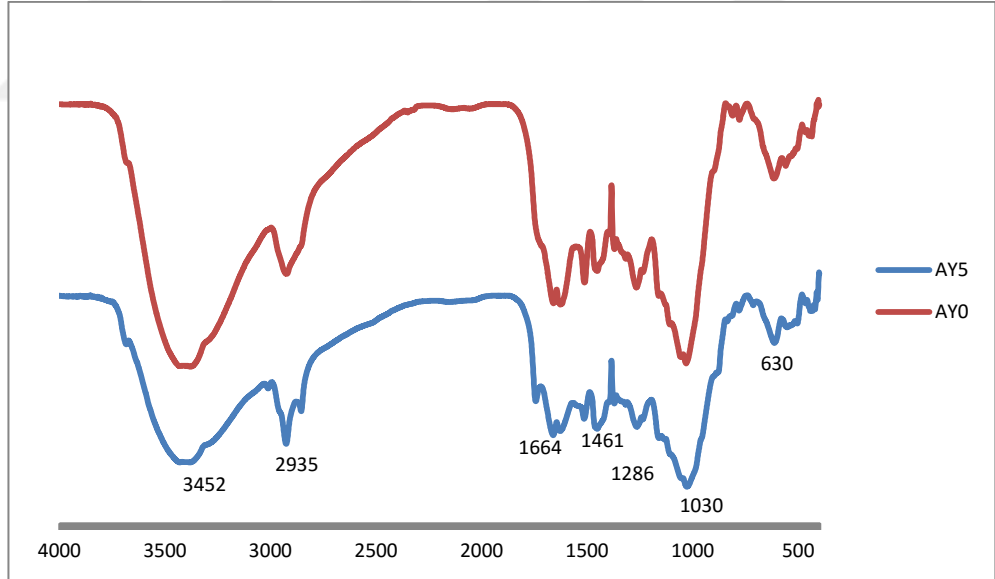
Şekil 4.3. Dolomit-Kabuk karışımı levhaların FTIR spektrumları



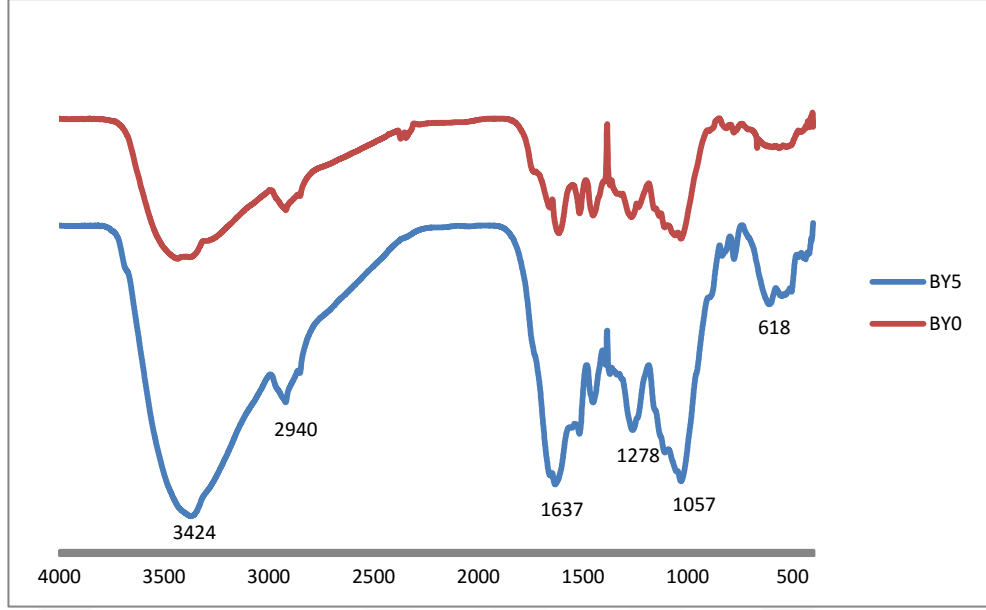
Şekil 4.4. Dolomit-Domates sapı karışımı levhaların FTIR spektrumları



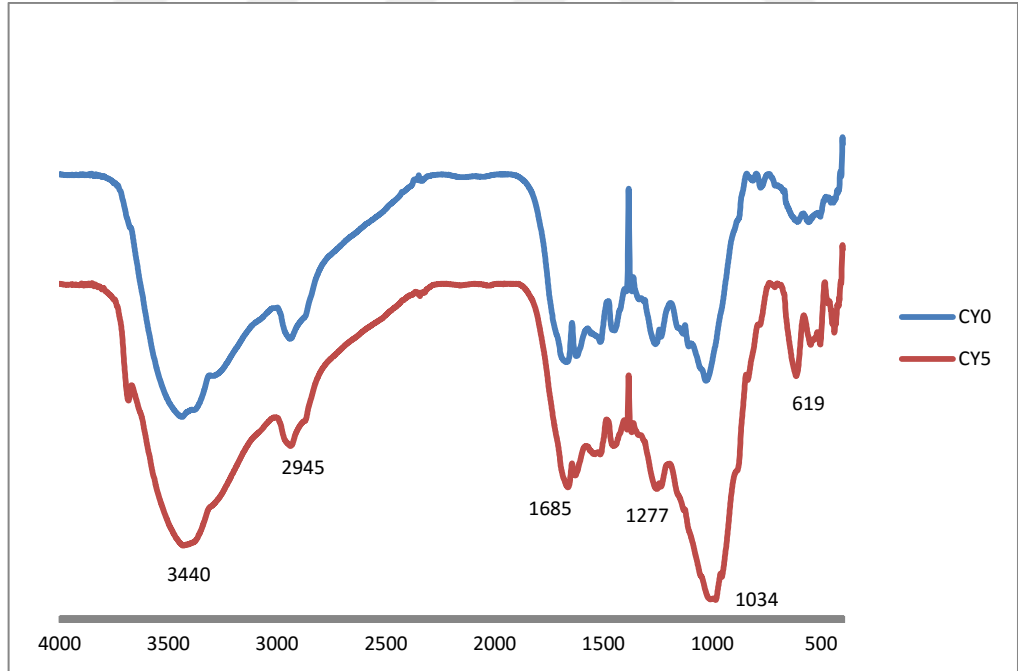
Şekil 4.5. Dolomit-Patlıcan sapı karışımı levhaların FTIR spektrumları



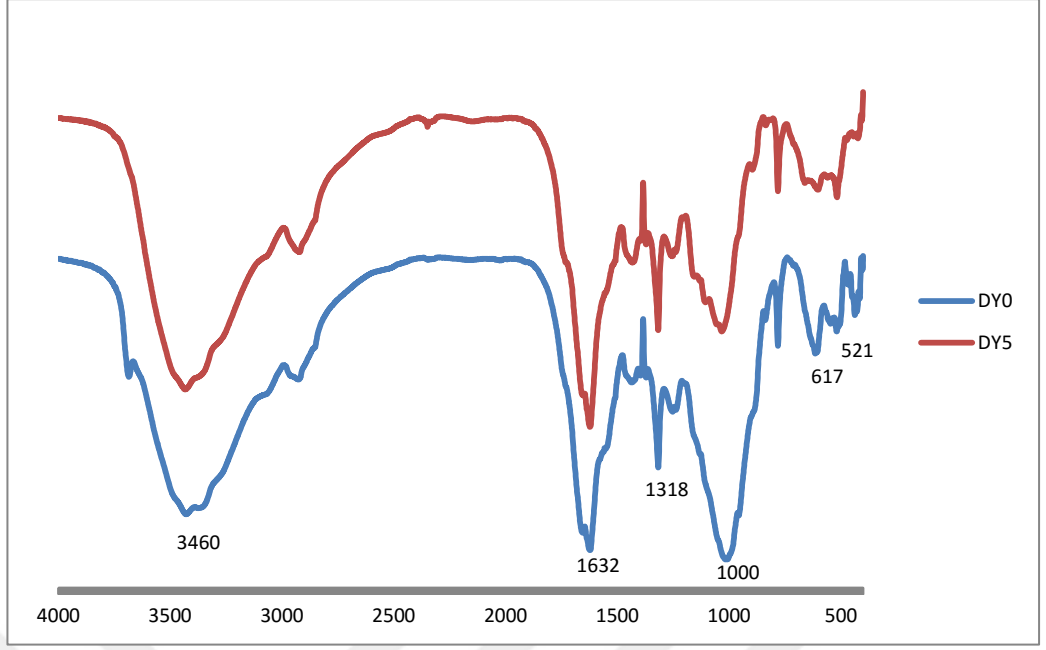
Şekil 4.6. Olivin-Kızılcām yongası karışımı levhaların FTIR spektrumları



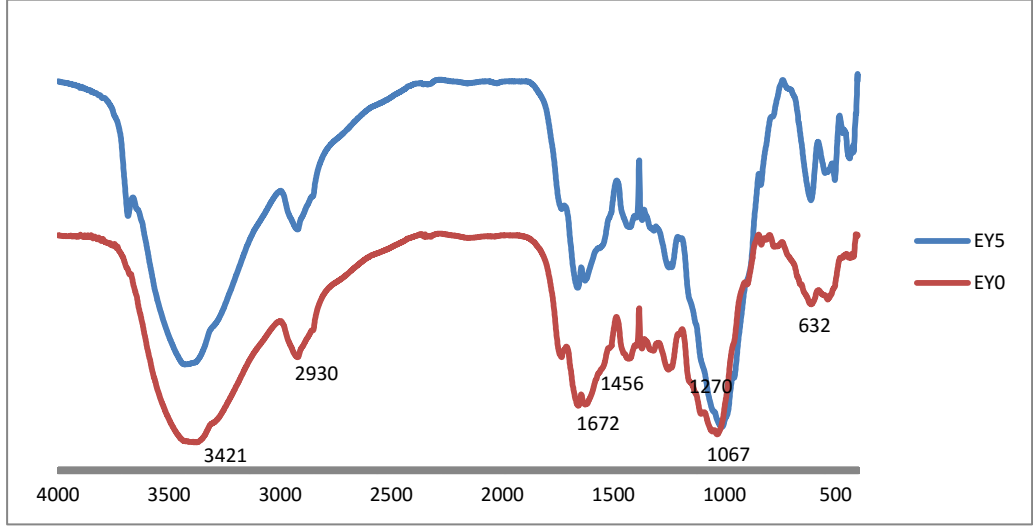
Şekil 4.7. Olivin-Kabuk karışımı levhaların FTIR spektrumları



Şekil 4.8. Olivin-Kozalak karışımı levhaların FTIR spektrumları



Şekil 4.9. Olivin-Domates sapı karışımı levhaların FTIR spektrumları



Şekil 4.10. Olivin-Patlıcan sapı karışımı levhaların FTIR spektrumları

4. 2. Kompozit Panel Levhaların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Ait Bulgular

4.2.1. Dolomit ilave edilmesiyle üretilen levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri

Çalışma kapsamında kızılçam odun, kozalak ve kabuk ile domates ve patlıcan sapı yongalarının değişik oranlarda tek başlarına ve mineral olivin ve dolomit ile birlikte karışım halinde UF tutkalı ile üretilmiş deneme levhalarının su içerisinde 2 saat ve 24 saat bekletilmesi sonucunda ağırlıklarında gözlemlenen ortalama artış değerleri (su alma) Çizelge 4 de verilmiştir.

İki saat su içinde bekletilen deney örneklerinde, en yüksek su alma değeri olarak; AX₁ tipi levhada %70,51; BX₃ tipi levhada %9,95; CX₂ tipi levhada %33,51; DX₁ tipi levhada %77,36; ve EX₀ tipi levhada %76,36 ile gözlemlenmiştir. Çizelge 4. 4. dikkatli incelendiğinde, dolomit-kabuk ve dolomit-kozalak karışımında üretilen levhaların su alma değerlerinin (B ve C tipi levhalar), diğer levha tiplerinden (A, D ve E tipi levhalar) daha düşük olduğu anlaşılmaktadır. Yani domates ve patlıcan sapı ile mineral esaslı (olivin ve dolomit) hammadde karışımlarında üretilen levhaların su alma değerleri belirgin olarak yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Hemen hemen aynı eğilim 24 saat bekletilen örneklerde de gözlemlenmiştir.

Çizelge 4. 4. Dolomit ilave edilerek üretilmiş levhaların su alma değerleri (%)

Levha Kodu	2 saat(%)	24 saat(%)
Dolomit-Odun Yongası Karışımı		
AX ₀	69,77	83,40
AX ₁	70,51	84,76
AX ₂	51,18	63,25
AX ₃	53,44	64,06
AX ₄	51,72	61,71
AX ₅	45,90	53,91
Dolomit-Kabuk Karışımı		
BX ₀	6,96	36,73
BX ₁	5,56	30,58
BX ₂	7,84	40,49
BX ₃	9,95	49,74
BX ₄	2,41	15,20
BX ₅	4,06	25,83
Dolomit-Kozalak Karışımı		
CX ₀	26,82	53,68
CX ₁	33,38	60,29
CX ₂	33,51	62,55
CX ₃	23,95	46,18
CX ₄	16,00	36,37
CX ₅	13,13	30,69
Dolomit-Domates Sap Karışımı		
DX ₀	59,92	90,00
DX ₁	77,36	98,99
DX ₂	63,25	79,93
DX ₃	48,41	62,73
DX ₄	48,99	62,70
DX ₅	48,83	63,79
Dolomit-Patlıcan Sap Karışımı		
EX ₀	76,36	110,30
EX ₁	67,81	105,05
EX ₂	61,28	88,34
EX ₃	37,46	66,55
EX ₄	75,87	106,12
EX ₅	50,22	77,07

Çizelge 4.5. de Dolomitli karışımların 24 saat su alma istatistik test sonuçları ANOVA analizi sonucuna göre belirlenmiştir. Buna göre Dolomit-Odun Yongası Karışımı (AX) F değeri 10,329 (P=0,007) olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre %99 güven düzeyi ile levha karışım oranları arasında su alma bakımından anlamlı fark

bulunmuştur. Analiz sonucu elde edilen farklı grupların belirlenmesi için Duncan Testi yapılmıştır

Duncan testine göre levha karışım oranları AX_5 , AX_4 , AX_2 , AX_3 aynı grupta AX_2 ile AX_1 ise aynı grupta yer almıştır. En düşük ortalama (53,9100) AX_5 de elde edilirken sırasıyla AX_4 , AX_2 , AX_3 , AX_0 ve AX_1 kodlu karışımların ortalamaları sıralanmıştır. En yüksek ortalama AX_1 da 84,75 olarak elde edilmiştir.

Dolomit-Kabuk Karışımı (BX) F değeri 4,105 ($P=0,058$) olarak bulunmuştur. Dolomit-Kozalak Karışımı (CX) F değeri 1,050 ($P=0,468$) olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre levha karışım oranları arasında su alma bakımından anlamlı fark bulunmamıştır.

Dolomit-Domates Karışımı (DX) F değeri 9,114 ($P=0,009$) olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre göre %99 güven düzeyi ile levha karışım oranları arasında su alma bakımından anlamlı fark bulunmuştur. Duncan testine göre levha karışım oranları DX_4 , DX_3 , DX_5 , DX_2 aynı grupta DX_2 ile DX_0 aynı grupta ve DX_0 ile DX_1 yer almıştır. En düşük ortalama (62,70) DX_4 de elde edilirken sırasıyla DX_4 , DX_3 , DX_5 , DX_2 , DX_0 ve DX_1 kodlu karışımların ortalamaları sıralanmıştır. En yüksek ortalama AX_1 da 98,99 olarak elde edilmiştir.

Dolomit-Patlıcan Karışımı (EX) F değeri 8,054 ($P=0,012$) olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre göre %95 güven düzeyi ile levha karışım oranları arasında su alma bakımından anlamlı fark bulunmuştur. Duncan testine göre levha karışım oranları EX_3 , EX_5 , EX_2 aynı grupta ve EX_2 , EX_1 , EX_4 , EX_0 aynı grupta yer almıştır. En düşük ortalama (66,54) EX_3 de elde edilirken sırasıyla EX_5 , EX_2 , EX_2 , EX_1 , EX_4 ve EX_0 kodlu karışımların ortalamaları sıralanmıştır. En yüksek ortalama EX_0 da 110,30 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.5. Dolomitli karışımların 24 saat su alma istatistik test sonuçları

Levha Kodu	Ortalamalar	F Değeri
Dolomit-Odun Yongası Karışımı		
AX ₅	53,9100 ^a	10,329**
AX ₄	61,7050 ^a	
AX ₂	63,2500 ^a	
AX ₃	64,0550 ^a	
AX ₀	83,4000 ^b	
AX ₁	84,7550 ^b	
Dolomit-Kabuk Karışımı		
BX ₄	15,2050 ^a	4,105(ns)
BX ₅	25,8300 ^a	
BX ₁	30,5800 ^a	
BX ₀	36,7250 ^a	
BX ₂	40,4950 ^a	
BX ₃	49,7350 ^a	
Dolomit-Kozalak Karışımı		
CX ₅	30,6950 ^a	1,050(ns)
CX ₄	36,3700 ^a	
CX ₃	46,1750 ^a	
CX ₀	53,6750 ^a	
CX ₁	60,2850 ^a	
CX ₂	62,5500 ^a	
Dolomit-Domates Sap Karışımı		
DX ₄	62,7000 ^a	9,114**
DX ₃	62,7300 ^a	
DX ₅	63,7950 ^a	
DX ₂	79,9250 ^{ab}	
DX ₀	90,0000 ^{bc}	
DX ₁	98,9950 ^c	
Dolomit-Patlıcan Sap Karışımı		
EX ₃	66,5450 ^a	8,054*
EX ₅	77,0700 ^a	
EX ₂	88,3400 ^{ab}	
EX ₁	105,0500 ^b	
EX ₄	106,1250 ^b	
EX ₀	110,3000 ^b	

Not: (***)%99,9 güven düzeyinde, (**)%99 güven düzeyinde, (*)%95 güven düzeyinde, (ns) istatistiksel olarak anlamsız olduğunu, (a,b,c,d,e) ise homojen grupları ifade eder.

Kızılçam odun yongası, ormansal atıklar (kızılçam kozalak ve kabuk) ile tarımsal atık (domates ve patlıcan sapı) hammaddelerin tek başlarına ve dolomit ile karışım

halinde UF tutkalı ile üretilmiş deneme levhalarından elde edilen numunelerin 2 saat ve 24 saat su içerisinde bekletilmesi sonucunda kalınlığına şişme miktarlarına ait aritmetik ortalama değerleri Çizelge 4.6. de verilmiştir.

Su içinde 24 saat sonunda en yüksek şişme miktarı; Dolomit-odun yongası karışımında üretilenlerde %29,53 ile AX₁ tipi levhalarda, Dolomit-kabuk karışımından üretilenlerde %17,95 ile BX₂ tipi levhalarda, Dolomit-kozalak karışımından üretilenlerde %21,44 ile CX₀ tipi levhalarda, Dolomit-domates sapı karışımından üretilenlerde DX₀ tipi levhalarda, Dolomit-patlıcan sapı karışımından üretilenlerde EX₀ tipi levhalarda gözlemlenmiştir. En yüksek kalınlık artım değeri sadece patlıcan saplarından üretilen levhalarda %50,59 olarak bulunmuş ve bu değer, standart değerden yaklaşık %304,5 daha yüksek olduğu anlaşılmıştır.

Genel olarak Dolomit-kozalak, Dolomit-domates sapı ve Dolomit-patlıcan sapı karışımından üretilen levhaların hepsinin kalınlık artım değerleri standart değer olan %12,5 dan daha yüksek olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca, Dolomit-odun yongası karışımında üretilenlerde sadece AX₅ tipi levhalarda (%11,3); Dolomit-kabuk karışımından üretilenlerde ise BX₀, BX₄ ve BX₅ tipi levhalarda standart değerden daha düşük kalınlık artım değeri elde edilmiştir.

Çizelge 4.6. Dolomit ilave edilerek üretilmiş levhaların su içinde kalınlık artım değerleri (%)

Levha Kodu	2 saat	24 saat	Standart değerden farkı (%)
Dolomit-Odun Yongası Karışımı			
AX ₀	19,84	26,01	108,1
AX ₁	23,38	29,53	136,2
AX ₂	17,75	23,09	84,7
AX ₃	12,54	16,83	34,7
AX ₄	10,39	13,43	7,4
AX ₅	8,81	11,33	-9,4
Dolomit-Kabuk Karışımı			
BX ₀	2,97	11,73	-6,2
BX ₁	2,23	12,94	3,5
BX ₂	4,18	17,95	43,6
BX ₃	4,93	16,92	35,4
BX ₄	0,31	5,16	-58,7
BX ₅	0,62	6,79	-45,7
Dolomit-Kozalak Karışımı			
CX ₀	11,07	21,44	71,6
CX ₁	9,33	20,15	61,2
CX ₂	6,40	15,93	27,4
CX ₃	5,78	13,51	8,1
CX ₄	6,24	16,61	32,9
CX ₅	3,85	13,66	9,3
Dolomit-Domates Sap Karışımı			
DX ₀	25,69	37,90	203,2
DX ₁	25,83	32,00	156,0
DX ₂	24,20	30,49	143,9
DX ₃	22,64	27,48	119,8
DX ₄	18,95	23,85	90,8
DX ₅	20,84	26,51	112,1
Dolomit-Patlıcan Sap Karışımı			
EX ₀	26,18	50,59	304,5
EX ₁	19,37	36,60	192,8
EX ₂	25,65	39,61	216,9
EX ₃	10,21	23,23	85,8
EX ₄	11,48	14,86	18,9
EX ₅	10,53	14,71	17,7
EN 312-6 ya göre (24 saat - genel kullanım) en fazla		12,5	-

Çizelge 4.7. de Dolomitli karışımların 24 saat kalınlık artımı istatistik test sonuçları ANOVA analizi sonucuna göre belirlenmiştir. Buna göre Dolomit-Odun Yongası Karışımı (AX) F değeri 3,844 (P=0,066) olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre levha karışım oranları arasında kalınlık artımı bakımından anlamlı fark bulunmamıştır.

Dolomit-Kabuk Karışımı (BX) F değeri 4,296 (P=0,052) olarak bulunmuştur. Dolomit-Kozalak Karışımı (CX) F değeri 0,686 (P=0,652) olarak bulunmuştur. Dolomit-Domates Karışımı (DX) F değeri 2,377 (P=0,161) olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre levha karışım oranları arasında kalınlık artımı bakımından anlamlı fark bulunmamıştır.

Dolomit-Patlıcan Karışımı (EX) F değeri 38,034 (P=0,000) olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre göre %99,9 güven düzeyi ile levha karışım oranları arasında kalınlık artımı bakımından anlamlı fark bulunmuştur. Duncan testine göre levha karışım oranları EX₅, EX₄ aynı grupta EX₃ ayrı ve EX₁, EX₀, EX₂ ise aynı grupta yer almıştır. En düşük ortalama (14,70) EX₅ de elde edilirken sırasıyla EX₅, EX₄, EX₃, EX₁, EX₀ ve EX₂ kodlu karışımların ortalamaları sıralanmıştır. En yüksek ortalama EX₂ da 39,61 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.7. Dolomitli karışımların 24 saat kalınlık artımı istatistik test sonuçları

Levha Kodu	Ortalamalar	F Değeri
Dolomit-Odun Yongası Karışımı		
AX ₅	11,3350 ^a	3,844(ns)
AX ₄	13,4250 ^a	
AX ₃	16,8250 ^a	
AX ₂	23,0950 ^a	
AX ₀	26,0100 ^a	
AX ₁	29,5300 ^a	
Dolomit-Kabuk Karışımı		
BX ₄	5,1550 ^a	4,296(ns)
BX ₅	6,7850 ^a	
BX ₀	11,7250 ^a	
BX ₁	12,9450 ^a	
BX ₃	16,9250 ^a	
BX ₂	17,9450 ^a	
Dolomit-Kozalak Karışımı		
CX ₃	13,5100 ^a	0,686(ns)
CX ₅	13,6600 ^a	
CX ₂	15,9250 ^a	
CX ₄	16,6100 ^a	
CX ₁	20,1500 ^a	
CX ₀	21,4400 ^a	
Dolomit-Domates Sap Karışımı		
DX ₄	23,8500 ^a	2,377(ns)
DX ₅	26,5100 ^a	
DX ₃	27,4850 ^a	
DX ₂	30,4900 ^a	
DX ₁	31,9950 ^a	
DX ₀	37,9000 ^a	
Dolomit-Patlıcan Sap Karışımı		
EX ₅	14,7050 ^a	38,034***
EX ₄	14,8650 ^a	
EX ₃	23,2250 ^b	
EX ₁	36,6000 ^c	
EX ₀	38,8200 ^c	
EX ₂	39,6100 ^c	

Not: (***)%99,9 güven düzeyinde, (ns) istatistiksel olarak anlamsız olduğunu, (a,b,c,d,e) ise homojen grupları ifade eder.

Lignoselülozik hammaddelerin (Kızılçam odun, kozalak, kabuk, domates ve patlıcan sapı) tek başlarına ve dolomit ile karışım halinde UF tutkalı ile üretilmiş deneme levhalarından elde edilen numunelerin yüzeye dik çekme (IB) direnç ortalama değerleri Çizelge 4.8 da verilmiştir.

Dolomit-odun yongası karışımında üretilen levhalarda en yüksek direnç 0,99 N/mm² ile AX₁ tipi levhalarda, dolomit-kabuk karışımından üretilen levhalarda en yüksek direnç 0,72 N/mm² ile BX₅ tipi levhalarda, dolomit-kozalak karışımından üretilen levhalarda en yüksek direnç 0,97 N/mm² ile CX₂ tipi levhalarda, dolomit-domates sapı karışımından üretilen levhalarda en yüksek direnç 0,81 N/mm² ile DX₃ tipi levhalarda, dolomit-patlıcan sapı karışımından üretilen levhalarda en yüksek direnç 0,40 N/mm² ile EX₃ tipi levhalarda gözlemlenmiştir.

Genel olarak EX₀ levha tipi hariç, (0.22 N/mm²) diğer tüm levhaların, standart değer olan 0.28 N/mm² den daha yüksek yüzeye dik çekme direncine (IB) sahip olduğu anlaşılmıştır. En yüksek yüzeye dik çekme direnci ise; CX₂ tipi levhada (%20 dolomit; %80 kozalak karışımı) 0,97 N/mm² olarak hesaplanmıştır. Bu değer standart değerden yaklaşık %246,4 daha yüksek olduğu anlaşılmıştır.

Çizelge4. 8. Dolomit ilave edilerek üretilmiş levhaların çekme direnç değerleri

Levha Kodu	Yüzey Ağırlığı (Kg/m ²)	Kuvvet (N)	Yüze Dik Çekme Direnci (IB; N/mm ²)	Standart değerden farkı (%)
Dolomit-Odun Yongası Karışımı				
AX ₀	8,19	2450,0	0,87	225,0
AX ₁	8,59	2558,0	0,99	253,6
AX ₂	9,27	1960,8	0,76	171,4
AX ₃	8,35	1311,5	0,51	82,1
AX ₄	8,01	1264,3	0,49	75,0
AX ₅	7,97	1158,6	0,45	60,7
Dolomit-Kabuk Karışımı				
BX ₀	7,30	1003,5	0,39	39,3
BX ₁	8,09	1262,3	0,50	78,6
BX ₂	7,76	1470,0	0,58	107,1
BX ₃	8,32	1432,0	0,57	103,6
BX ₄	7,36	1482,0	0,59	110,7
BX ₅	7,05	1813,5	0,72	157,1
Dolomit-Kozalak Karışımı				
CX ₀	7,64	2234,3	0,90	221,4
CX ₁	7,40	2127,0	0,84	200,0
CX ₂	7,36	2484,0	0,97	246,4
CX ₃	7,13	1829,5	0,72	157,1
CX ₄	8,16	2214,0	0,87	210,7
CX ₅	7,96	1470,8	0,70	150,0
Dolomit-Domates Sap Karışımı				
DX ₀	7,89	901,8	0,35	25,0
DX ₁	7,30	1904,3	0,73	160,7
DX ₂	7,40	1528,3	0,58	107,1
DX ₃	7,68	2130,3	0,81	189,3
DX ₄	7,93	2089,0	0,80	185,7
DX ₅	7,21	1261,3	0,53	89,3
Dolomit-Patlıcan Sap Karışımı				
EX ₀	7,14	554,5	0,22	-21,4
EX ₁	7,45	766,0	0,29	3,6
EX ₂	7,23	784,0	0,30	7,1
EX ₃	8,12	1043,5	0,40	42,9
EX ₄	7,23	875,5	0,34	21,4
EX ₅	8,05	987,5	0,38	35,7
EN 312' ya göre, Tip P1 levhalar için en az			0,28	

Çizelge 4.9 de Dolomitli karışımların yüzeye dik çekme direnci istatistik test sonuçları ANOVA analizi sonucuna göre belirlenmiştir. Buna göre Dolomit-Odun Yongası Karışımı (AX) F değeri 11,237 (P=0,000) olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre %99,9 güven düzeyi ile levha karışım oranları arasında yüzeye dik çekme direnci bakımından anlamlı fark bulunmuştur. Duncan testine göre levha karışım oranları AX₄, AX₅, AX₃ aynı grupta ve AX₂, AX₀, AX₁ ise aynı grupta yer almıştır. En düşük ortalama (0,4175) AX₄ de elde edilirken sırasıyla AX₄, AX₅, AX₃, AX₂, AX₀, AX₁ kodlu karışımların ortalamaları sıralanmıştır. En yüksek ortalama AX₁ da 0,95 olarak elde edilmiştir.

Dolomit-Kabuk Karışımı (BX) F değeri 1,698 (P=0,186) olarak bulunmuştur. Dolomit-Kozalak Karışımı (CX) F değeri 1,634 (P=0,202) olarak bulunmuştur.

Dolomit-Domates Sapı Karışımı (DX) F değeri 7,862 (P=0,000) olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre %99,9 güven düzeyi ile levha karışım oranları arasında yüzeye dik çekme direnci bakımından anlamlı fark bulunmuştur. Duncan testine göre levha karışım oranları (DX₀, DX₅), (DX₅, DX₂), (DX₂, DX₁, DX₄), (DX₁, DX₄, DX₃) aynı grupta yer almıştır. En düşük ortalama (0,3450) DX₀ de elde edilirken sırasıyla DX₀, DX₅, DX₂, DX₁, DX₄, DX₃ kodlu karışımların ortalamaları sıralanmıştır. En yüksek ortalama DX₃ da 0,72 olarak elde edilmiştir.

Dolomit-Patlıcan Karışımı (EX) F değeri 5,046 (P=0,004) olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre %99 güven düzeyi ile levha karışım oranları arasında yüzeye dik çekme direnci bakımından anlamlı fark bulunmuştur. Duncan testine göre levha karışım oranları (EX₀, EX₁, EX₄, EX₂), (EX₁, EX₄, EX₂, EX₅) ve (EX₅, EX₃) aynı grupta yer almıştır. En düşük ortalama (0,2140) EX₀ de elde edilirken sırasıyla EX₀, EX₁, EX₄, EX₂, EX₅ ve EX₃ kodlu karışımların ortalamaları sıralanmıştır. En yüksek ortalama EX₃ da 0,40 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.9. Dolomitli karışımların yüzeye dik çekme direnci istatistik test sonuçları

Levha Kodu	Ortalamalar	F Değeri
Dolomit-Odun Yongası Karışımı		
AX ₄	0,4175 ^a	11,237***
AX ₅	0,4480 ^a	
AX ₃	0,4620 ^a	
AX ₂	0,7600 ^b	
AX ₀	0,7883 ^b	
AX ₁	0,9550 ^b	
Dolomit-Kabuk Karışımı		
BX ₀	0,3900 ^a	1,698(ns)
BX ₁	0,4975 ^a	
BX ₅	0,5400 ^a	
BX ₄	0,5450 ^a	
BX ₃	0,5675 ^a	
BX ₂	0,5775 ^a	
Dolomit-Kozalak Karışımı		
CX ₃	0,5675 ^a	1,634(ns)
CX ₅	0,5800 ^a	
CX ₁	0,7000 ^a	
CX ₀	0,7275 ^a	
CX ₄	0,8700 ^a	
CX ₂	0,9725 ^a	
Dolomit-Domates Sap Karışımı		
DX ₀	0,3450 ^a	7,862***
DX ₅	0,4825 ^{ab}	
DX ₂	0,5825 ^{bc}	
DX ₁	0,7250 ^{cd}	
DX ₄	0,7525 ^{cd}	
DX ₃	0,8100 ^d	
Dolomit-Patlıcan Sap Karışımı		
EX ₀	0,2140 ^a	5,046**
EX ₁	0,2380 ^{ab}	
EX ₄	0,2600 ^{ab}	
EX ₂	0,3025 ^{ab}	
EX ₅	0,3325 ^{bc}	
EX ₃	0,4000 ^c	

Not: (***)%99,9 güven düzeyinde, (**) %99 güven düzeyinde, (ns) istatistiksel olarak anlamsız olduğunu, (a,b,c,d,e) ise homojen grupları ifade eder.

Deneme levhalarından elde edilen numunelerin Eğilme Direnç (MOR) ve Eğilmede Elastikiyet Modül (MOE) ortalama değerleri Çizelge 4.10. de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Eğilme direnç değerleri incelendiğinde, sadece %100 odun yongasından üretilmiş levhada (AX₀) standart değer olan 12,5 N/mm² den daha yüksek direnç değeri (12,75 N/mm²) elde edilmiş, diğer tüm levha tiplerinde ise standart değer altında olduğu hesaplanmıştır. En düşük eğilme direnç değeri 1,23 N/mm² olarak BX₅ tipi levhalarda (%50-50, dolomit/kabuk karışımı) bulunmuş ve bu değer, standart değerden yaklaşık %90,2 daha düşüktür.

Benzer eğilim, levhaların MOE özelliklerinde de gözlemlenmiştir. Genel olarak AX₀ ve AX₁ levha tipleri hariç, diğer tüm levhaların MOE değerlerinin, standart değer olan 1600 N/mm² den daha düşük olduğu anlaşılmıştır. En düşük MOE değeri BX₂ tipi levhada (%20-80, dolomit/kabuk karışımı) 449,4 N/mm² olarak hesaplanmıştır. Bu değer standart değerden yaklaşık %71,9 daha düşük olduğu anlaşılmıştır.

Çizelge 4.10. Dolomit ilave edilerek üretilmiş levhaların Eğilme Direnç (MOR) ve Eğilmeye Elastikiyet Modül (MOE) değerleri

Levha Kodu	MOR (N/mm ²)	Standart değerden farkı (%)	MOE (N/mm ²)	Standart değerden farkı (%)
Dolomit-Odun Yongası Karışımı				
AX ₀	12,75	2,0	2245,2	40,3
AX ₁	11,21	-10,3	1760,1	10,0
AX ₂	10,56	-15,5	1429,9	-10,9
AX ₃	8,18	-34,6	1099,8	-31,3
AX ₄	6,41	-48,7	1025,6	-35,9
AX ₅	4,89	-60,9	731,8	-54,3
Dolomit-Kabuk Karışımı				
BX ₀	3,63	-70,9	1129,3	-29,4
BX ₁	4,42	-64,6	740,3	-53,8
BX ₂	2,37	-81,1	449,4	-71,9
BX ₃	3,26	-73,9	609,4	-61,9
BX ₄	1,76	-85,9	812,6	49,2
BX ₅	1,23	-90,2	503,1	-68,6
Dolomit-Kozalak Karışımı				
CX ₀	6,59	-47,3	820,1	-48,7
CX ₁	4,94	-60,5	601,7	-62,4
CX ₂	3,76	-69,9	525,1	-67,2
CX ₃	1,92	-84,6	471,1	-70,6
CX ₄	1,92	-84,6	623,9	-61,1
CX ₅	2,27	-81,8	603,6	60,0
Dolomit-Domates Sap Karışımı				
DX ₀	8,46	-32,3	1367,9	-14,6
DX ₁	8,51	-68,1	835,3	-47,8
DX ₂	6,69	-46,5	693,5	-56,7
DX ₃	6,21	-50,3	694,7	-56,6
DX ₄	4,88	-61,6	689,9	-56,9
DX ₅	3,23	-74,2	1056,1	-34,0
Dolomit-Patlıcan Sap Karışımı				
EX ₀	3,38	-72,9	486,34	-69,6
EX ₁	5,95	-52,4	660,14	-58,7
EX ₂	6,67	-46,6	1212,36	-24,2
EX ₃	7,02	-44,4	915,66	-42,8
EX ₄	4,10	-67,2	655,43	-59,1
EX ₅	4,81	-61,5	1242,69	-22,3
EN 312' ya göre, Tip P1 levhalar için en az	12.5		1600	

Çizelge 4.11. de Dolomitli karışımların eğilme direnci istatistik test sonuçları ANOVA analizi sonucuna göre belirlenmiştir. Buna göre Dolomit-Odun Yongası Karışımı (AX) F değeri 126,127 (P=0,000) olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre %99,9 güven düzeyi ile levha karışım oranları arasında yüzeye dik çekme direnci bakımından anlamlı fark bulunmuştur. Duncan testine göre levha karışım oranları AX₅, AX₄, AX₃, AX₀ farklı gruplarda ve AX₂, AX₁ ise aynı grupta yer almıştır. En düşük ortalama (4,88) AX₅ de elde edilirken sırasıyla AX₄, AX₃, AX₂, AX₁, AX₀ kodlu karışımların ortalamaları sıralanmıştır. En yüksek ortalama AX₀ da 13,29 olarak elde edilmiştir.

Dolomit-Kabuk Karışımı (BX) F değeri 4,687 (P=0,004) olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre %99 güven düzeyi ile levha karışım oranları arasında yüzeye dik çekme direnci bakımından anlamlı fark bulunmuştur. Duncan testine göre levha karışım oranları BX₅, BX₄ birinci grupta BX₄ ve BX₃ ikinci grupta BX₃, BX₂, BX₁ ve BX₀ üçüncü grupta yer almıştır. En düşük ortalama BX₅ de elde edilirken sırasıyla BX₄, BX₃, BX₂, BX₁ ve BX₀ kodlu karışımların ortalamaları sıralanmıştır. En düşük ortalama BX₅ de 1,23, en yüksek ortalama BX₁ da 4,42 olarak elde edilmiştir.

Dolomit-Kozalak Karışımı (CX) F değeri 17,755 (P=0,000) alınmıştır. Bu sonuca göre %99,9 güven düzeyi ile levha karışım oranları arasında eğilme direnci bakımından anlamlı fark bulunmuştur. Duncan testine göre levha karışım oranları CX₄, CX₃ ve CX₅ birinci grupta CX₁ ve CX₂ ikinci grupta CX₀ ise ayrı grupta yer almıştır. En düşük ortalama CX₄ de elde edilirken sırasıyla CX₃, CX₅, CX₂, CX₁ ve CX₀ kodlu karışımların ortalamaları sıralanmıştır. En düşük ortalama CX₄ de 1,91, en yüksek ortalama CX₀ da 6,59 olarak elde edilmiştir.

Dolomit-Domates Sap Karışımı (DX) F değeri 7,216 (P=0,000) alınmıştır. Bu sonuca göre %99,9 güven düzeyi ile levha karışım oranları arasında eğilme direnci bakımından anlamlı fark bulunmuştur. Duncan testine göre levha karışım oranları DX₅ ile DX₄ birinci grupta DX₄, DX₃ ve DX₂ ikinci grupta DX₃, DX₂, DX₁ ve DX₀ üçüncü grupta yer almıştır. En düşük ortalama DX₅ de elde edilirken sırasıyla DX₄, DX₃, DX₂, DX₁ ve DX₀ kodlu karışımların ortalamaları sıralanmıştır. En düşük ortalama DX₅ de 3,23, en yüksek ortalama DX₁ da 8,51 olarak elde edilmiştir.

Dolomit-Patlıcan Sap Karışımı F değeri 4,998 ($P=0,003$) alınmıştır. Bu sonuca göre %99 güven düzeyi ile levha karışım oranları arasında eğilme direnci bakımından anlamlı fark bulunmuştur. Duncan testine göre levha karışım oranları EX_0 , EX_4 ve EX_5 birinci grupta EX_4 , EX_5 ve EX_1 ikinci grupta EX_5 , EX_1 ve EX_2 üçüncü grupta EX_1 , EX_2 ve EX_3 dördüncü grupta yer almıştır. En düşük ortalama EX_0 de elde edilirken sırasıyla EX_4 , EX_5 , EX_1 , EX_2 ve EX_3 kodlu karışımların ortalamaları sıralanmıştır. En düşük ortalama EX_0 de 3,38 en yüksek ortalama EX_3 da 7,02 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.12. de Dolomitli karışımların elastikiyet modülü istatistik test sonuçları ANOVA analizi sonucuna göre belirlenmiştir. Buna göre Dolomit-Odun Yongası Karışımı (AX) F değeri 9,837 ($P=0,000$) olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre %99,9 güven düzeyi ile levha karışım oranları arasında elastikiyet modülü bakımından anlamlı fark bulunmuştur. Duncan testine göre levha karışım oranları AX_5 AX_4 AX_3 AX_2 AX_1 aynı grupta ve AX_0 ise ayrı grupta yer almıştır. En düşük ortalama (731,78) AX_5 de elde edilirken sırasıyla AX_4 , AX_3 , AX_2 , AX_1 , AX_0 kodlu karışımların ortalamaları sıralanmıştır. En yüksek ortalama AX_0 da 5282,32 olarak elde edilmiştir.

Dolomit-Kabuk Karışımı (BX) F değeri 1,290 ($P=0,301$) olarak bulunmuştur. Dolomit-Kozalak Karışımı (CX) F değeri 2,411 ($P=0,066$) olarak bulunmuştur. Dolomit-Domates Karışımı (DX) F değeri 0,889 ($P=0,504$) olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre levha karışım oranları arasında kalınlık artımı bakımından anlamlı fark bulunmamıştır.

Dolomit-Patlıcan Sap Karışımı F değeri 5,542 ($P=0,002$) alınmıştır. Bu sonuca göre %99 güven düzeyi ile levha karışım oranları arasında eğilme direnci bakımından anlamlı fark bulunmuştur. Duncan testine göre levha karışım oranları EX_0 , EX_4 ve EX_1 birinci grupta EX_4 , EX_1 ve EX_3 ikinci grupta EX_3 , EX_2 ve EX_5 üçüncü grupta yer almıştır. En düşük ortalama EX_0 de elde edilirken sırasıyla EX_4 , EX_5 , EX_1 , EX_2 ve EX_3 kodlu karışımların ortalamaları sıralanmıştır. En düşük ortalama EX_0 de 486,34 en yüksek ortalama EX_5 da 1242,69 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.11. Dolomitli karışımların eğilme direnci istatistik test sonuçları

Levha Kodu	Ortalamalar	F Değeri
Dolomit-Odun Yongası Karışımı		
AX ₅	4,8812 ^a	126,127***
AX ₄	6,4060 ^b	
AX ₃	8,1790 ^c	
AX ₂	10,5720 ^d	
AX ₁	11,1900 ^d	
AX ₀	13,2960 ^e	
Dolomit-Kabuk Karışımı		
BX ₅	1,2336 ^a	4,687**
BX ₄	1,7651 ^{ab}	
BX ₃	3,2645 ^{bc}	
BX ₀	3,6299 ^c	
BX ₂	4,1968 ^c	
BX ₁	4,4249 ^c	
Dolomit-Kozalak Karışımı		
CX ₄	1,9157 ^a	17,755***
CX ₃	1,9268 ^a	
CX ₅	2,2169 ^a	
CX ₂	3,7628 ^b	
CX ₁	4,9432 ^b	
CX ₀	6,5975 ^c	
Dolomit-Domates Sap Karışımı		
DX ₅	3,2302 ^a	7,216 ***
DX ₄	4,8851 ^{ab}	
DX ₃	6,2072 ^{bc}	
DX ₂	6,6972 ^{bc}	
DX ₀	8,4557 ^c	
DX ₁	8,5111 ^c	
Dolomit-Patlıcan Sap Karışımı		
EX ₀	3,3827 ^a	4,998**
EX ₄	4,1060 ^{ab}	
EX ₅	4,8192 ^{abc}	
EX ₁	5,9538 ^{bcd}	
EX ₂	6,6729 ^{cd}	
EX ₃	7,0272 ^d	

Not: (***)%99,9 güven düzeyinde, (**) %99 güven düzeyinde, (*)%95 güven düzeyinde, (ns) istatistiksel olarak anlamsız olduğunu, (a,b,c,d,e) ise homojen grupları ifade eder.

Çizelge 4.12. Dolomitli karışımların elastikiyet modülü istatistik test sonuçları

Levha Kodu	Ortalamalar	F Değeri
Dolomit-Odun Yongası Karışımı		
AX ₅	731,7810 ^a	9,837***
AX ₄	1025,6211 ^a	
AX ₃	1099,8118 ^a	
AX ₂	1429,9300 ^a	
AX ₁	1760,0600 ^a	
AX ₀	5282,3200 ^b	
Dolomit-Kabuk Karışımı		
BX ₂	449,4385 ^a	1,290 ^(ns)
BX ₅	503,0458 ^a	
BX ₃	609,4463 ^a	
BX ₁	740,3342 ^a	
BX ₄	812,6287 ^a	
BX ₀	1129,2482 ^a	
Dolomit-Kozalak Karışımı		
CX ₃	471,0487 ^a	2,411 ^(ns)
CX ₂	525,0335 ^a	
CX ₁	601,7251 ^a	
CX ₄	623,8515 ^a	
CX ₀	820,0589 ^a	
CX ₅	1303,6450 ^a	
Dolomit-Domates Sap Karışımı		
DX ₄	689,9668 ^a	0,889 ^(ns)
DX ₂	693,5007 ^a	
DX ₃	694,7420 ^a	
DX ₁	835,3076 ^a	
DX ₅	1056,0918 ^a	
DX ₀	1367,8630 ^a	
Dolomit-Patlıcan Sap Karışımı		
EX ₀	486,3470 ^a	5,542**
EX ₄	655,4351 ^{ab}	
EX ₁	660,1405 ^{ab}	
EX ₃	915,6638 ^{bc}	
EX ₂	1212,3674 ^c	
EX ₅	1242,6994 ^c	

Not: (***)%99,9 güven düzeyinde, (**)%99 güven düzeyinde, (*)%95 güven düzeyinde, (ns) istatistiksel olarak anlamsız olduğunu, (a,b,c,d,e) ise homojen grupları ifade eder.

Bilindiđi gibi, ısı bir enerjidir ve farklı sıcaklıklara sahip mekanlarda sıcaklığın yüksek olduğu taraftan dűşűk olduğu tarafa doğru akma meylinindedir. Isı bu akış esnasında mekanlar arasından geçerken malzemelerin ısı iletkenlik katsayılarına bağlı olarak bir dirençle karşılaşır. Genel anlamda bu direnç ısı yalıtımı olarak ifade edilir. Uluslararası standartlara gűre malzemeler ısı iletim katsayısı (λ) <0,065 W/mK ise yalıtım malzemesi olarak değerlendirilir.

Dolomit ilave edilmesiyle űretilen deneme levhaların ısı iletim katsayıları űlűlműřtűr ve elde edilen sonuçlar karřılařtırmalı olarak izelge 4.13. de gűsterilmiřtir. Bűylece, levhaların űretimi esnasında takviye olarak katılan mineral dolomit ve olivin materyalin hangisinin ne derecede etkili olduđu belirlenmiřtir. Genel olarak tűm deneme levhaların ısı iletim katsayıları, yalıtım malzemeleri için standart deđerden (λ : 0.065 W/mK) daha yűksek bulunmuřtur. Bu durum açık olarak űrettiđimiz levhaların ısı yalıtım malzeme sınıfında olmadıđını gűstermesi bakımından önemlidir.

En dűřűk ısı iletim katsayıları sırasıyla; odun yongası-dolomit karıřımında AX₅ tipi levhada (λ : 0.2901 W/mK), dolomit-kabuk yongası karıřımında BX₁ tipi levhada (λ : 0.2504 W/mK), dolomit-kozalak karıřımında CX₅ tipi levhada (λ : 0.3205 W/mK), dolomit-domates sapı karıřımında DX₁ tipi levhada (λ : 0.3376 W/mK) ve dolomit-patlıcan sapı karıřımında EX₁ tipi levhada (λ : 0.3591 W/mK) olarak űlűlműřtűr.

Çizelge 4.13. Dolomit ilave edilerek üretilmiş levhaların Isı iletim özellikleri

Levha Kodu	Isı iletim katsayısı (λ ; W/mK)
Dolomit-Odun yongası karışımı	
AX ₀	0,3784
AX ₁	0,2645
AX ₂	0,3115
AX ₃	0,2880
AX ₄	0,3285
AX ₅	0,2901
Dolomit-kabuk karışımı	
BX ₀	0,3912
BX ₁	0,2504
BX ₂	0,3029
BX ₃	0,2845
BX ₄	0,3844
BX ₅	0,2840
Dolomit-Kozalak karışımı	
CX ₀	0,4412
CX ₁	0,4362
CX ₂	0,3421
CX ₃	0,3312
CX ₄	0,3321
CX ₅	0,3205
Dolomit-Domates sapı karışımı	
DX ₀	0,4610
DX ₁	0,3376
DX ₂	0,4085
DX ₃	0,4712
DX ₄	0,4081
DX ₅	0,4685
Dolomit-Patlıcan Sapı karışımı	
EX ₀	0,4485
EX ₁	0,3591
EX ₂	0,4119
EX ₃	0,4029
EX ₄	0,4172
EX ₅	0,4063
ISO ve CEN Standartlarına göre	< 0.065 ise "ısı yalıtım malzemesi"

Şekil 4.11. de, TS EN-ISO 11925-2 standardına göre, tek alev kaynağıyla yapılan yanma deneyleri sonucunda levhaların yüzeylerinde oluşan şeklin (alev yayılma

özelliği) karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Şekil 4.11. dikkatlice incelendiğinde, dolomit ilavesiyle üretilmiş tüm numunelerin, yüzeyindeki yanma şeklinin, 150 mm eşik sınırına ulaşmadığı gözlemlenmiştir. Bu eşik sınıra en yakın özelliğin ise %100 odun yongasından (AX_0) üretilen levhada olduğu anlaşılmıştır. Karışıma dolomit ilave edilmesinin malzemenin yüzeyindeki yanma durumunu belli seviyede iyileştirildiği önerilebilir.



Şekil 4.11. Dolomit ilavesiyle üretilmiş ve tek alev kaynağına maruz kalmış levhaların davranışı

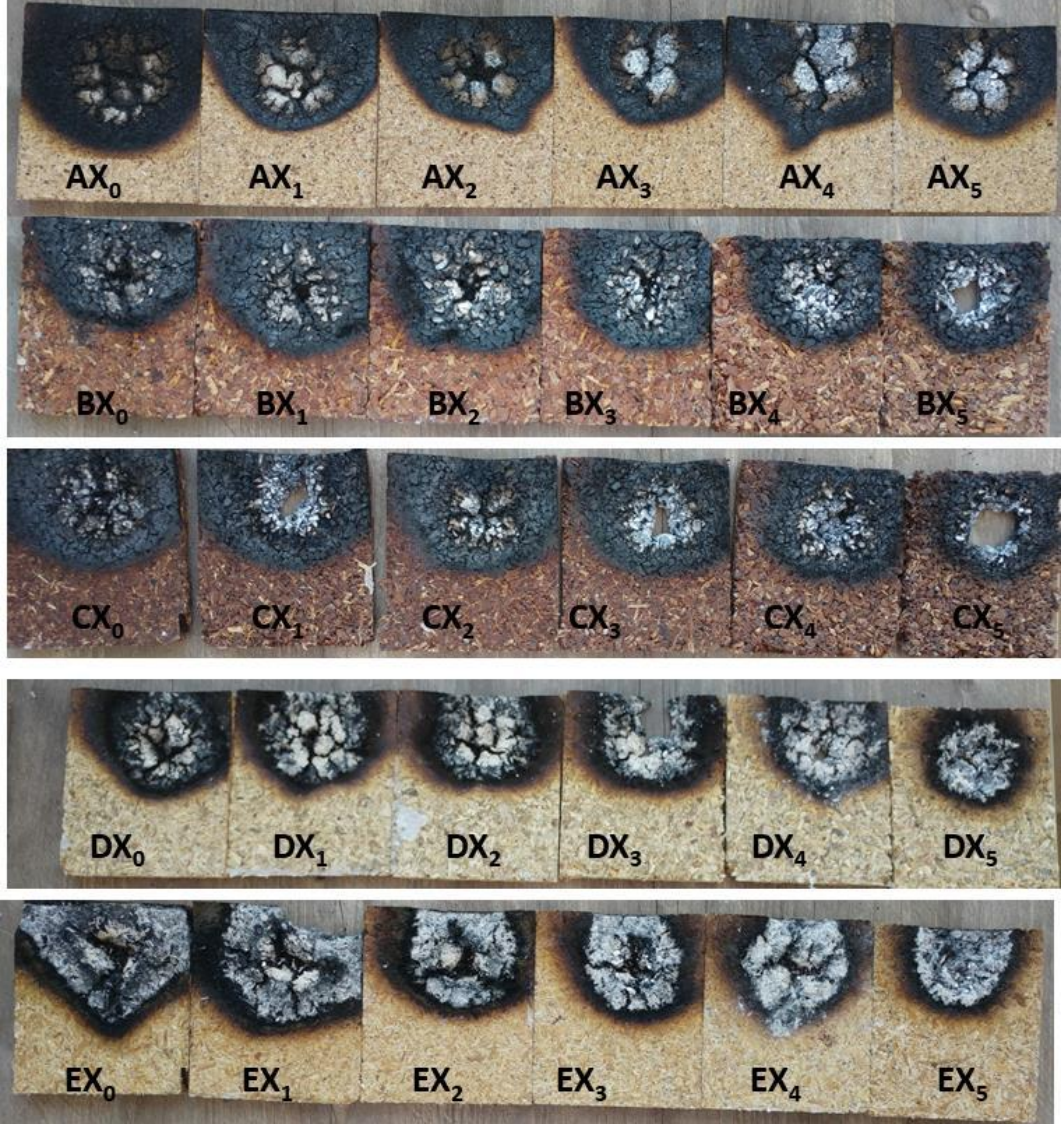
Tek alev kaynağıyla yapılan yanma deneyleri sonucunda, 300 saniye süreyle levhaların 30 saniye aralıklı olarak levha yüzeyinin arka yüzüne geçen sıcaklık değerleri DIN 4102 standardına göre elde edilen değerler ısı yalıtım değeri olarak ve toplam kütle kaybı olarak Çizelge 4.14. da karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Genel olarak, düşük oranda odun yongası/dolomit ve kabuk/dolomit (90:10 ağırlık/ağırlık) karışımından üretilen AX₁ ve BX₁ tipi levhalarda, sırasıyla en düşük sıcaklık değeri olan 150,1 °C ve 113,2 °C gözlemlenmiş, diğer levha tiplerinde ise; dolomit-kozalak karışımından üretilen levhalarda en düşük sıcaklık değeri, 143,5 °C olarak CX₀ tipi levhalarda (%100 kozalak), 101,7 °C olarak DX₀ tipi levhalarda (%100 domates), 97,6 °C olarak EX₀ tipi levhalarda (%100 patlıcan) gözlemlenmiştir. Çizelge 4.14. dikkatlice incelendiğinde, dolomit ilavesiyle üretilmiş numunelerin ısı geçirgenlik (yalıtım) özelliklerinin çok fazla etkisinin olmadığı sadece odun ve kabuk esaslı levhalarda düşük oranda katılmasının (%10) belli seviyede iyileştirildiği önerilebilir.

5 dakika (300 saniye) sonunda levhalarda ölçülen kütle kaybı değerleri ise (yanma davranış özellikleri), sıcaklık geçirgenlik değerlerinden oldukça farklı olduğu anlaşılmıştır. Odun yongası/dolomit karışımından üretilen levhalarda en düşük kütle kaybı, %11,98 ile AX₁ tipi levhalarda; kabuk/dolomit karışımından üretilenlerde en düşük kütle kaybı BX₄ tipi levhalarda %9,53 olarak; kozalak/dolomit karışımından üretilenlerde en düşük kütle kaybı CX₅ tipi levhalarda %14,46 olarak; Domates sapı/dolomit karışımından üretilenlerde en düşük kütle kaybı DX₅ tipi levhalarda %8,83 olarak; Patlıcan sapı/dolomit karışımından üretilenlerde en düşük kütle kaybı EX₅ tipi levhalarda %9,97 olarak ölçülmüştür. Buradan ölçüler değerler ve Çizelge 4.14. ın dikkatlice incelenmesiyle, levhaların yapısında dolomit bulunmasının, yangında daha dayanıklı ve kütle kaybının önemli derecede azaltan bir etkisinin olduğu sonucuna varılabilir.

Çizelge 4.14. Dolomit ilavesiyle üretilmiş numunelerin ısı geçirgenlik ve toplam kütle kayıp özellikleri

Süre (saniye)	0	60	120	180	240	300	Kütle kaybı (%)
Dolomit-Odun yongası karışımı							
AX ₀	21,2	78,0	99,7	131,3	153,4	205,0	17,39
AX ₁	22,0	40,6	61,6	84,1	134,0	150,1	11,98
AX ₂	21,9	55,8	86,6	98,0	125,8	174,9	13,3
AX ₃	16,5	69,2	94,9	115,0	134,6	219,1	13,83
AX ₄	18,0	58,9	96,7	129,4	182,0	257,4	17,27
AX ₅	21,6	90,5	124,4	162,2	198,1	263,0	14,99
Dolomit-kabuk karışımı							
BX ₀	21,6	31,2	80	88,3	95	118,6	11,97
BX ₁	20,1	35,4	67,7	78,2	95,4	113,2	11,9
BX ₂	19,6	32	65,9	80,3	97,9	125,2	11,09
BX ₃	19,9	36	63,5	80,6	92,2	118,8	10,12
BX ₄	20,2	32,1	52	75,1	80,9	114,8	9,53
BX ₅	19,9	34,7	77,5	91,6	143,9	171,6	11,1
Dolomit-Kozalak karışımı							
CX ₀	22,2	47,7	76,6	92,1	110	143,5	15,76
CX ₁	18,8	41,7	76,3	97,7	128,7	186,7	21,55
CX ₂	19,4	43,4	73,6	84,3	116,7	144,3	15,84
CX ₃	20,5	38,6	77,1	95,9	151,5	198,7	15,19
CX ₄	20,7	46,5	72,4	107,1	156,1	200,7	16,04
CX ₅	20,3	61,7	117,5	181,9	214,1	258,1	14,46
Dolomit-Domates sapı karışımı							
DX ₀	20,1	31,7	53,1	74,1	84	101,7	12,76
DX ₁	20,4	36	64,9	82,4	99,3	117,3	12,44
DX ₂	20,3	25,6	54,7	68	70,7	124,1	11,87
DX ₃	20,6	43,3	69,4	84,2	121,1	179,7	12,43
DX ₄	20	31,5	59,6	79	92,4	183	11,75
DX ₅	22,9	39,1	71	90,2	113,8	175,3	8,83
Dolomit-Patlıcan Sapı karışımı							
EX ₀	18,1	27,2	50,7	64,8	84,4	97,6	24,46
EX ₁	18,4	33,8	65,9	84,6	101,3	145	24,87
EX ₂	18,9	28,9	51,3	73,6	88,9	120,8	14,01
EX ₃	18,6	35,6	58,8	75,9	103,1	125,9	12,06
EX ₄	18,6	29,1	55,6	75,5	99,4	129	11,07
EX ₅	18,7	30,1	57,7	77,7	99,4	139,5	9,97

Şekil 4.12. de levhaların tek alev kaynağı ile işlem görmesi sonucunda levhaların yüzeylerindeki yanma davranışları karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Yukarıda Çizelge 4.14. da ölçüldüğü üzere, levha yapısına mineral dolomit oranının artmasının, levhaların yanma davranış özellikleri üzerine belli seviyelerde etkili olduğu ve kütle kaybının azalttığı sonucu görsel olarak da gözlemlenmiştir.



Şekil 4.12. Tek alev kaynağı ile yanma deney sonucu dolomit ilavesiyle üretilmiş levhaların yüzey yanma davranış özellikleri

Dolomit ilave edilmiş levhaların Termal Gravimetrik Analiz (TGA) yönteminde 25-900 °C sıcaklık aralığında sıcaklığa bağlı kütle değişim grafiği Şekil 4.13-4.17. de görülmektedir. Grafikte elde edilen değerler Çizelge 4.15. de değerlendirilmiştir. Grafik dört bölgede incelenebilir.

1. Bölge: Başlangıç ısınma bölgesi olarak varsayılmıştır. Burada 100 °C dereceye kadar malzemenin içerisindeki nemden kaynaklanan kuruma sonucu % 7-10 kütle kaybı gerçekleştiği varsayılmıştır.
2. Bölge: 110-220 °C arasında hücre duvarında suyun tamamen uzaklaştığı bölge olarak belirlenmiştir. Bu sıcaklık değerinden sonra organik maddelerde ısınma başlamıştır.
3. Bölge: ilk bozulma sıcaklığının 300-360 °C aralığında hızlı bir eğimle buharlaşmanın arttığı ve ortalama %75-80 aralığında kütle kaybı olduğu bölgedir. Bu sıcaklık seviyelerinde gaz haine geçiş hızlandığı ve hücre duvarının oluşan iç basınç nedeniyle bozulduğu kaydedilmiştir.
4. Bölge: 400-900 °C aralığında ve diğerine göre daha az bir eğimle gerçekleşmiş ve numunede kütle kaybı % 90 seviyelerine ulaşmıştır.

Levhaların termal kararlılığı incelendiğinde, dolomit-odun karışımından üretilen levhaların (AX₀ ve AX₅) da dolomit ilave edilerek üretilen levhaların TGA eğrisine göre başlangıç sıcaklığı (T_b) 197 °C, maksimum sıcaklık (T_m) 357°C, son sıcaklık (T_s) 426 °C olarak belirlenmiştir. Bu veriler, kontrol (%100 odundan imal edilmiş) levhalardan sadece 3 °C daha düşük başlangıç bozulmanın oluştuğunu, fakat yaklaşık 10 °C daha yüksek son bozulma sıcaklığının oluştuğunu açıklamaktadır. Ayrıca kontrol örneğinde %56,92 olan en yüksek sıcaklıktaki kütle kaybı, dolomit ilave edilmiş levhada %37.57 olarak hesaplanmıştır.

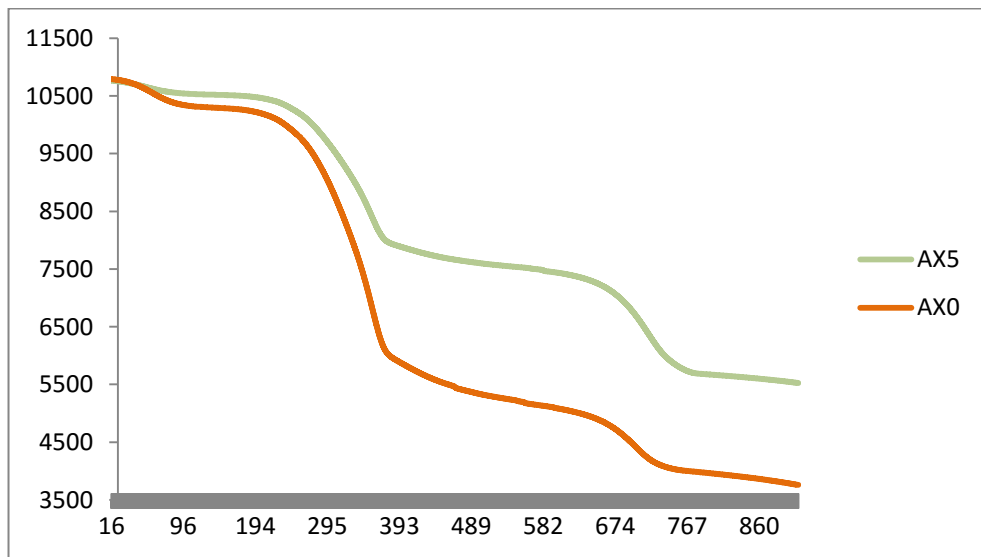
Dolomit-kabuk karışımından üretilen levhaların (BX₀ ve BX₅) da ise, kontrol örneğinde (BX₀) başlangıç bozulma sıcaklığının (T_b) 189 °C, maksimum sıcaklık (T_m) 420 °C olduğu ve 1:1 dolomit/kabuk karışımında üretilen levhada ise başlangıç bozulma sıcaklığının (T_b) 206 °C, maksimum sıcaklık (T_m) 531 °C olduğu belirlenmiştir. Toplam kütle kaybı is marjinal olarak benzer bulunmuştur (BX₀: %40,09; BX₅: %39,75).

Dolomit-kozalak karışımından üretilen levhaların (CX₀ ve CX₅) TGA eğrisine göre kontrol levhası için (CX₀) başlangıç bozulma sıcaklığının (T_b) 205 °C, maksimum sıcaklık (T_m) 350 °C, son sıcaklık (T_s) 446 °C olarak belirlenmiştir. 1:1 dolomit/kozalk

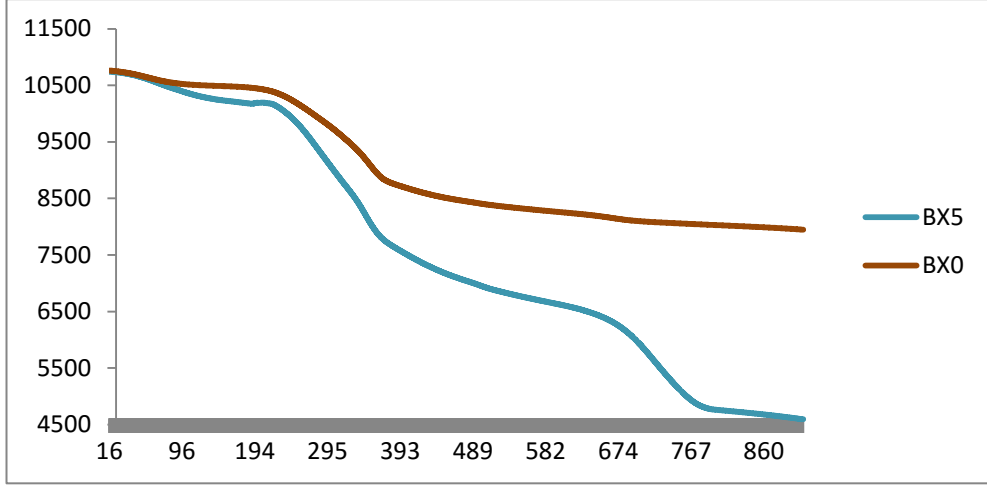
karışımında üretilen levhada ise başlangıç bozulma sıcaklığının (T_b) 197 °C, maksimum sıcaklık (T_m) 357 °C, son sıcaklığın 433 °C olduğu belirlenmiştir. Toplam kütle kaybı ise sırasıyla CX_0 için %57.39, BX_5 için %45,51 bulunmuştur.

Dolomit-domates sapı karışımından üretilen levhaların (DX_0 ve DX_5) TGA eğrisine göre DX_0 için başlangıç bozulma sıcaklığının (T_b) 185 °C, maksimum sıcaklık (T_m) 315 °C, son sıcaklık (T_s) 411 °C olarak belirlenmiştir. Dolomit/domates sapı karışımından (1:1) üretilen levhada ise (DX_5) başlangıç bozulma sıcaklığının (T_b) daha yüksek ve 204 °C, maksimum sıcaklık (T_m) aynı ve 315 °C, son sıcaklığın ise sadece 3 derece yüksek ve 414 °C olduğu belirlenmiştir. Toplam kütle kaybı ise sırasıyla DX_0 için %58,63, BX_5 için %52,9 olduğu hesaplanmıştır.

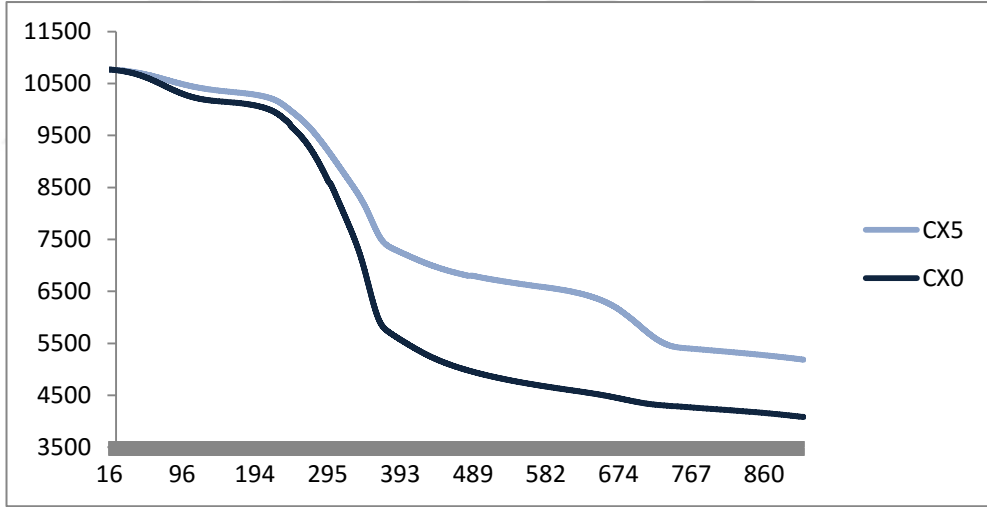
Dolomit-patlıcan sapı karışımından üretilen levhaların ise sadece patlıcan sapından üretilen levha ile (EX_0), dolomit ile (1:1) karışım olarak üretilen levhanın (EX_5) TGA eğrisine göre EX_0 için her iki levha tipi için (T_b) 178 °C, maksimum sıcaklıkları (T_m) 312 °C, olarak ölçülmüştür. Son sıcaklık (T_s) ise EX_0 tipi levha için 383 °C, EX_5 tipi levha için 445 °C olarak ölçülmüştür. Toplam kütle kaybı ise sırasıyla EX_0 için %57,87, EX_5 için %37,73 olarak hesaplanmıştır.



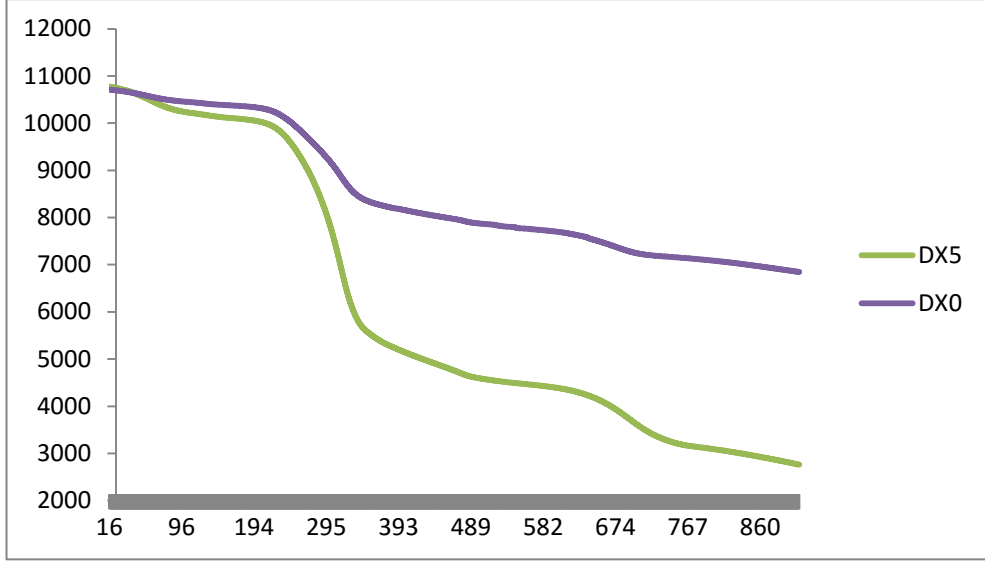
Şekil 4.13. Dolomit-Kızılçam yongası karışımı levhaların termal bozulma (TGA) davranışları



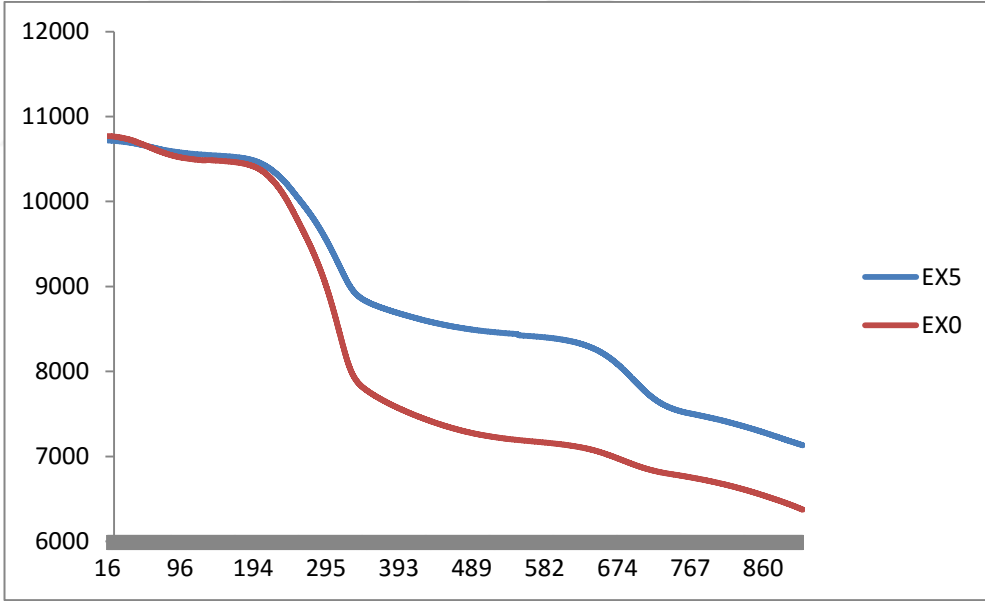
Şekil 4.14. Dolomit-Kabuk karışımı levhaların termal bozulma (TGA) davranışları



Şekil 4.15. Dolomit-Kozalak karışımı levhaların termal bozulma (TGA) davranışları



Şekil 4.16. Dolomit-Domates sapı karışımı levhaların termal bozulma (TGA) davranışları



Şekil 4.17. Dolomit-Patlıcan sapı karışımı levhaların termal bozulma (TGA) davranışları

Çizelge 4.15. Dolomit ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların termal bozulma sonucu (TGA) ve kütle kaybı özellikleri

Levha Kodu	Tb (°C)	kütle kaybı (%)	Tm (°C)	kütle kaybı (%)	Ts (°C)	kütle kaybı (%)
Dolomit-Odun karışımı						
AX ₀	200	6,59	357	45,3	416	56,92
AX ₅	197	3,63	357	30,13	426	37,57
Dolomit-Kabuk karışımı						
BX ₀	189	5,63	352	31,06	420	40,09
BX ₅	206	5,56	344	25,31	531	39,75
Dolomit-Kozalak karışımı						
CX ₀	205	7,4	350	41,52	446	57,39
CX ₅	197	5,89	357	36,32	433	45,51
Dolomit-Domates sap karışımı						
DX ₀	185	8,05	315	41,69	411	58,63
DX ₅	204	6,88	315	34,72	414	52,9
Dolomit-Patlıcan sap karışımı						
EX ₀	178	5,85	312	42	383	57,87
EX ₅	178	3,55	312	25,3	445	37,73

Çizelge 4.16. da Dolomit ilave edilerek üretilmiş levhaların Radyoaktivite özellikleri verilmiştir. Ölçümlerde ¹³⁷Cs (0,662 KeV) radyoaktif kaynağı kullanılmıştır. Burada Cs (sezyum) radyoaktif kaynağı kullanılarak 0,662 KeV (kilo elektronvolt) da ölçülen değer toplam doğrusal zayıflatma katsayısını (μ) vermektedir. Çizelgede de görüleceği üzere (0,082 μ) AX₁, (0,089 μ) BX₅, (0,088 μ) CX₃, (0,078 μ) DX₅, (0,078 μ) EX₅ kodlu levhaların toplam doğrusal zayıflatma katsayıları en yüksek çıkarken, (0,0634 μ) AX₂, (0,058 μ) BX₀, (0,063 μ) CX₁, (0,062 μ) DX₃, (0,055 μ) EX₀ kodlu levhalarda ise en düşük çıkmıştır. Bu sonuçlar gösteriyor ki levha karışımında bulunan dolomit miktarı artıka toplam doğrusal zayıflatma katsayısında da artış olmaktadır.

Çizelge 4.16. Dolomit ilave edilerek üretilmiş levhaların Radyoaktivite özellikleri

Levha Kodu	Radyoaktivite μ (1/cm)
Dolomit-Odun yongası karışımı	
AX ₀	0,0640
AX ₁	0,0828
AX ₂	0,0634
AX ₃	0,0761
AX ₄	0,0821
AX ₅	0,0816
Dolomit-kabuk karışımı	
BX ₀	0,058
BX ₁	0,060
BX ₂	0,070
BX ₃	0,084
BX ₄	0,058
BX ₅	0,089
Dolomit-Kozalak karışımı	
CX ₀	0,077
CX ₁	0,063
CX ₂	0,071
CX ₃	0,088
CX ₄	0,065
CX ₅	0,072
Dolomit-Domates sapı karışımı	
DX ₀	0,063
DX ₁	0,065
DX ₂	0,070
DX ₃	0,062
DX ₄	0,074
DX ₅	0,078
Dolomit-Patlıcan Sapı karışımı	
EX ₀	0,055
EX ₁	0,065
EX ₂	0,065
EX ₃	0,063
EX ₄	0,071
EX ₅	0,078

Lignoselülozik hammadde kaynaklarının (Kızılçam odun, kozalak, kabuk, domates ve patlıcan sapı) tek başlarına ve dolomit ile karışım halinde UF tutkalı ile üretilmiş deneme levhaları, yüzey renk özelliklerinde meydana gelen değişimleri incelemek amacıyla, dış atmosferik şartlarda 60 gün süreyle bekletilmiş ve daha sonra yüzey renk değerlerinde meydana gelen değişim farkları (Δ) Çizelge 4.17.'de gösterilmiştir. Malzemelerin temel renk değerlerinin belirlenmesi kolay ve kullanışlı bir yöntem olmakla birlikte, her bir renk parametresinin (CIE L*,a*,b*) açıklanması oldukça karmaşıktır. Fakat, bunların bir fonksiyonu olan toplam renk farkı (ΔE) değerinin incelenmesi, değişimin ne şekilde olduğu konusunda bilgi vermesi açısından önemlidir.

Dolomit-odun yongası karışımında üretilen levhalarda en yüksek renk farkı (ΔE) % 13,62 ile AX₀ tipi levhalarda, dolomit-kabuk karışımından üretilen levhalarda %8,37 ile BX₅ tipi levhalarda, dolomit-kozalak karışımından üretilen levhalarda %4,40 ile CX₅ tipi levhada, dolomit-domates sapı karışımından üretilen levhalarda %12,81 ile DX₀ tipi levhada ve dolomit-patlıcan sapı karışımından üretilen levhalarda %13,67 ile EX₀ tipi levhada gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.17. Dolomit ilave edilerek üretilmiş levhaların renk özellikleri

Levhalar	ΔL	Δa	Δb	ΔE	E313 Beyazlık	D1925 Sarılık
Dolomit-Odun Yongası Karışımı						
AX ₀	-13,13	3,55	0,67	13,62	9,42	19,44
AX ₁	1,19	1,95	4,49	5,03	7,37	11,68
AX ₂	-5,50	2,32	1,45	6,14	6,23	12,20
AX ₃	-10	1,06	0,83	10,09	7,47	12,63
AX ₄	-3,88	3,40	5,65	7,65	12,48	20,75
AX ₅	-1,99	3,38	5,18	6,50	10,19	17,49
Dolomit-Kabuk Karışımı						
BX ₀	-3,56	-1,64	-2,60	4,70	-4,35	-7,04
BX ₁	-2,61	-0,04	-0,16	2,62	1,37	2,60
BX ₂	-5,30	-0,55	2,25	5,78	8,45	11,40
BX ₃	0,13	-1,67	0,12	1,68	0,17	-2,66
BX ₄	-2,19	-3,87	0,06	4,45	1,48	-4,09
BX ₅	-6,73	-3,68	-3,34	8,37	-3,79	-8,28
Dolomit-Kozalak Karışımı						
CX ₀	1,62	-1,97	0,04	2,55	-0,93	-5,37
CX ₁	-2,85	-0,24	-1,89	3,43	-3,27	-3,55
CX ₂	0,42	-1,06	-0,93	1,47	-2,75	-5,58
CX ₃	-1,05	-1,90	-1,40	2,59	-3,35	-7,50
CX ₄	-1,96	-0,21	-0,03	1,97	0,91	1,25
CX ₅	0,23	-3,34	-2,85	4,40	-7,89	-15,69
Dolomit-Domates Sap Karışımı						
DX ₀	9,54	2,28	8,24	12,81	8,87	12,72
DX ₁	5,15	0,47	1,30	5,33	-0,67	-0,71
DX ₂	5,96	2,43	5,32	8,35	5,53	9,29
DX ₃	-2,18	2,58	1,50	3,70	3,55	7,77
DX ₄	1,41	-0,71	-3,62	3,95	-6,36	-8,80
DX ₅	4,59	1,48	0,37	4,84	-1,90	-0,92
Dolomit-Patlıcan Sap Karışımı						
EX ₀	11,12	2,91	7,39	13,67	5,97	9,84
EX ₁	3,32	-0,68	1,89	3,88	1,04	-0,05
EX ₂	0,84	0,58	0,53	1,15	0,37	1,12
EX ₃	-4,47	1,52	1,03	4,83	4,02	7,27
EX ₄	-1,45	0,22	-1,66	2,22	-1,96	-2,00
EX ₅	2,67	1,32	1,79	3,47	1,63	3,31

4.2.2. Olivin ilave edilmesiyle üretilen levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri

Olivin ilave edilmesiyle üretilen levhaların su alma değerleri (%) Çizelge 4.18. de verilmiştir. Genel olarak 2 ve 24 saat su içinde bekletilen örneklerin su alma değerleri aynı eğilimde oldukları gözlemlenmiştir. İki ve 24 saat su içinde bekletilen deney örneklerinde, en yüksek su alma değeri; Olivin-odun esaslı levhalarda %37,71 ve %53,61 olarak AY₃ tipi levhada, Olivin-kabuk esaslı levhalarda %2,98 ve %19,33 olarak BY₁ tipi levhada, Olivin-kozalak esaslı levhalarda %8,21 ve %37,89 olarak CY₄ tipi levhada, Olivin-domates sapı esaslı levhalarda %57,31 ve %78,10 olarak DY₃ tipi levhada, Olivin-patlıcan sapı esaslı levhalarda %56,63 ve %74,41 olarak EY₃ tipi levhada gözlemlenmiştir.

Genel olarak levhaların su alma özellikleri incelendiğinde, dolomit-kabuk ve dolomit-kozalak karışımından üretilmiş levhaların su alma değerlerinin, diğer levha tiplerinden belirgin şekilde düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.18. Olivin ilave edilerek üretilmiş levhaların su alma değerleri (%)

Levha Kodu	2 saat	24 saat
Olivin-Odun Karışımı		
AY ₀	69,77	83,40
AY ₁	66,55	81,01
AY ₂	58,73	70,39
AY ₃	37,71	53,61
AY ₄	48,54	56,02
AY ₅	43,03	51,63
Olivin-Kabuk Karışımı		
BY ₀	6,96	36,73
BY ₁	2,98	19,33
BY ₂	4,64	25,16
BY ₃	4,50	27,70
BY ₄	4,70	40,98
BY ₅	3,21	32,25
Olivin-Kozalak Karışımı		
CY ₀	26,82	53,68
CY ₁	28,67	59,04
CY ₂	18,03	48,58
CY ₃	37,87	75,39
CY ₄	8,21	37,89
CY ₅	26,76	59,19
Olivin-Domates Sap Karışımı		
DY ₀	59,92	90,00
DY ₁	65,15	90,19
DY ₂	63,08	83,88
DY ₃	57,31	78,10
DY ₄	67,94	87,46
DY ₅	57,35	78,47
Olivin-Patlıcan Sap Karışımı		
EY ₀	76,36	110,30
EY ₁	81,34	112,69
EY ₂	72,58	95,25
EY ₃	56,63	74,41
EY ₄	72,90	98,42
EY ₅	69,08	92,87

Çizelge 4.19. de Olivinli karışımların 24 saat su alma istatistik test sonuçları ANOVA analizi sonucuna göre belirlenmiştir. Buna göre Olivin-Odun Yongası Karışımı (AY) F değeri 20,472 (P=0,001) olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre %99 güven düzeyi ile levha karışım oranları arasında su alma bakımından anlamlı fark bulunmuştur. Analiz sonucu elde edilen farklı grupların belirlenmesi için Duncan Testi yapılmıştır

Duncan testine göre levha karışım oranları AY₅, AY₃, AY₄ birinci grupta AY₂, AY₁ ikinci grupta AY₁ ile AY₀ ise üçüncü grupta yer almıştır. En düşük ortalama (51,63) AY₅ de elde edilirken sırasıyla AY₃, AY₄, AY₂, AY₁ ve AY₀ kodlu karışımların ortalamaları sıralanmıştır. En yüksek ortalama AX₀ da 83,40 olarak elde edilmiştir.

Olivin-Kabuk Karışımı (BY) F değeri 7,230 (P=0,016) olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre göre %95 güven düzeyi ile levha karışım oranları arasında su alma bakımından anlamlı fark bulunmuştur. Duncan testine göre levha karışım oranları BY₁, BY₂, BY₃ birinci grupta BY₂, BY₃, BY₅ ikinci grupta BY₃, BY₅, BY₀ üçüncü grupta BY₅, BY₀, BY₄ ise dördüncü grupta yer almıştır. En düşük ortalama (19,33) BY₁ de elde edilirken sırasıyla BY₂, BY₃, BY₅, BY₀ ve BY₄ kodlu karışımların ortalamaları sıralanmıştır. En yüksek ortalama BY₄ da 40,97 olarak elde edilmiştir.

Olivin-Kozalak Karışımı (CY) F değeri 0,993 (P=0,492) olarak bulunmuştur. Olivin-Domates sapı Karışımı (DY) F değeri 2,111 (P=0,195) olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre levha karışım oranları arasında su alma bakımından anlamlı fark bulunmamıştır.

Olivin-Patlıcan Karışımı (EY) F değeri 23,913 (P=0,001) olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre göre %95 güven düzeyi ile levha karışım oranları arasında su alma bakımından anlamlı fark bulunmuştur. Duncan testine göre levha karışım oranları EY₃ birinci EY₅, EY₂, EY₄ ikinci ve EY₀, EY₁ üçüncü grupta yer almıştır. En düşük ortalama (74,40) EY₃ de elde edilirken sırasıyla EY₃, EY₅, EY₂, EY₄, EY₀ ve EY₁ kodlu karışımların ortalamaları sıralanmıştır. En yüksek ortalama EY₁ da 112,69 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.19. Olivinli karışımların 24 saat su alma istatistik test sonuçları

Levha Kodu	Ortalamalar	F Değeri
Dolomit-Odun Yongası Karışımı		
AY ₅	51,6300 ^a	20,472***
AY ₃	53,6050 ^a	
AY ₄	56,0200 ^a	
AY ₂	70,3950 ^b	
AY ₁	81,0050 ^{bc}	
AY ₀	83,4000 ^c	
Dolomit-Kabuk Karışımı		
BY ₁	19,3300 ^a	7,230*
BY ₂	25,1650 ^{ab}	
BY ₃	27,7050 ^{abc}	
BY ₅	32,2500 ^{bcd}	
BY ₀	36,7250 ^{cd}	
BY ₄	40,9750 ^d	
Dolomit-Kozalak Karışımı		
CY ₄	37,8950 ^a	0,993(ns)
CY ₂	48,5800 ^a	
CY ₀	53,6750 ^a	
CY ₁	59,0400 ^a	
CY ₅	59,1900 ^a	
CY ₃	75,3950 ^a	
Dolomit-Domates Sap Karışımı		
DY ₅	77,4650 ^a	2,111(ns)
DY ₃	78,1000 ^a	
DY ₂	83,8800 ^a	
DY ₄	87,4650 ^a	
DY ₀	90,0000 ^a	
DY ₁	90,1900 ^a	
Dolomit-Patlıcan Sap Karışımı		
EY ₃	74,4050 ^a	23,913**
EY ₅	92,8750 ^b	
EY ₂	95,2500 ^b	
EY ₄	98,4200 ^b	
EY ₀	110,3000 ^c	
EY ₁	112,6950 ^c	

Not: (***)%99,9 güven düzeyinde, (**)%99 güven düzeyinde, (*)%95 güven düzeyinde, (ns) istatistiksel olarak anlamsız olduğunu, (a,b,c,d,e) ise homojen grupları ifade eder.

Deneme levhalarından elde edilen numunelerin 2 saat ve 24 saat su içerisinde bekletilmesi sonucunda kalınlığına şişme miktarlarına ait ortalama değerler Çizelge 4.20. da karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

İlginç olarak en yüksek suda kalınlığına artım değerleri, olivin ilave etmeden sadece lignoselülozik kaynaklardan üretilen levhalarda yani sadece %100 odun yongası (AY₀) ile üretilen levhada %26,01, %100 kabuk (BY₀) ile üretilen levhada %11,73, %100 kozalak (CY₀) ile üretilen levhada %21,44, %100 domates sapları (DY₀) ile üretilen levhada %37,90 ve %100 patlıcan sapları (EY₀) üretilen levhada %50,59 olarak hesaplanmıştır.

Benzer şekilde, levha karışımına olivin ilave edilmesi, levhaların su içinde kalınlık artım özelliklerine olumlu etki ettiği tüm farklı beş hammadde karışımlarında da gözlemlenmiştir. Olivin ilavesinin en büyük etkisi özellikle kabuk ve kozalak karışımından üretilen levha tiplerinde görülmektedir.

Çizelge 4.21. de Olivinli karışımların 24 saat kalınlık artımı istatistik test sonuçları ANOVA analizi sonucuna göre belirlenmiştir. Buna göre Olivin-Odun Yongası Karışımı (AY) F değeri 7,862 (P=0,013) olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre %95 güven düzeyi ile levha karışım oranları arasında kalınlık artımı bakımından anlamlı fark bulunmuştur. Analiz sonucu elde edilen farklı grupların belirlenmesi için Duncan Testi yapılmıştır. Duncan testine göre levha karışım oranları AY₅ ve AY₄ birinci grupta AY₄, AY₃, AY₂ ikinci grupta ve AY₃, AY₂, AY₁, AY₀ ise üçüncü grupta yer almıştır. En düşük ortalama (7,93) AY₅ de elde edilirken sırasıyla AY₃, AY₄, AY₂, AY₁ ve AY₀ kodlu karışımların ortalamaları sıralanmıştır. En yüksek ortalama AX₀ da 26,01 olarak elde edilmiştir.

Olivin-Kabuk Karışımı (BY) F değeri 12,899 (P=0,004) olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre %99 güven düzeyi ile levha karışım oranları arasında kalınlık artımı bakımından anlamlı fark bulunmuştur. Duncan testine göre levha karışım oranları BY₅ ve BY₂ birinci grupta BY₂, BY₁, BY₄ ikinci grupta BY₁, BY₄, BY₃ üçüncü grupta BY₃ BY₀ ise dördüncü grupta yer almıştır. En düşük ortalama (2,46) BY₅ de elde edilirken

sırasıyla BY₂, BY₁, BY₄, BY₃ ve BY₀ kodlu karışımların ortalamaları sıralanmıştır. En yüksek ortalama BY₀ da 11,72 olarak elde edilmiştir.

Olivin-Kozalak Karışımı (CY) F değeri 24,821 (P=0,001) olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre göre %99 güven düzeyi ile levha karışım oranları arasında kalınlık artımı bakımından anlamlı fark bulunmuştur. Duncan testine göre levha karışım oranları CY₁, CY₅, CY₃, CY₄ birinci grupta CY₀ ikinci grupta ve CY₂ üçüncü grupta yer almıştır. En düşük ortalama (5,25) CY₁ de elde edilirken sırasıyla CY₅, CY₃, CY₄, CY₀ ve CY₂ kodlu karışımların ortalamaları sıralanmıştır. En yüksek ortalama CY₂ da 35,72 olarak elde edilmiştir.

Olivin-Domates sap Karışımı (DY) F değeri 6,526 (P=0,020) olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre göre %95 güven düzeyi ile levha karışım oranları arasında kalınlık artımı bakımından anlamlı fark bulunmuştur. Duncan testine göre levha karışım oranları DY₄ ayrı DY₅, DY₂, DY₁, DY₃, DY₀ ise aynı grupta yer almıştır. En düşük ortalama (14,97) DY₄ de elde edilirken sırasıyla DY₄, DY₅, DY₂, DY₁, DY₃ ve DY₀ kodlu karışımların ortalamaları sıralanmıştır. En yüksek ortalama DY₀ da 37,90 olarak elde edilmiştir.

Olivin-Patlıcan Karışımı (EY) F değeri 14,353 (P=0,003) olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre göre %99 güven düzeyi ile levha karışım oranları arasında kalınlık artımı bakımından anlamlı fark bulunmuştur. Duncan testine göre levha karışım oranları EY₅, EY₄, EY₃ birinci EY₃, EY₂, EY₀ ikinci ve EY₀, EY₁ üçüncü grupta yer almıştır. En düşük ortalama (12,80) EY₅ de elde edilirken sırasıyla EY₃, EY₅, EY₂, EY₄, EY₀ ve EY₁ kodlu karışımların ortalamaları sıralanmıştır. En yüksek ortalama EY₁ da 50,59 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.20. Olivin ilave edilerek üretilmiş levhaların su içinde kalınlık artım değerleri (%)

Levha Kodu	2 saat	24 saat	Standart değerden farkı (%)
Olivin-Odun Yongası Karışımı			
AY ₀	19,84	26,01	108,1
AY ₁	18,23	24,57	96,6
AY ₂	14,45	18,47	47,8
AY ₃	10,71	18,40	47,2
AY ₄	8,30	11,56	-7,5
AY ₅	5,13	7,93	-36,6
Olivin-Kabuk Karışımı			
BY ₀	2,97	11,73	-6,2
BY ₁	1,26	6,47	-48,2
BY ₂	0,99	5,48	-56,2
BY ₃	1,96	8,76	-29,9
BY ₄	1,14	8,25	-34,0
BY ₅	0,9	2,46	-80,3
Olivin-Kozalak Karışımı			
CY ₀	11,07	21,44	71,6
CY ₁	1,18	5,25	-58,0
CY ₂	11,31	15,73	25,8
CY ₃	2,76	8,24	-34,1
CY ₄	5,33	12,55	0,4
CY ₅	1,80	6,06	-51,2
Olivin-Domates Sap Karışımı			
DY ₀	25,69	37,90	203,2
DY ₁	25,86	34,86	178,9
DY ₂	21,70	28,87	130,9
DY ₃	27,09	37,30	198,4
DY ₄	10,85	14,97	19,8
DY ₅	21,69	28,48	127,8
Olivin-Patlıcan Sap Karışımı			
EY ₀	36,39	50,59	304,5
EY ₁	26,18	38,82	210,6
EY ₂	27,91	33,92	171,4
EY ₃	20,25	26,23	109,8
EY ₄	12,12	15,81	26,5
EY ₅	10,78	12,80	2,4
EN 312-6 ya göre (24 saat - genel kullanım) en fazla		12,5	

Çizelge 4.21. Olivinli karışımların 24 saat kalınlık artımı istatistik test sonuçları

Levha Kodu	Ortalamalar	F Değeri
Dolomit-Odun Yongası Karışımı		
AY ₅	7,9350 ^a	7,862*
AY ₄	11,5650 ^{ab}	
AY ₃	18,4000 ^{bc}	
AY ₂	18,4700 ^{bc}	
AY ₁	24,5750 ^c	
AY ₀	26,0100 ^c	
Dolomit-Kabuk Karışımı		
BY ₅	2,4650 ^a	12,899**
BY ₂	5,4850 ^{ab}	
BY ₁	6,4700 ^{bc}	
BY ₄	8,2500 ^{bc}	
BY ₃	8,7600 ^{cd}	
BY ₀	11,7250 ^d	
Dolomit-Kozalak Karışımı		
CY ₁	5,2550 ^a	24,821***
CY ₅	6,0650 ^a	
CY ₃	8,2400 ^a	
CY ₄	12,5500 ^a	
CY ₀	21,4400 ^b	
CY ₂	35,7250 ^c	
Dolomit-Domates Sap Karışımı		
DY ₄	14,9700 ^a	6,526*
DY ₅	28,4800 ^b	
DY ₂	28,8700 ^b	
DY ₁	34,8650 ^b	
DY ₃	37,2950 ^b	
DY ₀	37,9000 ^b	
Dolomit-Patlıcan Sap Karışımı		
EY ₅	12,8050 ^a	14,353**
EY ₄	15,8050 ^a	
EY ₃	26,2300 ^{ab}	
EY ₂	33,9150 ^b	
EY ₀	38,8200 ^{bc}	
EY ₁	50,5900 ^c	

Not: (***)%99,9 güven düzeyinde, (**) %99 güven düzeyinde, (*)%95 güven düzeyinde, (ns) istatistiksel olarak anlamsız olduğunu, (a,b,c,d,e) ise homojen grupları ifade eder.

Olivin ilave edilmesiyle üretilen levhalarından yüzeye dik çekme (IB) direnç ortalama değerleri Çizelge 4.22. de karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Olivin-odun yongası karışımında üretilen levhalarda en yüksek direnç $1,21 \text{ N/mm}^2$ ile AY₄ tipi levhalarda, olivin-kabuk karışımından üretilen levhalarda en yüksek direnç $0,49 \text{ N/mm}^2$ ile BY₂ tipi levhalarda, olivin-kozalak karışımından üretilen levhalarda en yüksek direnç $1,32 \text{ N/mm}^2$ ile CY₂ tipi levhalarda, olivin-domates sapı karışımından üretilen levhalarda en yüksek direnç $0,74 \text{ N/mm}^2$ ile DY₁ tipi levhalarda, olivin-patlıcan sapı karışımından üretilen levhalarda en yüksek direnç $0,43 \text{ N/mm}^2$ ile EY₃ tipi levhalarda hesaplanmıştır. Tüm levha örnekleri içerisinde en yüksek direnç değeri %20 olivin %80 kozalak karışımından (CY₂) üretilmiş levha tipinde $1,32 \text{ N/mm}^2$ olarak ölçülmüş ve bu değer, standart değer olan $0,28 \text{ N/mm}^2$ den yaklaşık %371,4 daha yüksek olduğu anlaşılmıştır. En düşük yüzeye dik çekme direnci ise sadece patlıcan sapından üretilmiş örnekte (EY₀), $0,22 \text{ N/mm}^2$ olarak belirlenmiştir. Genel olarak olivin ilave edilmesi ile odun yongası, kabuk, kozalak ve domates sap esaslı levhalarda belli derecelerde yüzeye dik çekme direncini olumlu etkilediği anlaşılmıştır.

Çizelge 4.23. de Olivinli karışımların yüzeye dik çekme direnci istatistik test sonuçları ANOVA analizi sonucuna göre belirlenmiştir. Buna göre Olivin-Odun Yongası Karışımı (AY) F değeri 5,259 (P=0,002) olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre %99 güven düzeyi ile levha karışım oranları arasında kalınlık artımı bakımından anlamlı fark bulunmuştur. Analiz sonucu elde edilen farklı grupların belirlenmesi için Duncan Testi yapılmıştır. Duncan testine göre levha karışım oranları AY₂, AY₀, AY₅, AY₁ birinci grupta AY₀, AY₅, AY₁, AY₃ ikinci grupta AY₃ ile AY₄ ise üçüncü grupta yer almıştır. En düşük ortalama $0,71 \text{ N/mm}^2$ de elde edilirken sırasıyla AY₃, AY₄, AY₂, AY₁ ve AY₀ kodlu karışımların ortalamaları sıralanmıştır. En yüksek ortalama AY₄ da $1,21 \text{ N/mm}^2$ olarak elde edilmiştir.

Olivin-Kabuk Karışımı (BY) F değeri 6,237 (P=0,002) olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre %99 güven düzeyi ile levha karışım oranları arasında yüzeye dik çekme direnci bakımından anlamlı fark bulunmuştur. Duncan testine göre levha karışım oranları BY₄ ayrı grupta BY₃, BY₁, BY₂, BY₅, BY₀ aynı grupta yer almıştır. En düşük ortalama $0,12 \text{ N/mm}^2$ BY₄ de elde edilirken sırasıyla BY₃, BY₁, BY₂, BY₅ ve BY₀ kodlu

karışımların ortalamaları sıralanmıştır. En yüksek ortalama BY_0 da 0,39 olarak elde edilmiştir.

Olivin-Kozalak Karışımı (CY) F değeri 2,488 ($P=0,070$) olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre levha karışım oranları arasında yüzeye dik çekme direnci bakımından anlamlı fark bulunmamıştır.

Olivin-Domates sap Karışımı (DY) F değeri 3,131 ($P=0,032$) olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre göre %95 güven düzeyi ile levha karışım oranları arasında yüzeye dik çekme direnci bakımından anlamlı fark bulunmuştur. Duncan testine göre levha karışım oranları $DY_0, DY_3, DY_5, DY_4, DY_2$ ayrı $DY_3, DY_5, DY_4, DY_2, DY_1$ ise aynı grupta yer almıştır. En düşük ortalama (0,3450) DY_0 de elde edilirken sırasıyla DY_3, DY_5, DY_4, DY_2 ve DY_1 kodlu karışımların ortalamaları sıralanmıştır. En yüksek ortalama DY_1 de 0,74 olarak elde edilmiştir.

Olivin-Patlıcan Karışımı (EY) F değeri 4,596 ($P=0,006$) olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre göre %99 güven düzeyi ile levha karışım oranları arasında yüzeye dik çekme direnci bakımından anlamlı fark bulunmuştur. Duncan testine göre levha karışım oranları EY_0, EY_4, EY_5, EY_1 , birinci EY_4, EY_5, EY_1, EY_2 ikinci ve EY_2, EY_3 üçüncü grupta yer almıştır. En düşük ortalama (0,21) EY_0 da elde edilirken sırasıyla EY_4, EY_5, EY_1, EY_2 ve EY_3 kodlu karışımların ortalamaları sıralanmıştır. En yüksek ortalama EY_3 de 0,42 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.22. Olivin ilave edilerek üretilmiş levhaların çekme direnç değerleri

Levha Kodu	Yüzey Ağırlığı (Kg/m ²)	Kuvvet (N)	Yüzeye Dik Çekme Direnci (IB; N/mm ²)	Standart değerden farkı (%)
Olivin-Odun Yongası Karışımı				
AY ₀	8,19	2450,0	0,87	225,0
AY ₁	8,62	2549,3	0,96	242,9
AY ₂	9,21	2462,3	0,81	189,3
AY ₃	8,65	2650,2	1,09	289,3
AY ₄	8,91	2676,8	1,21	332,1
AY ₅	7,99	2425,1	0,83	196,4
Olivin-Kabuk Karışımı				
BY ₀	7,30	1003,5	0,39	39,3
BY ₁	7,25	817,5	0,32	14,3
BY ₂	7,46	1264,0	0,49	75,0
BY ₃	7,34	743,7	0,29	3,6
BY ₄	7,24	706,0	0,26	-7,1
BY ₅	7,40	986,5	0,38	35,7
Olivin-Kozalak Karışımı				
CY ₀	7,64	2234,3	0,90	221,4
CY ₁	6,99	2206,3	0,89	217,9
CY ₂	7,75	3312,0	1,32	371,4
CY ₃	7,29	2820,3	1,10	292,9
CY ₄	7,13	1840,0	0,74	164,3
CY ₅	7,95	1731,3	0,69	146,4
Olivin-Domates Sap Karışımı				
DY ₀	7,89	901,8	0,35	25,0
DY ₁	6,87	1937,8	0,74	164,3
DY ₂	7,57	1759,3	0,67	139,3
DY ₃	7,37	1756,0	0,68	142,9
DY ₄	8,15	1662,0	0,64	128,6
DY ₅	8,80	1413,3	0,54	92,9
Olivin-Patlıcan Sap Karışımı				
EY ₀	7,14	554,5	0,22	-21,4
EY ₁	7,36	756,5	0,29	3,6
EY ₂	7,77	960,0	0,37	32,1
EY ₃	7,52	1095,8	0,43	53,6
EY ₄	7,77	610,3	0,24	-14,3
EY ₅	6,41	881,5	0,35	25,0
EN 312' ye göre, Tip P1 levhalar için en az			0,28	

Çizelge 4.23. Olivinli karışımların yüzeye dik çekme direnci istatistik test sonuçları

Levha Kodu	Ortalamalar	F Değeri
Dolomit-Odun Yongası Karışımı		
AY ₂	0,7100 ^a	5,259**
AY ₀	0,7883 ^{ab}	
AY ₅	0,8325 ^{ab}	
AY ₁	0,9000 ^{ab}	
AY ₃	1,0000 ^{bc}	
AY ₄	1,2100 ^c	
Dolomit-Kabuk Karışımı		
BY ₄	0,1225 ^a	6,237**
BY ₃	0,3025 ^b	
BY ₁	0,3175 ^b	
BY ₂	0,3675 ^b	
BY ₅	0,3825 ^b	
BY ₀	0,3900 ^b	
Dolomit-Kozalak Karışımı		
CY ₅	0,6150 ^a	2,488 ^(ns)
CY ₄	0,6625 ^a	
CY ₀	0,7275 ^a	
CY ₁	0,8100 ^a	
CY ₃	0,9450 ^a	
CY ₂	1,3200 ^a	
Dolomit-Domates Sap Karışımı		
DY ₀	0,3450 ^a	3,131*
DY ₃	0,5300 ^{ab}	
DY ₅	0,5400 ^{ab}	
DY ₄	0,5700 ^{ab}	
DY ₂	0,6440 ^b	
DY ₁	0,7400 ^b	
Dolomit-Patlıcan Sap Karışımı		
EY ₀	0,2140 ^a	4,596**
EY ₄	0,2400 ^{ab}	
EY ₅	0,2650 ^{ab}	
EY ₁	0,2675 ^{ab}	
EY ₂	0,3350 ^{bc}	
EY ₃	0,4275 ^c	

Not: (***)%99,9 güven düzeyinde, (**) %99 güven düzeyinde, (*)%95 güven düzeyinde, (ns) istatistiksel olarak anlamsız olduğunu, (a,b,c,d,e) ise homojen grupları ifade eder.

Tek başlarına veya olivin ile karışım olarak üretilen deneme levhaların Eğilme Direnç (MOR) ve Eğilmeye Elastikiyet Modül (MOE) ortalama değerleri Çizelge 4.24. de karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.24. incelendiğinde, en yüksek MOR değeri, %90 odun-%10 olivin karışımından üretilen levhada $13,27 \text{ N/mm}^2$ olarak belirlenmiştir. Ayrıca sadece odun yongasından üretilmiş levhada (AY_0) standart değerden ($12,5 \text{ N/mm}^2$) %2,0 daha yüksek MOR direnç değeri ($12,75 \text{ N/mm}^2$) kaydedilmiş, diğer tüm levha tiplerinde ve karışım oranlarında ise standart değer in altında olduğu hesaplanmıştır. Deneme levhaları içinde, en düşük eğilme direnç değeri $1,19 \text{ N/mm}^2$ olarak BY_4 tipi levhalarda (%40-60, olivin/kabuk karışımı) bulunmuş ve bu değer, standart değerden yaklaşık %90,5 daha düşüktür.

MOR a benzer durum, levhaların MOE özelliklerinde de gözlemlenmiştir. Genel olarak AY_0 ve AY_1 levha tipleri hariç, diğer tüm levhaların MOE değerlerinin, standart değer olan 1600 N/mm^2 den daha düşük olduğu anlaşılmıştır. En düşük MOE değeri BY_5 tipi levhada (%50-50, dolomit/kabuk karışımı) $417,1 \text{ N/mm}^2$ olarak hesaplanmıştır. Bu değer standart değerden yaklaşık %73,9 daha düşüktür.

Çizelge 4.25 de Olivinli karışımların eğilme direnci istatistik test sonuçları ANOVA analizi sonucuna göre belirlenmiştir. Buna göre Olivin-Odun Yongası Karışımı (AY) F değeri 40,598 ($P=0,000$) olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre göre %99,9 güven düzeyi ile levha karışım oranları arasında kalınlık artımı bakımından anlamlı fark bulunmuştur. Analiz sonucu elde edilen farklı grupların belirlenmesi için Duncan Testi yapılmıştır. Duncan testine göre levha karışım oranları AY_5 birinci grupta AY_4 ikinci grupta AY_3 ile AY_2 üçüncü grupta AY_1 ve AY_0 ise dördüncü grupta yer almıştır. En düşük ortalama $5,16$ AY_5 de elde edilirken sırasıyla AY_4 , AY_3 , AY_2 , AY_1 ve AY_0 kodlu karışımların ortalamaları sıralanmıştır. En yüksek ortalama AY_0 da $13,29$ olarak elde edilmiştir.

Olivin-Kabuk Karışımı (BY) F değeri 13,820 ($P=0,000$) olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre göre %99,9 güven düzeyi ile levha karışım oranları arasında eğilme direnci

direnci bakımından anlamlı fark bulunmuştur Duncan testine göre levha karışım oranları BY₄, BY₃ ve BY₅ birinci grupta BY₁ ve BY₂ ikinci grupta BY₀ ise ayrı grupta yer almıştır. En düşük ortalama BY₄ de elde edilirken sırasıyla BY₃, BY₅, BY₂, BY₁ BY₂ ve BY₀ kodlu karışımların ortalamaları sıralanmıştır. En düşük ortalama BY₄ de 1,19 en yüksek ortalama BY₀ da 3,62 olarak elde edilmiştir.

Olivin-Kozalak Karışımı (CY) F değeri 17,925 (P=0,000) olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre %99,9 güven düzeyi ile levha karışım oranları arasında eğilme direnci bakımından anlamlı fark bulunmuştur. Duncan testine göre levha karışım oranları CY₅ ve CY₃ birinci grupta CY₃ ve CY₄ ikinci grupta CY₄ ve CY₁ üçüncü grupta CY₁ ve CY₂ dördüncü grupta, CY₀ ise ayrı bir grupta yer almıştır. En düşük ortalama CY₅ de elde edilirken sırasıyla CY₃, CY₄, CY₁, CY₂ ve CY₀ kodlu karışımların ortalamaları sıralanmıştır. En düşük ortalama CY₅ de 1,1361 en yüksek ortalama CY₀ da 6,5975 olarak elde edilmiştir.

Olivin-Domates sap Karışımı (DY) F değeri 10,458 (P=0,000) olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre %99,9 güven düzeyi ile levha karışım oranları arasında eğilme direnci bakımından anlamlı fark bulunmuştur. Farklı grupları ortaya koyabilmesi için Duncan testi yapılmıştır. Duncan testine göre levha karışım oranları DY₅ , DY₄ ve DY₃ birinci grupta DY₃ ve DY₂ ikinci grupta DY₂, DY₁ ve DX₀ üçüncü grupta, DY₁ ve DX₀ dördüncü grupta yer almıştır. En düşük ortalama DY₅ de elde edilirken sırasıyla DY₄, DY₃, DY₂, DY₁ ve DY₀ kodlu karışımların ortalamaları sıralanmıştır. En düşük ortalama DY₅ de 1,88, en yüksek ortalama DY₀ da 8,45 olarak elde edilmiştir.

Olivin-Patlıcan Karışımı (EY) değeri 8,350 (P=0,000) olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre %99,9 güven düzeyi ile levha karışım oranları arasında eğilme direnci bakımından anlamlı fark bulunmuştur. Duncan testine göre levha karışım oranları EY₀ ve EY₅ birinci grupta EY₀, EY₁ ve EY₄ ikinci grupta EY₁, EY₄ ve EY₃ üçüncü grupta EY₃ ve EY₂ dördüncü grupta yer almıştır. En düşük ortalama EY₅ de elde edilirken sırasıyla EY₀, EY₁, EY₄, EY₃ ve EY₂ kodlu karışımların ortalamaları sıralanmıştır. En düşük ortalama EY₅ de 2,71, en yüksek ortalama EY₂ da 7,76 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.24. Olivin ilave edilerek üretilmiş levhaların Eğilme Direnç (MOR) ve Eğilmede Elastikiyet Modül (MOE) değerleri

Levha Kodu	MOR (N/mm ²)	Standart değerden farkı (%)	MOE (N/mm ²)	Standart değerden farkı (%)
Olivin-Odun Yongası Karışımı				
AY ₀	12,75	2,0	2245,2	40,3
AY ₁	13,27	6,2	2462,8	53,9
AY ₂	9,63	-22,9	1271,2	-20,6
AY ₃	8,71	-30,3	1026,9	-35,9
AY ₄	6,71	-46,3	926,6	-42,2
AY ₅	5,16	-58,7	585,8	-63,4
Olivin-Kabuk Karışımı				
BY ₀	3,63	-70,9	1129,3	-29,4
BY ₁	2,29	-81,7	810,7	-49,4
BY ₂	2,39	-80,9	719,4	-55,1
BY ₃	1,33	-89,4	458,6	-71,3
BY ₄	1,19	-90,5	704,1	-55,9
BY ₅	1,37	-89,1	417,1	-73,9
Olivin-Kozalak Karışımı				
CY ₀	6,59	-47,3	820,1	-48,7
CY ₁	3,51	-71,9	519,6	-67,5
CY ₂	4,0	-68,0	457,8	-71,4
CY ₃	2,04	-83,7	614,9	-61,6
CY ₄	2,55	-79,6	540,1	-66,2
CY ₅	1,13	-90,9	634,6	-60,3
Olivin-Domates Sap Karışımı				
DY ₀	8,46	-32,3	1367,9	-14,6
DY ₁	7,44	-40,5	1075,8	-32,8
DY ₂	5,85	-53,2	1119,7	-30,1
DY ₃	3,83	-69,4	830,2	-48,1
DY ₄	2,84	-77,3	647,3	-59,5
DY ₅	2,49	-80,1	508,9	-68,2
Olivin-Patlıcan Sap Karışımı				
EY ₀	3,38	-72,9	486,34	-69,6
EY ₁	4,81	-61,5	728,4	-54,5
EY ₂	7,76	-37,9	1139,6	-28,8
EY ₃	6,64	-46,9	1037,1	-35,2
EY ₄	5,06	-59,5	641,8	-59,9
EY ₅	2,71	-78,3	534,8	-66,6
EN 312' ya göre, Tip P1 levhalar için en az	12.5		1600	

Çizelge 4.25. Olivinli karışımların eğilme direnci istatistik test sonuçları

Levha Kodu	Ortalamalar	F Değeri
Dolomit-Odun Yongası Karışımı		
AY ₅	5,1676 ^a	40,598***
AY ₄	6,7160 ^b	
AY ₃	8,7111 ^c	
AY ₂	9,6330 ^c	
AY ₁	13,2740 ^d	
AY ₀	13,2960 ^d	
Dolomit-Kabuk Karışımı		
BY ₄	1,1915 ^a	13,820***
BY ₃	1,3310 ^a	
BY ₅	1,3775 ^a	
BY ₁	2,2944 ^b	
BY ₂	2,3985 ^b	
BY ₀	3,6299 ^c	
Dolomit-Kozalak Karışımı		
CY ₅	1,1361 ^a	17,925***
CY ₃	2,0442 ^{ab}	
CY ₄	2,5580 ^{bc}	
CY ₁	3,5103 ^{cd}	
CY ₂	4,0042 ^d	
CY ₀	6,5975 ^e	
Dolomit-Domates Sap Karışımı		
DY ₅	1,8825 ^a	10,458***
DY ₄	2,8415 ^a	
DY ₃	3,8314 ^{ab}	
DY ₂	5,8512 ^{bc}	
DY ₁	7,4458 ^{cd}	
DY ₀	8,4557 ^d	
Dolomit-Patlıcan Sap Karışımı		
EY ₅	2,7196 ^a	8,350***
EY ₀	3,3827 ^{ab}	
EY ₁	4,8192 ^{bc}	
EY ₄	5,0672 ^{bc}	
EY ₃	6,6441 ^{cd}	
EY ₂	7,7603 ^d	

Not: (***)%99,9 güven düzeyinde, (**)%99 güven düzeyinde, (*)%95 güven düzeyinde, (ns) istatistiksel olarak anlamsız olduğunu, (a,b,c,d,e) ise homojen grupları ifade eder.

Çizelge 4.26 de Olivinli karışımların elastikiyet modülü istatistik test sonuçları ANOVA analizi sonucuna göre belirlenmiştir. Buna göre Olivin-Odun Yongası Karışımı (AY) F değeri 11,566 (P=0,000) olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre %99,9 güven düzeyi ile levha karışım oranları arasında elastikiyet modülü bakımından anlamlı fark bulunmuştur. Analiz sonucu elde edilen farklı grupların belirlenmesi için Duncan Testi yapılmıştır. Duncan testine göre levha karışım oranları AY₅, AY₄, AY₃, AY₂ birinci grupta AY₄, AY₃, AY₂ ve AY₁ ikinci grupta AY₀ ise üçüncü grupta yer almıştır. En düşük ortalama 585,79 ile AY₅ de elde edilirken sırasıyla AY₄, AY₃, AY₂, AY₁ ve AY₀ kodlu karışımların ortalamaları sıralanmıştır. En yüksek ortalama AY₀ da 5282,32 olarak elde edilmiştir.

Olivin-Kabuk Karışımı (BY) F değeri 1,366 (P=0,272) olarak bulunmuştur. Olivin-Kozalak Karışımı (CY) F değeri 1,082 (P=0,395) olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre levha karışım oranları arasında elastikiyet modülü bakımından anlamlı fark bulunmamıştır.

Olivin-Domates sap Karışımı (DY) F değeri 4,946 (P=0,003) olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre %99 güven düzeyi ile levha karışım oranları arasında elastikiyet modülü bakımından anlamlı fark bulunmuştur. Duncan testine göre levha karışım oranları DY₅, DY₄ ve DY₃ birinci grupta DY₄, DY₃, DY₁ ve DY₂ ikinci grupta DY₁, DY₂ ve DY₀ üçüncü grupta yer almıştır. En düşük ortalama DY₅ de elde edilirken sırasıyla DY₄, DY₃, DY₁, DY₂ ve DY₀ kodlu karışımların ortalamaları sıralanmıştır. En düşük ortalama DY₅ de 448,94 en yüksek ortalama DY₀ da 1367,86 olarak elde edilmiştir.

Olivin-Patlıcan Karışımı (EY) değeri 7,829 (P=0,000) olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre %99,9 güven düzeyi ile levha karışım oranları arasında elastikiyet modülü bakımından anlamlı fark bulunmuştur. Duncan testine göre levha karışım oranları EY₀, EY₅, EY₄, EY₁ birinci grupta EY₃ ve EY₂ ikinci grupta yer almıştır. En düşük ortalama EY₀ de elde edilirken sırasıyla EY₅, EY₄, EY₁, EY₃ ve EY₂ kodlu karışımların ortalamaları sıralanmıştır. En düşük ortalama EY₀ de 486,34 en yüksek ortalama EY₂ da 1139,58 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.26. Olivinli karışımların elastikiyet modülü istatistik test sonuçları

Levha Kodu	Ortalamalar	F Değeri
Dolomit-Odun Yongası Karışımı		
AY ₅	585,7952 ^a	11,566***
AY ₄	926,5990 ^{ab}	
AY ₃	1026,8656 ^{ab}	
AY ₂	1267,0866 ^{ab}	
AY ₁	2462,7500 ^b	
AY ₀	5282,3200 ^c	
Dolomit-Kabuk Karışımı		
BY ₅	417,1447 ^a	1,366 ^(ns)
BY ₃	458,5629 ^a	
BY ₄	704,0055 ^a	
BY ₂	719,3984 ^a	
BY ₁	810,7280 ^a	
BY ₀	1129,2482 ^a	
Dolomit-Kozalak Karışımı		
CY ₂	457,8470 ^a	1,082 ^(ns)
CY ₁	519,6462 ^a	
CY ₄	540,0251 ^a	
CY ₃	614,9117 ^a	
CY ₅	634,6403 ^a	
CY ₀	820,0589 ^a	
Dolomit-Domates Sap Karışımı		
DY ₅	448,9420 ^a	4,946**
DY ₄	647,3324 ^{ab}	
DY ₃	830,1636 ^{ab}	
DY ₁	1075,8061 ^{bc}	
DY ₂	1119,7170 ^{bc}	
DY ₀	1367,8630 ^d	
Dolomit-Patlıcan Sap Karışımı		
EY ₀	486,3470 ^a	7,829***
EY ₅	534,7573 ^a	
EY ₄	641,8022 ^a	
EY ₁	728,3550 ^a	
EY ₃	1037,1324 ^b	
EY ₂	1139,5889 ^b	

Not: (***)%99,9 güven düzeyinde, (**) %99 güven düzeyinde, (*)%95 güven düzeyinde, (ns) istatistiksel olarak anlamsız olduğunu, (a,b,c,d,e) ise homojen grupları ifade eder.

Önceki kısımlarda anlatıldığı üzere bir malzemenin ısı yalıtım özelliği sınıfından sayılabilmesi için, ısı iletim katsayı değerinin (λ) 0,065 W/mK dan daha düşük olması gerekir, daha yüksek bulunmuştur. Bu durum açık olarak ürettiğimiz levhaların ısı yalıtım malzeme sınıfında olmadığını göstermesi bakımından önemlidir.

Olivin ilave edilmesiyle üretilen deneme levhaların ısı iletim Çizelge 4.27. de gösterilmiştir. Çizelge 4.27. nin dikkatlice incelenmesiyle, olivin ilave edilerek değişik şartlarda ve hammadde karışımı ile üretilmiş tüm levhaların ısı iletkenlik katsayılarının, standart değerden daha yüksek olduğu anlaşılmıştır.

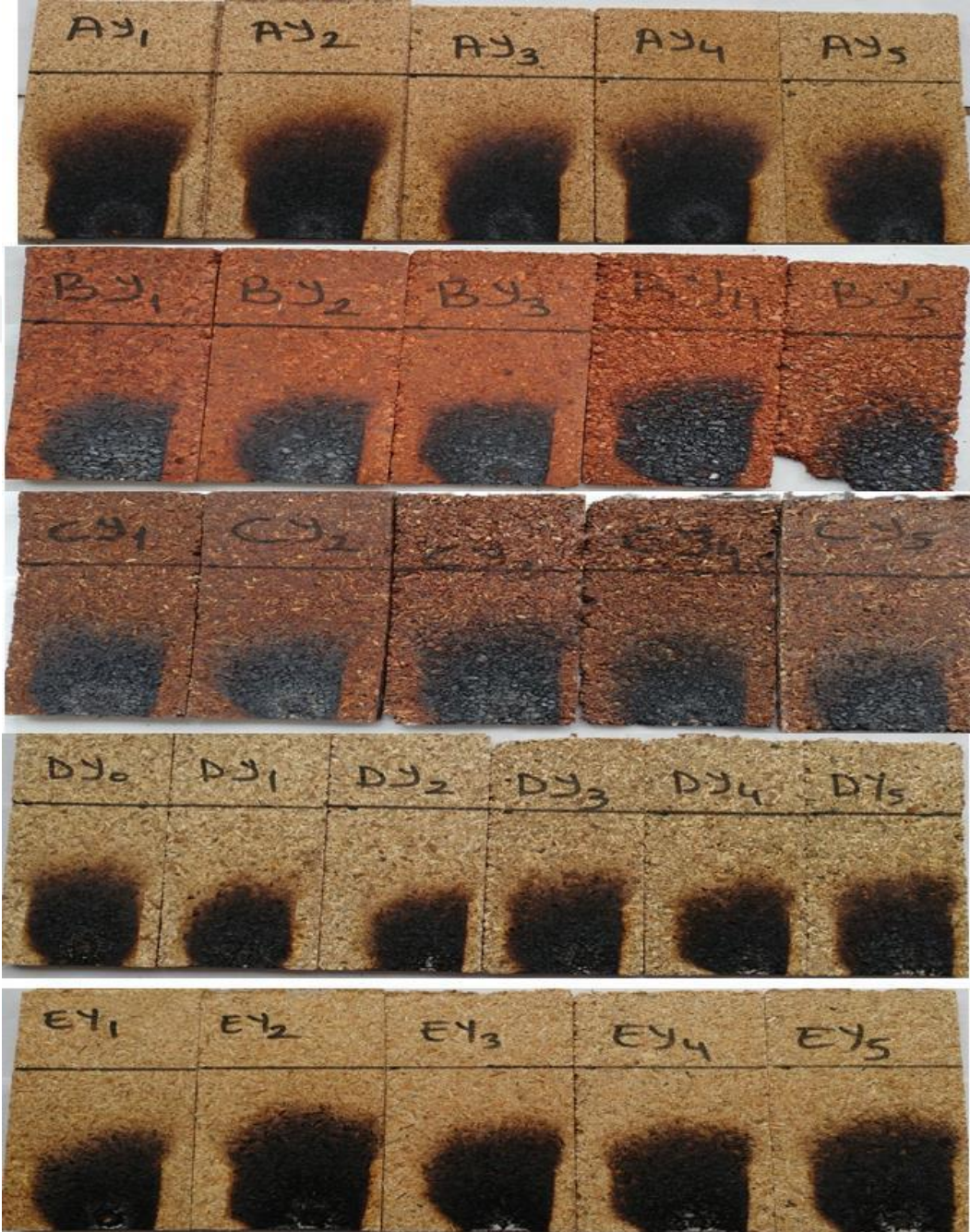
En düşük ısı iletim katsayıları sırasıyla; odun yongası-olivin karışımında AY₁ tipi levhada (λ : 0.2699 W/mK), olivin-kabuk yongası karışımında BY₄ tipi levhada (λ : 0.2603 W/mK), olivin-kozalak karışımında CY₃ tipi levhada (λ : 0.3260 W/mK), olivin-domates sapı karışımında DY₄ tipi levhada (λ : 0.3605 W/mK) ve olivin-patlıcan sapı karışımında EY₅ tipi levhada (λ :0.3028 W/mK) olarak ölçülmüştür.

Çizelge 4.27. Olivin ilave edilerek üretilmiş levhaların ısı iletim özellikleri

Levha Kodu	Isı iletim katsayısı (λ : W/mK)
Olivin-Odun yongası karışımı	
AY ₀	0,3784
AY ₁	0,2699
AY ₂	0,2915
AY ₃	0,3766
AY ₄	0,3237
AY ₅	0,4065
Olivin-kabuk karışımı	
BY ₀	0,3912
BY ₁	0,2829
BY ₂	0,3014
BY ₃	0,2722
BY ₄	0,2603
BY ₅	0,2604
Olivin-Kozalak karışımı	
CY ₀	0,4412
CY ₁	0,3394
CY ₂	0,3313
CY ₃	0,3260
CY ₄	0,4979
CY ₅	0,4302
Olivin-Domates sapı karışımı	
DY ₀	0,4610
DY ₁	0,3919
DY ₂	0,4225
DY ₃	0,4133
DY ₄	0,3605
DY ₅	0,4280
Olivin-Patlıcan Sapı karışımı	
EY ₀	0,4485
EY ₁	0,3332
EY ₂	0,3624
EY ₃	0,3482
EY ₄	0,3160
EY ₅	0,3028
Standart	< 0,065 ise "ısı yalıtım malzemesi"

Şekil 4.18. da, olivin ilave edilmesiyle üretilen levha numunelerinin tek alev kaynağı yanma deney testi sonucunda (TS EN-ISO 11925-2) yüzeydeki alev yayılma özellikleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Dolomit ilavesiyle üretilmiş tüm numuneler benzer

davranış özellikleri olivin ile üretilen levhalarda da gözlemlenmiş ve hiçbir numunenin yüzeyindeki yanma şeklinin, 150 mm eşik sınırına ulaşmadığı gözlemlenmiştir. Buradan, olivin ilave edilmesinin malzemenin yüzeyindeki yanma durumunu belli seviyede iyileştirdiği sonucuna varılabilir.



Şekil 4.18. Olivin ilavesiyle üretilmiş numune yüzeylerinin, tek kaynaklı alev testindeki yanma davranışları

DIN 4102 standardına göre olivin ilavesiyle üretilmiş deneme levhalarının ısı yalıtım özellikleri ve 5 dakikalık tek kaynaktan alev uygulaması sonucunda levhalarda hesaplanan toplam kütle kaybı Çizelge 4.28. de karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.

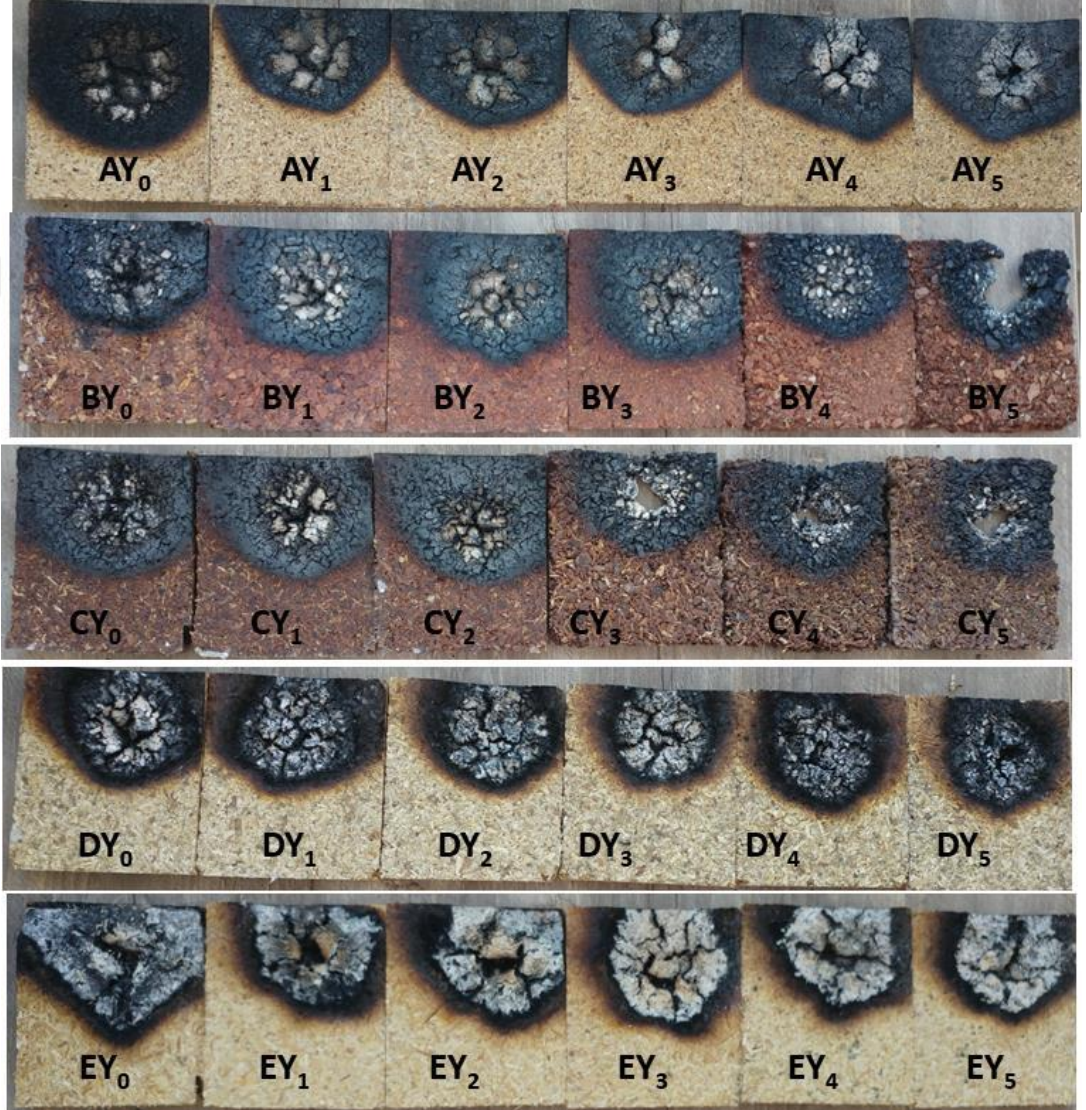
Genel olarak, olivin ilave edilen levhaların ısı yalıtım özellikleri, dolomit ile olanlardan belirgin şekilde farklı olduğu anlaşılmıştır. Aynı oranlarda (90:10 ağırlık/ağırlık) odun yongası/olivin ve kozalak/olivin karışımından üretilen AY₁ ve CY₁ tipi levhalarda sırasıyla en düşük sıcaklık değeri olan 124,4 °C ve 120,5 °C gözlemlenmiş, diğer levha tiplerinde ise; dolomit-kabuk karışımından üretilen levhalarda en düşük sıcaklık değeri, 80,5 °C olarak BY₄ tipi levhalarda, 91,7 °C olarak DY₃ tipi levhalarda, 97,0 °C olarak EY₃ tipi levhalarda gözlemlenmiştir. Çizelge 4.28. dikkatlice incelendiğinde, olivin ilavesiyle üretilmiş numunelerin ısı yalıtım özelliklerinin, dolomitten çok daha fazla olduğu sadece odun ve kozalak esaslı levhalarda düşük oranda katılmasının (%10) yeterli olduğu anlaşılmıştır.

Tek kaynaklı alev yanma denemeleri sonucunda, levhaların 5 dakika sonunda toplam kütle kayıp değerleri hesaplanmıştır. Burada; odun yongası/olivin karışımından üretilen levhalarda en düşük kütle kaybı, %12,78 ile AY₁ tipi levhalarda; kabuk/olivin karışımından üretilenlerde en düşük kütle kaybı BY₄ tipi levhalarda %6,36 olarak; kozalak/olivin karışımından üretilenlerde en düşük kütle kaybı CY₅ tipi levhalarda %10,16 olarak; Domates sapı/olivin karışımından üretilenlerde en düşük kütle kaybı DY₃ tipi levhalarda %6,79 olarak; Patlıcan sapı/olivin karışımından üretilenlerde en düşük kütle kaybı EY₄ tipi levhalarda %9,11 olarak ölçülmüştür. Genel olarak, panel levhaların yapılarına olivin ilave edilmesinin, yangın malzemelerin kütle kaybını önemli belli derecelerde azaltan bir etkisinin olduğu sonucuna varılabilir.

Çizelge 4.28. Olivin ilavesiyle üretilmiş numunelerin ısı geçirgenlik ve toplam kütle kayıp özellikleri

Süre (san.)	0	60	120	180	240	300	Kütle kaybı (%)
Olivin-Odun yongası karışımı							
AY ₀	21,2	78	99,7	131,3	153,4	205	17,39
AY ₁	19,1	25,8	54,5	78,7	92,6	124,4	12,78
AY ₂	20,1	36,3	70,6	80,1	102,8	129,9	13,42
AY ₃	17,6	45,4	67,2	77,9	108,5	134,8	13,62
AY ₄	17,0	44,1	77,8	87,8	139,5	189,5	15,39
AY ₅	17,6	49,5	72,2	90,6	146,8	240,5	10,85
Olivin-kabuk karışımı							
BY ₀	21,6	31,2	80	88,3	95	118,6	11,97
BY ₁	20,8	30,6	50,9	64,8	71,6	90,3	9,35
BY ₂	20,5	29,2	58,2	67,8	82,9	99,4	10,41
BY ₃	21,3	29,7	55,7	74,7	86,7	115,2	9,4
BY ₄	21,4	26,1	37,6	53,3	69,5	80,5	6,36
BY ₅	21,3	39,9	80,5	91,4	146	165	11,87
Olivin-Kozalak karışımı							
CY ₀	22,2	47,7	76,6	92,1	110	143,5	15,76
CY ₁	19,1	36,2	63,2	80	92,5	120,5	12,27
CY ₂	17,8	36,8	71,5	83,8	115,1	151,3	12,88
CY ₃	18,5	30,8	70,4	126,3	178,3	310,1	14,79
CY ₄	20,3	58,7	100,2	168,3	195,9	341,1	13,13
CY ₅	22,5	41,2	73	90,7	186,2	241,6	10,16
Olivin-Domates sapı karışımı							
DY ₀	20,1	31,7	53,1	74,1	84	101,7	12,76
DY ₁	18,4	41,6	62,2	80,3	95,4	109,6	11,36
DY ₂	18,3	30,3	60,1	75,1	87,8	109,4	11,86
DY ₃	16,7	26,5	54,4	64,2	74,8	105,7	6,79
DY ₄	19,8	51,5	78,3	99,4	144	164,8	10,35
DY ₅	21,3	38,6	64,4	76,8	115,2	159	7,53
Olivin-Patlıcan Sapı karışımı							
EY ₀	18,1	27,2	50,7	64,8	84,4	97,6	24,46
EY ₁	21,9	24,7	37,2	52,3	61,5	98,4	13,68
EY ₂	21,3	24,7	47,6	54,6	66,4	107,3	14,04
EY ₃	20	34,5	60,7	79,2	90	110	10,49
EY ₄	20,7	26,3	62,3	79,6	112,7	111,9	9,11
EY ₅	20,5	37,4	56,9	88,4	122,4	220,5	11,55

Şekil 4.19. de levhaların yüzeylerindeki yanma davranışları karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Yukarıda Çizelge 4.28 de sayısal olarak ifade edilen bilgiler, Şekil 4.19. de görsel olarak da teyit edilmiştir. Burada, levha yapısına olivin oranının artmasının, levhaların yanma davranış özellikleri üzerine belli seviyelerde etkili olduğu ve kütle kaybının azalttığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.19. Tek alev kaynağı ile yanma deney sonucu olivin ilavesiyle üretilmiş levhaların yüzey yanma davranış özellikleri

Olivin ilave edilmesiyle üretilen levhalarda Termal gravimetrik analiz yönteminde 25-900 °C sıcaklık aralığında sıcaklığa bağlı kütle değişim grafiği Şekil 4.20.-4.24 de görülmektedir.

Grafikler dikkatlice incelendiğinde, 100 °C ye kadar, numunelerin içindeki nemden kaynaklanan kuruma sonucu % 5-8 kütle kaybı gerçekleşmiştir. 110-250 °C arasında numune kütlesi yaklaşık olarak sabit kalmış, hücre duvarında su kalmamıştır. Bu noktadan sonra ise organik maddelerde ısınma başlamıştır. Numunelerde temel olarak iki bozulma olduğu tespit edilmiştir. Bunlardan ilki 250-350 °C aralığında hızlı bir eğimle oluşmuş ve yaklaşık %70-75 kütle kaybı olmuştur. Bu seviyede moleküler değişim gerçekleşmiştir. Diğer bozulma ise 400-900 °C aralığında, diğer sıcaklık bozulmalarına göre daha az bir eğimle gerçekleştiği ve numunelerde kütle kaybı % 40-60 seviyelerine ulaşmıştır.

TGA grafiklerinden elde edilen bulgulardan, numunelerin termal davranışları ve kütle kayıpları Çizelge 18 de karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.

Olivin-odun karışımından (1:1) üretilen numunenin (AY₅) başlangıç bozulma sıcaklığı (T_b) 199 °C, maksimum sıcaklık (T_m) 357 °C, son sıcaklık (T_s) 410 °C olarak belirlenmiştir. Bu veriler, kontrol (AY₀) numunesinden, başlangıç ve maksimum sıcaklık bozulma sıcaklığının hemen hemen aynı fakat yaklaşık 6 °C daha düşük son bozulma sıcaklığının oluştuğunu belirtmektedir. Ayrıca kontrol örneğinde %56.92 olan en yüksek sıcaklıktaki kütle kaybı, olivin ilave edilmiş levhada %40.17 olarak hesaplanmıştır.

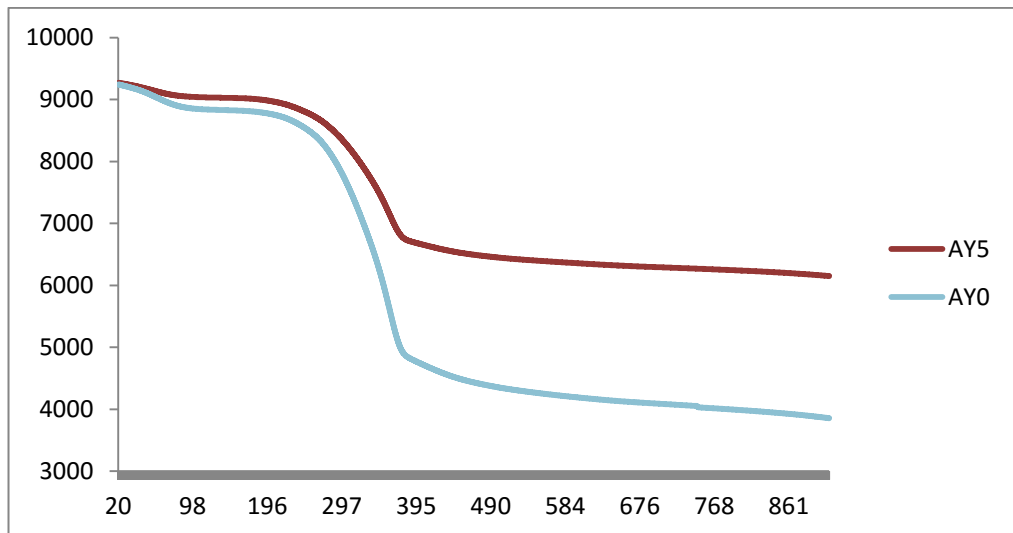
Olivin-kabuk karışımından üretilen numuneler de ise kontrol örneğinde (BY₀) başlangıç bozulma sıcaklığının (T_b) 189 °C, maksimum sıcaklık (T_m) 352 °C olduğu ve 1:1 olivin/kabuk karışımında üretilen levhada ise başlangıç bozulma sıcaklığının (T_b) yaklaşık 12 °C daha düşük ve 177 °C, maksimum sıcaklık (T_m) 344 °C olduğu belirlenmiştir. Son sıcaklık değerinin ise (T_s), BY₅ örneğinde 533 °C olduğu ve kontrol kontrol örneğinden oldukça yüksek olduğu (113 °C daha yüksek) hesaplanmıştır. Toplam kütle kaybı ise BY₀ için %40,09; BY₅ için %44,4 olarak hesaplanmıştır.

Olivin-kozalak karışımından üretilen numunelerin, kontrol levhası için (CY₀) başlangıç bozulma sıcaklığının (T_b) 205 °C, maksimum sıcaklık (T_m) 350 °C, son sıcaklık (T_s) 446 °C olarak belirlenmiştir. 1:1 Olivin/kozalak karışımında üretilen levhada ise başlangıç

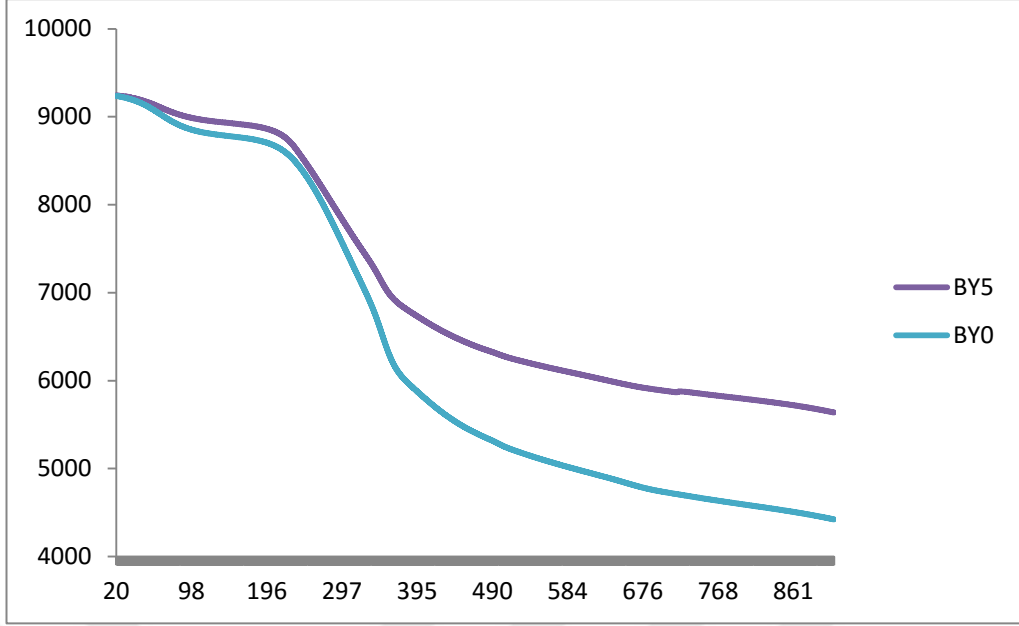
bozulma sıcaklığının (T_b) 215 °C, maksimum sıcaklık (T_m) 351 °C, son sıcaklığın 400 °C olduğu belirlenmiştir. Toplam kütle kaybı ise sırasıyla CY_0 için %57,39, CY_5 için %53,4 bulunmuştur.

Olivin-domates sapı karışımından üretilen levhaların (DY_0 ve DY_5) TGA eğrisine göre DY_0 için başlangıç bozulma sıcaklığının (T_b) 185 °C, maksimum sıcaklık (T_m) 315 °C, son sıcaklık (T_s) 411 °C olarak belirlenmiştir. Olivin/domates sapı karışımından (1:1) üretilen levhada ise (DY_5) başlangıç bozulma sıcaklığının (T_b) daha yüksek ve 198 °C, maksimum sıcaklık (T_m) 311 °C, son sıcaklığın ise 358 °C olduğu belirlenmiştir. Toplam kütle kaybı ise sırasıyla DY_0 için %58,63, DY_5 için %55,18 olduğu hesaplanmıştır.

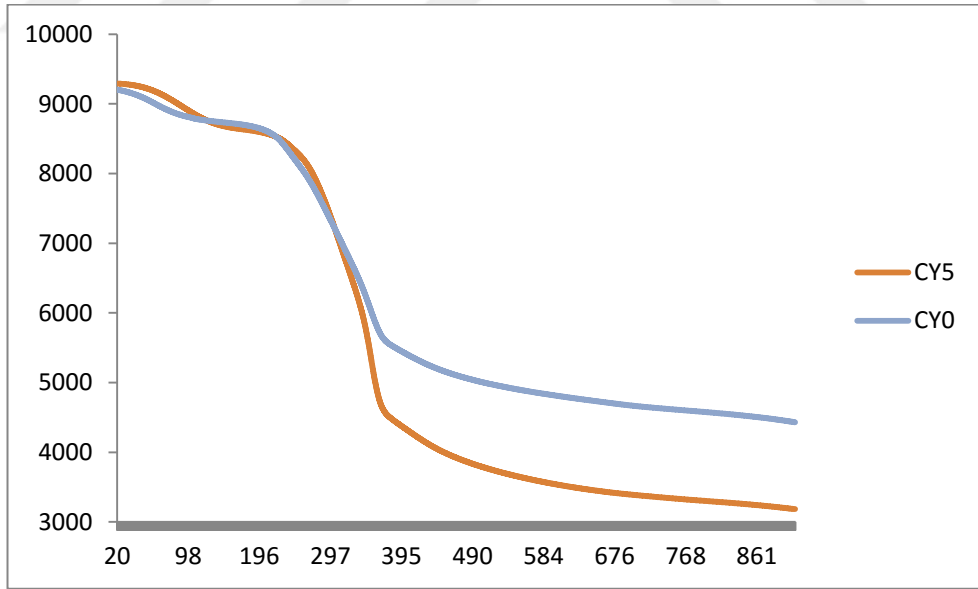
Olivin-patlıcan sapı karışımından üretilen numunelerde, sadece patlıcan sapından üretilen levha ile (EY_0), olivin ile (1:1) karışım olarak üretilen levhanın (EY_5) TGA eğrisine göre EY_0 ve EY_5 için başlangıç (T_b : 178 °C) ve en yüksek bozulma sıcaklıkları aynı olduğu (T_m : 312 °C), son sıcaklık (T_s) ise EY_0 tipi levha için 383 °C, EY_5 tipi levha için 390 °C olarak ölçülmüştür. Toplam kütle kaybı ise sırasıyla EY_0 için %57,87, EY_5 için %37,67 olarak hesaplanmıştır.



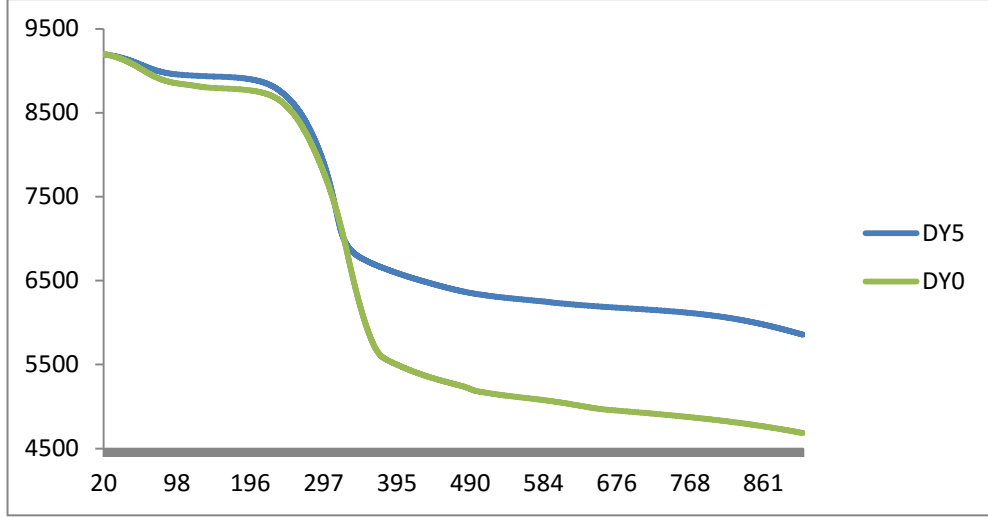
Şekil 4.20. Olivin-Kızılcam yongası karışımı levhaların termal bozulma (TGA) davranışları



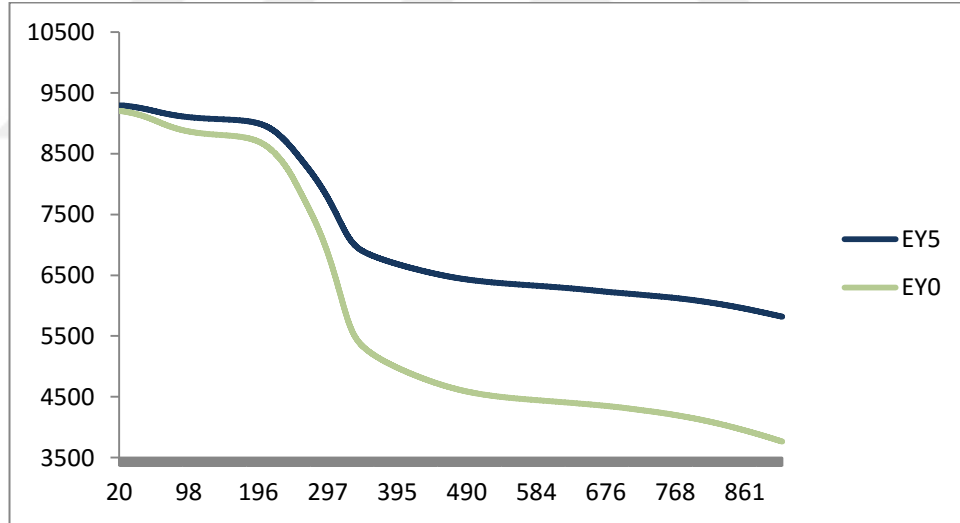
Şekil 4.21. Olivin-Kabuk karışımı levhaların termal bozulma (TGA) davranışları



Şekil 4.22. Olivin-Kozalak karışımı levhaların termal bozulma (TGA) davranışları



Şekil 4.23. Olivin-Domates sapı karışımı levhaların termal bozulma (TGA) davranışları



Şekil 4.24. Olivin-Patlıcan sapı karışımı levhaların termal bozulma (TGA) davranışları

Çizelge 4.29. Olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların termal bozulma sonucu (TGA) ve kütle kaybı özellikleri

Levha Kodu	Tb (°C)	kütle kaybı (%)	Tm (°C)	kütle kaybı (%)	Ts (°C)	kütle kaybı (%)
Olivin-Odun karışımı						
AY ₀	200	6,59	357	45,3	416	56,92
AY ₅	199	4,46	357	32,41	410	40,17
Olivin-Kabuk karışımı						
BY ₀	189	5,63	352	31,06	420	40,09
BY ₅	177	5,06	344	30,13	533	44,4
Olivin-Kozalak karışımı						
CY ₀	205	7,4	350	41,52	446	57,39
CY ₅	215	8,03	351	41,53	400	53,4
Olivin -Domates sap karışımı						
DY ₀	185	8,05	315	41,69	411	58,63
DY ₅	198	6,72	311	39,66	358	55,18
Olivin-Patlıcan sap karışımı						
EY ₀	178	5,85	312	42	383	57,87
EY ₅	178	3,73	312	27,71	390	37,67

Çizelge 4.30. da Olivin ilave edilerek üretilmiş levhaların Radyoaktivite özellikleri verilmiştir. Ölçümlerde ¹³⁷Cs (0,662 KeV) radyoaktif kaynağı kullanılmıştır. Burada Cs (sezyum) radyoaktif kaynağı kullanılarak 0,662 KeV (kilo elektronvolt) da ölçülen değer toplam doğrusal zayıflatma katsayısını (μ) vermektedir. Çizelgede de görüleceği üzere (0,0811 μ) AY₁, (0,083 μ) BY₁, (0,077 μ) CY₀, (0,084 μ) DY₁, (0,084 μ) EY₅ kodlu levhaların toplam doğrusal zayıflatma katsayıları en yüksek çıkarken, (0,0624 μ) AY₂, (0,058 μ) BY₀, (0,052 μ) CY₃, (0,0623 μ) DY₃, (0,0518 μ) EY₄ kodlu levhalarda ise en düşük çıkmıştır.

Çizelge 4.30. Olivin ilave edilerek üretilmiş levhaların Radyoaktivite özellikleri

Levha Kodu	Radyoaktivite μ (1/cm)
Olivin-Odun yongası karışımı	
AY ₀	0,0640
AY ₁	0,0811
AY ₂	0,0624
AY ₃	0,0719
AY ₄	0,0675
AY ₅	0,0808
Olivin-kabuk karışımı	
BY ₀	0,058
BY ₁	0,083
BY ₂	0,081
BY ₃	0,068
BY ₄	0,065
BY ₅	0,068
Olivin-Kozalak karışımı	
CY ₀	0,077
CY ₁	0,063
CY ₂	0,055
CY ₃	0,052
CY ₄	0,064
CY ₅	0,057
Olivin-Domates sapı karışımı	
DY ₀	0,0633
DY ₁	0,0842
DY ₂	0,0670
DY ₃	0,0623
DY ₄	0,0793
DY ₅	0,0668
Olivin-Patlıcan Sapı karışımı	
EY ₀	0,0555
EY ₁	0,0817
EY ₂	0,0737
EY ₃	0,0589
EY ₄	0,0518
EY ₅	0,0840

Lignoselülozik hammadde kaynaklarının (Kızılçam odun, kozalak, kabuk, domates ve patlıcan sapı) tek başlarına ve olivin ile karışım halinde UF tutkalı ile üretilmiş deneme levhaları, yüzey renk özelliklerinde meydana gelen değişimleri incelemek amacıyla, dış atmosferik şartlarda 60 gün süreyle bekletilmiş ve daha sonra yüzey renk değerlerinde meydana gelen değişim farkları (Δ) Çizelge 4.31.'de gösterilmiştir. Bilindiği gibi malzemelerin temel renk değerlerinin belirlenmesinde en çok kullanılan yaklaşımlardan birisi olan CIE standardına göre; L^* parlaklık/koyuluk, a^* kırmızılık (+)/yeşillik (-), b^* sarılık (+)/mavilik (-) değerlerini, ΔE is tüm bunların birleşiminden meydana gelen toplam renk farkını ifade etmesi bakımından en önemli parametredir. Bu nedenle, her bir renk parametresinin açıklanması oldukça zor ve karmaşık olduğundan bunların bir fonksiyonu olan toplam renk farkı (ΔE) değerinin incelenmesi, değişimin ne şekilde olduğu konusunda bilgi vermesi açısından önemlidir.

Olivin-odun yongası karışımında üretilen levhalarda en yüksek renk farkı (ΔE) % 13,62 ile AX_0 tipi levhalarda, olivin-kabuk karışımından üretilen levhalarda %14,67 ile BY_4 tipi levhalarda, olivin-kozalak karışımından üretilen levhalarda %4,47 ile CY_2 tipi levhada, olivin-domates sapı karışımından üretilen levhalarda %12,81 ile DY_0 tipi levhada ve dolomit-patlıcan sapı karışımından üretilen levhalarda %13,67 ile EY_0 tipi levhada gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.31. Olivin ilave edilerek üretilmiş levhaların renk özellikleri

Levhalar	ΔL	Δa	Δb	ΔE	E313 Beyazlık	D1925 Sarılık
Olivin-Odun Yongası Karışımı						
AY ₀	-13,13	3,55	0,67	13,62	9,42	19,44
AY ₁	2,2	0,95	-0,62	3,42	6,76	7,98
AY ₂	1,67	-0,39	-0,24	1,73	-1,57	-2,85
AY ₃	-3,55	1,02	2,83	4,65	8,47	12,89
AY ₄	2,62	1,49	3,94	4,96	5,90	8,96
AY ₅	-3,47	0,80	-0,58	3,61	1,16	3,09
Olivin -Kabuk Karışımı						
BY ₀	-3,56	-1,64	-2,60	4,70	-4,35	-7,04
BY ₁	-6,42	-2,96	-5,57	9,00	-8,01	-12,24
BY ₂	-4,25	-4,13	-7,42	9,50	-15,88	-25,37
BY ₃	-3,28	-3,16	-4,88	6,68	-10,50	-17,60
BY ₄	-9,85	-5,71	-9,25	14,67	-17,22	-27,91
BY ₅	-3,43	-4,54	-5,17	7,69	-11,06	-21,05
Olivin -Kozalak Karışımı						
CY ₀	1,62	-1,97	0,04	2,55	-0,93	-5,37
CY ₁	0,42	-3,37	-2,91	4,47	-7,98	16,57
CY ₂	0,55	-1,55	-2,18	2,72	-6,19	-10,69
CY ₃	1,04	0,04	-1,92	2,18	-5,84	-7,41
CY ₄	-1,93	-0,79	-0,91	2,28	-1,26	-2,58
CY ₅	-0,46	-0,59	0,51	0,91	1,70	1,01
Olivin -Domates Sap Karışımı						
DY ₀	9,54	2,28	8,24	12,81	8,87	12,72
DY ₁	-1,67	3,23	6,81	7,22	11,92	18,65
DY ₂	6,57	0,76	1,92	6,89	0,08	0,52
DY ₃	-4,77	2,04	1,35	5,36	4,63	8,52
DY ₄	-5,53	3,15	3,54	7,28	8,54	14,61
DY ₅	1,11	2,02	0,00	2,30	-0,48	1,76
Olivin -Patlıcan Sap Karışımı						
EY ₀	11,12	2,91	7,39	13,67	5,97	9,84
EY ₁	-3,64	4,54	2,55	6,35	7,39	16,38
EY ₂	2,98	2,32	4,36	5,77	7,18	12,05
EY ₃	2,78	1,97	6,04	6,93	10,97	16,19
EY ₄	5,33	0,61	0,97	5,45	-1,14	-1,09
EY ₅	-2,61	-2,07	-1,22	3,55	-0,95	-3,82

4.3. Dolomit ve olivin ilavesiyle üretilmiş kompozit panel levhaların özelliklerinin karşılaştırılması

Dolomit/odun-kabuk-kozalak-domates sapı ve patlıcan sapı karışımı (AX₁₋₅/BX₁₋₅/CX₁₋₅/DX₁₋₅/EX₁₋₅) ile olivin/odun-kabuk-kozalak-domates sapı ve patlıcan sapı karışımı (AY₁₋₅/BY₁₋₅/CY₁₋₅/DY₁₋₅/EY₁₋₅) üretilmiş deneme levhaları, aynı üretim şartlarında (aynı karışım oranı ve mineral madde katkısı) birbirleri ve kontrol örnekleriyle (AX-Y₀/BX-Y₀/BX-Y₀/BX-Y₀/BX-Y₀) karşılaştırmalı olarak, su içinde ağırlık artım özellikleri, Çizelgeler 4.4 ve 4.18.'deki veriler kullanılarak, karşılaştırmalı olarak Şekiller 4.25.-4.29. de gösterilmiştir.

4.3.1. Levhaların su alma özelliklerinin karşılaştırılması

Şekil 4.25.'den anlaşılacağı üzere, genel olarak her iki mineral katkısının da kızılçam odunundan üretilen levhaların su alma özelliklerini belli derecelerde iyileştirdiği, fakat AY₂ tipi levha hariç, diğer tüm olivin ilavesiyle üretilmiş levha tiplerinin, aynı üretim şartlarında, dolomit ile üretilenlerden daha düşük su alma özelliği gösterdiği anlaşılmıştır. En düşük su alma değeri %37,71 ile 30:70 olivin/odun yongasından üretilen levhada (AY₃), en yüksek ise %70,51 ile 20:80 dolomit/odun yongasından üretilen levhada (AX₂) gözlemlenmiştir.

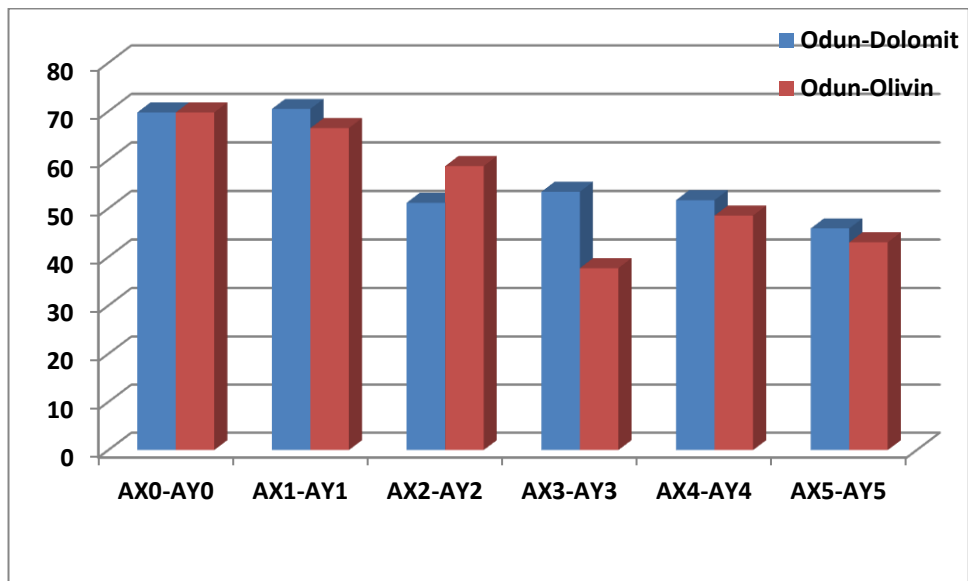
Şekil 4.26. de, kızılçam kabuğuna dolomit ve olivin ilave edilmiş levhaların su içinde ağırlık artış özellikleri gösterilmiştir. İlginç olarak, her iki üretim şartları içinde oldukça düşük (<%10) su alma değerleri gözlemlenmiştir. Burada da olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların su alma özelliklerinin sadece BY₄ tipi levhada, aynı şarttaki dolomit ile üretilene göre daha yüksek olduğu (%4,7 ye %2,41), diğer tüm şartlarda olivin ile üretilen kabuk esaslı levhaların su alma değerlerinin daha düşük olduğu anlaşılmıştır. En düşük su alma değeri %2,41 ile 40:60 dolomit/kabuk karışımından üretilen levhada (BX₄), en yüksek ise %9,95 ile BX₃ tipi levhada gözlemlenmiştir.

Şekil 4.27. de, kızılçam kozalak/ dolomit ve olivin karışımından üretilmiş levhaların su içinde ağırlık artış özellikleri gösterilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, en yüksek su alma değeri %33,51 olarak ile 20:80 dolomit/kozalak karışımından üretilen

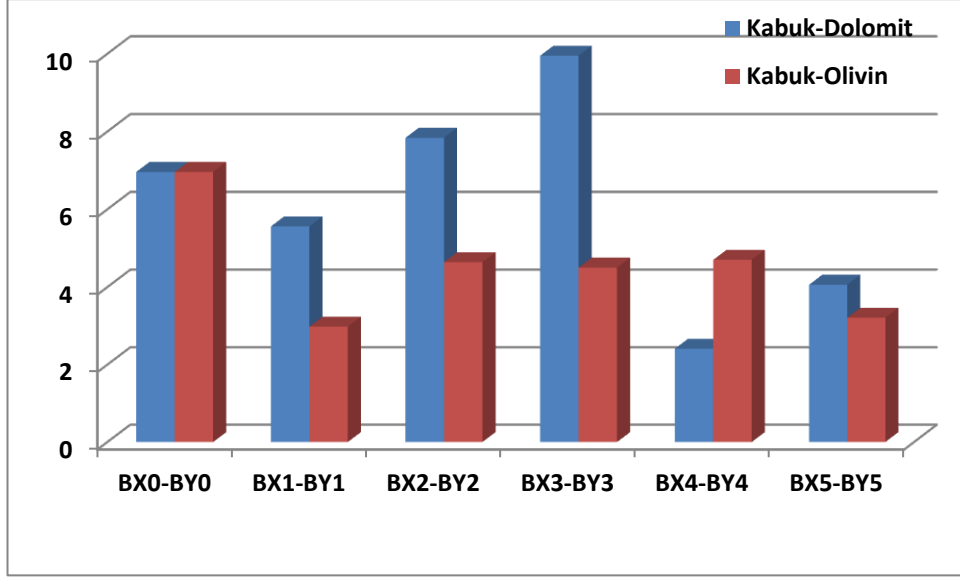
levhada %33,51 (CX₂) olarak, en düşük ise %8,21 olarak 40:60 olivin/kozalak karışımından üretilen levhada görülmüştür.

Şekil 4.28. de, domates sapı/ dolomit ve olivin karışımından üretilmiş levhaların su içinde ağırlık artış özellikleri gösterilmiştir. Genel olarak her iki mineral katkısının da levhaların su alma özelliklerini iyileştirdiği, fakat özellikle dolomit ilavesiyle üretilmiş levhaların, olivinle olanlara göre daha düşük su alma özelliği gösterdiği görülmüştür. En yüksek su alma değeri %33,51 olarak ile 20:80 dolomit/kozalak karışımından üretilen levhada %67,94 olarak DY₄ tipi levhada, en düşük ise %48,41 olarak DX₃ tipi hesaplanmıştır.

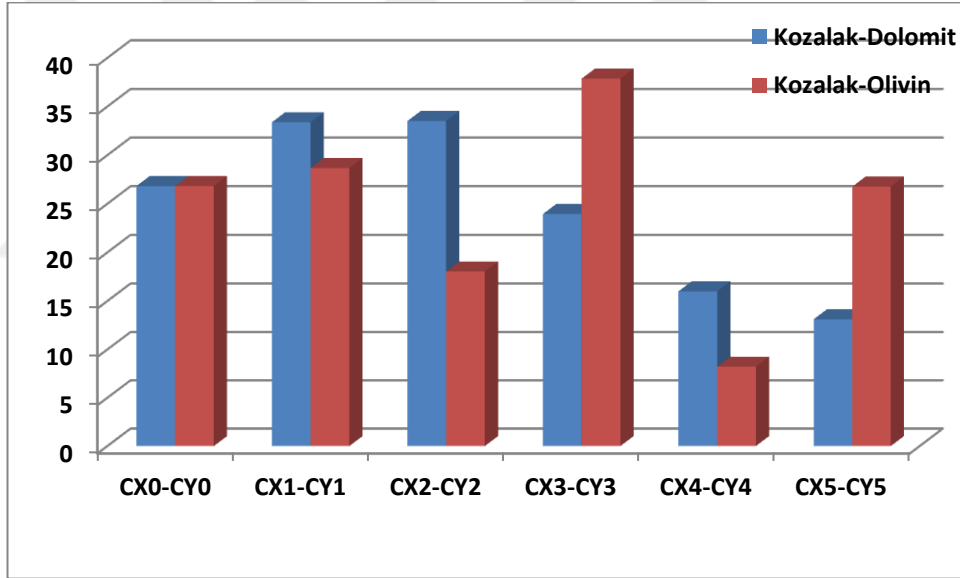
Şekil 4.29. de, patlıcan sapı/ dolomit ve olivin karışımından üretilmiş levhaların su içinde ağırlık artış özellikleri gösterilmiştir. Yukarıda domates sapı ile gözlemlenen durum patlıcan sapı içinde gözlemlenmiş ve her iki mineral katkısının da levhaların su alma özelliklerini iyileştirdiği, fakat özellikle dolomit ilavesiyle üretilmiş levhaların, olivinle olanlara göre daha düşük su alma özelliği gösterdiği görülmüştür. En yüksek su alma değeri %75,87 olarak ile 40:60 olivin/patlıcan sapı karışımından üretilen levhada, en düşük ise %37,46 olarak 30:70 dolomit/patlıcan sapı karışımından üretilen (EX₃) levhada gözlemlenmiştir.



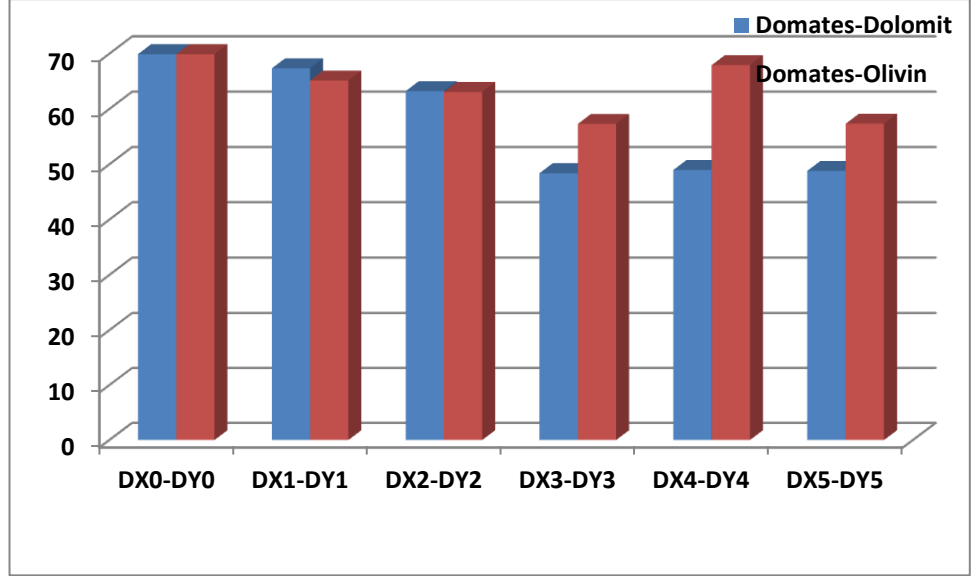
Şekil 4.25. Kızılcım odun yongası/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların su içinde ağırlık artım özellikleri



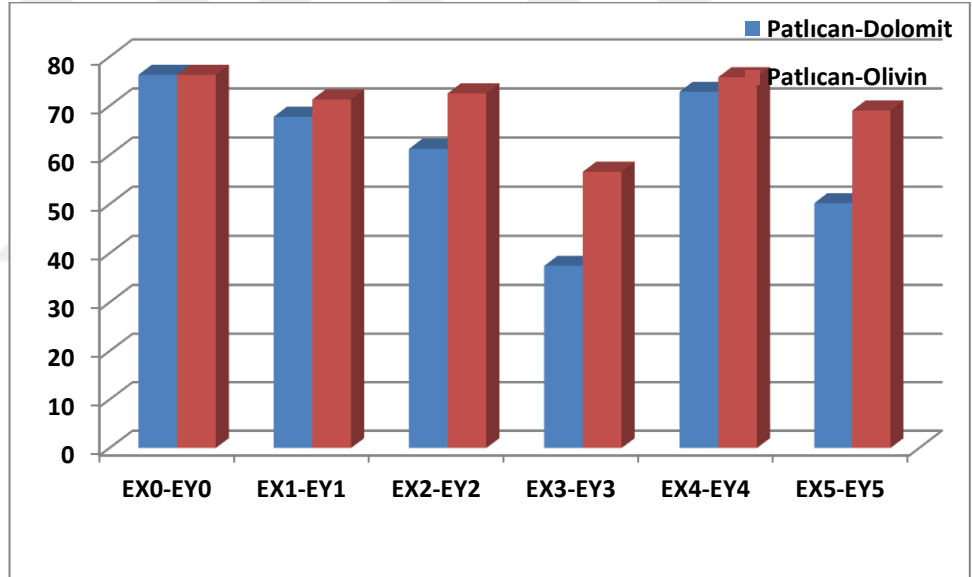
Şekil 4.26. Kızılçam kabuk yongası/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların su içinde ağırlık artım özellikleri



Şekil 4.27. Kızılçam kozalak yongası/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların su içinde ağırlık artım özellikleri



Şekil 4.28. Domates sap yongası/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların su içinde ağırlık artım özellikleri



Şekil 4.29. Patlıcan sap yongası/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların su içinde ağırlık artım özellikleri

4.3.2. Levhaların su içinde (24 saat) kalınlık artım özelliklerinin karşılaştırılması

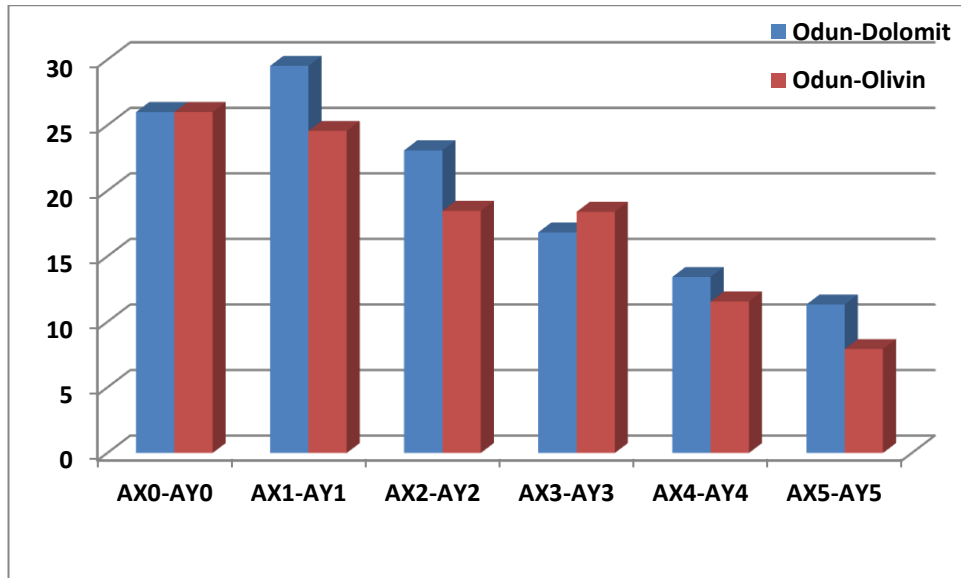
Şekil 4.30. de, kızılçam odun yongası ile dolomit ve olivin ilave edilmiş, benzer üretim şartlarındaki levhaların su içinde kalınlık artım değerleri (24 saat, %) karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Genel olarak her iki levha tipinde de, %40 mineral ilavesine kadar (olivin veya dolomit) standart değerden (%12,5) daha yüksek su içinde kalınlık artım değerleri hesaplanmıştır. Fakat AX₅ ve AY₅ tipi levhalarda ise sırasıyla %11,33 ve %7,93 kalınlık artım gözlemlenmiştir. Karışım içinde her iki mineral madde oranının artışının kalınlık artımını belli düzeyde düşürdüğü söylenebilir. Ayrıca, olivin'in kalınlık artışına olan olumlu etkisinin, dolomitten daha yüksek olduğu ve belli seviyede düşürdüğü anlaşılmıştır.

Şekil 4.31.'de kızılçam kabuk yongası ile dolomit ve olivin ilave edilmiş levhaların su içinde kalınlık artım değerleri gösterilmiştir. Genel olarak olivin ilavesiyle üretilmiş tüm levha tiplerinde, standart değerden daha düşük kalınlık artım değeri gözlemlenmiştir. Dolomit ile üretilenlerde ise sadece BX₄ ve BX₅ tipi levhalarda daha düşük kalınlık artım değerleri hesaplanmıştır. En düşük değer %2,46 ile BY₅ tipi levhada, en yüksek ise BX₂ tipi levhada %17,95 olarak ölçülmüştür. Ayrıca olivin ile üretilen levhalar BY₄ tipi levha hariç, diğer şartlarda dolomit ile üretilenlerden daha düşük kalınlık artım değerleri göstermektedir.

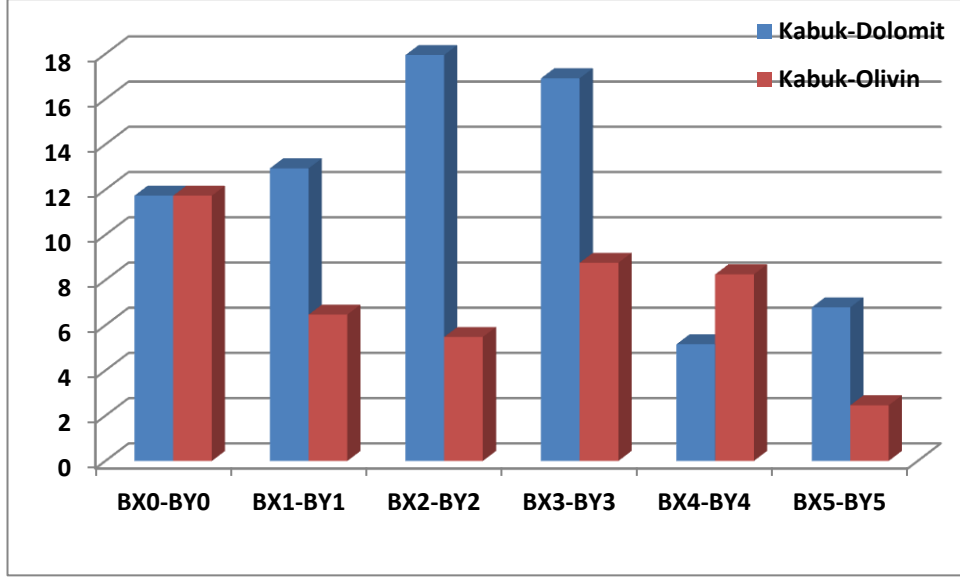
Şekil 4.32.'de kızılçam kozalak yongası ile dolomit ve olivin ilave edilmiş levhaların su içinde kalınlık artım değerleri gösterilmiştir. Genel olarak olivin ilavesiyle üretilmiş tüm levha tiplerinde, CY₂ tipi levha hariç, standart değerden daha düşük kalınlık artım değeri gözlemlenmiştir. Dolomit ile üretilenlerde ise sadece daime standart değerden daha yüksek kalınlık artım değerleri bulunmuştur. En düşük kalınlık artım değeri %5,25 ile CY₁ tipi levha, en yüksek ise kontrol örneğinde %21,44 olarak (CX₀/CY₀) gözlemlenmiştir. Burada da genel olarak aynı üretim şartlarında, olivin ilavesiyle üretilen levhaların kalınlık artım değerleri, dolomit ile üretilenlerden daha düşük olduğu hesaplanmıştır.

Şekil 4.33. de, domates sapı/ dolomit ve olivin karışımından üretilmiş levhaların kalınlık artım değerleri karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Genel olarak her iki mineral katkısının da levhaların su alma özelliklerini belli seviyede iyileştirdiği, fakat tüm levha tiplerinde, standart değerden (%12,5) daha yüksek değerler gözlemlenmiştir. Ayrıca elde edilen bulgulardan, her iki mineral katkı maddesinin, domates sapından üretilmiş levhaların kalınlık artım özelliklerini iyileştirmesi hususunda birbirine tam bir üstünlük sağlayamamıştır. En düşük kalınlık artım değeri DY₄ tipi levhada %14,97 olarak, en yüksek ise kontrol örneğinde (DX₀/DY₀) %37,9 olarak hesaplanmıştır.

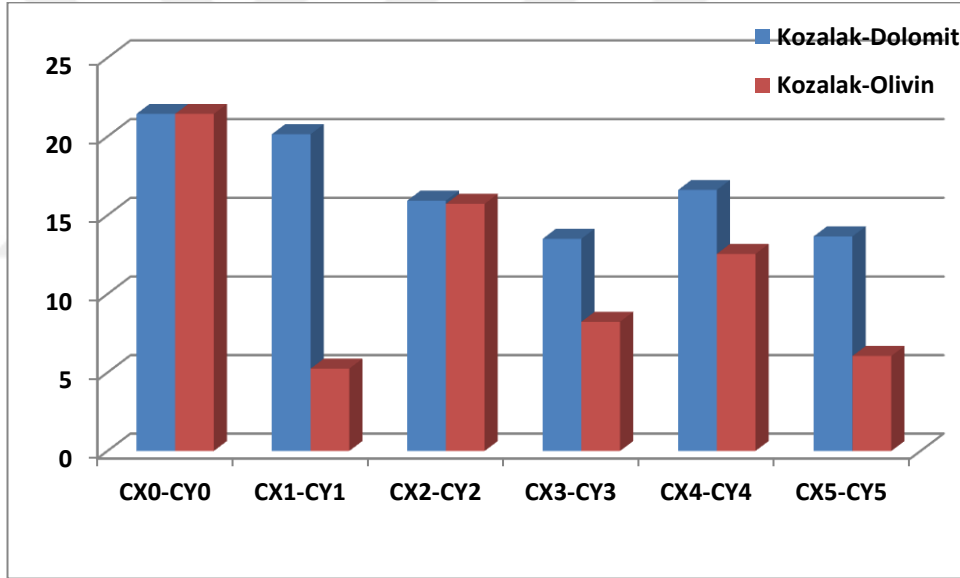
Şekil 4.34. da, patlıcan sapı/ dolomit ve olivin karışımından üretilmiş levhaların su içinde kalınlık artım özellikleri gösterilmiştir. Yukarıda domates sapı ile gözlemlenen durum patlıcan sapı içinde gözlemlenmiş ve her iki mineral katkısının da levhaların kalınlık artım özelliklerini iyileştirdiği, fakat tüm levhala tiplerinde, standart değerden daha yüksek kalınlık artım değerleri gözlemlenmiştir. En düşük kalınlık artım değeri %12,8 olarak EY₅ tipi levhada, en yüksek ise kontrol örneğinde (EX₀/EY₀) %50,59 olarak hesaplanmıştır.



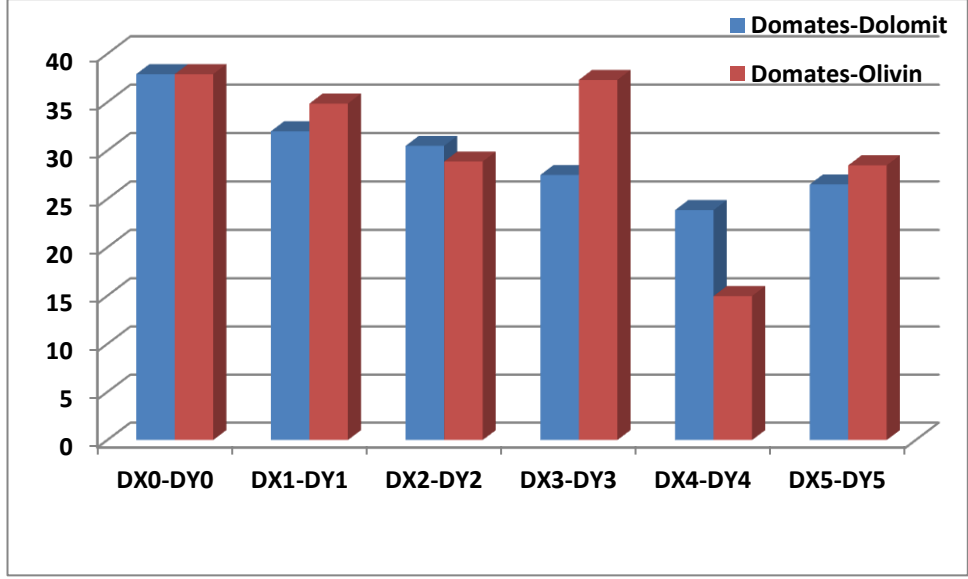
Şekil 4.30. Kızılcam odun yongası/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların kalınlık artım özellikleri



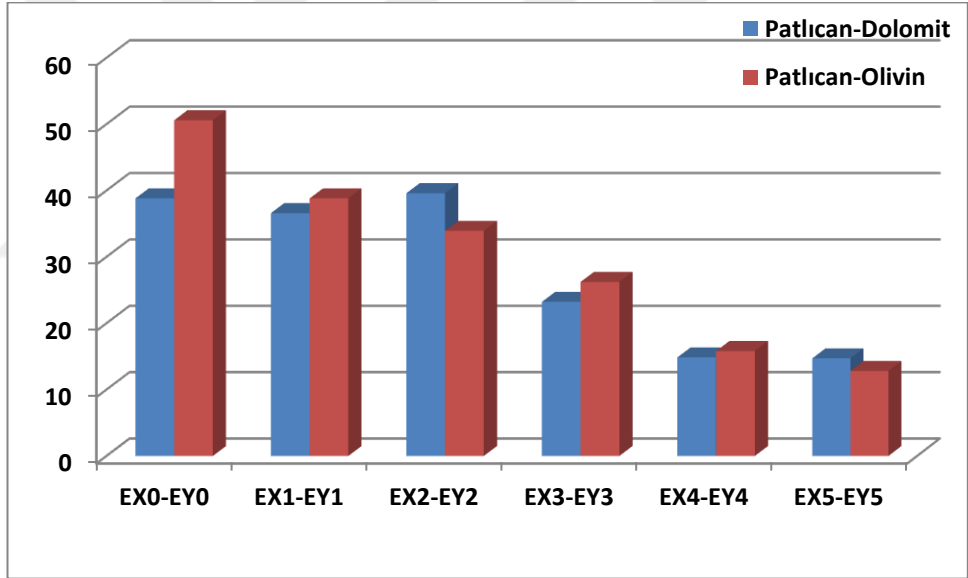
Şekil 4.31. Kızılçam kabuk yongası/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların kalınlık artım özellikleri



Şekil 4.32. Kızılçam kozalak/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların kalınlık artım özellikleri



Şekil 4.33. Domates sapı/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların kalınlık artım özellikleri



Şekil 4.34. Patlıcan sapı/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların kalınlık artım özellikleri

4.3.3. Levhaların yüzeye dik çekme direnç özelliklerinin karşılaştırılması

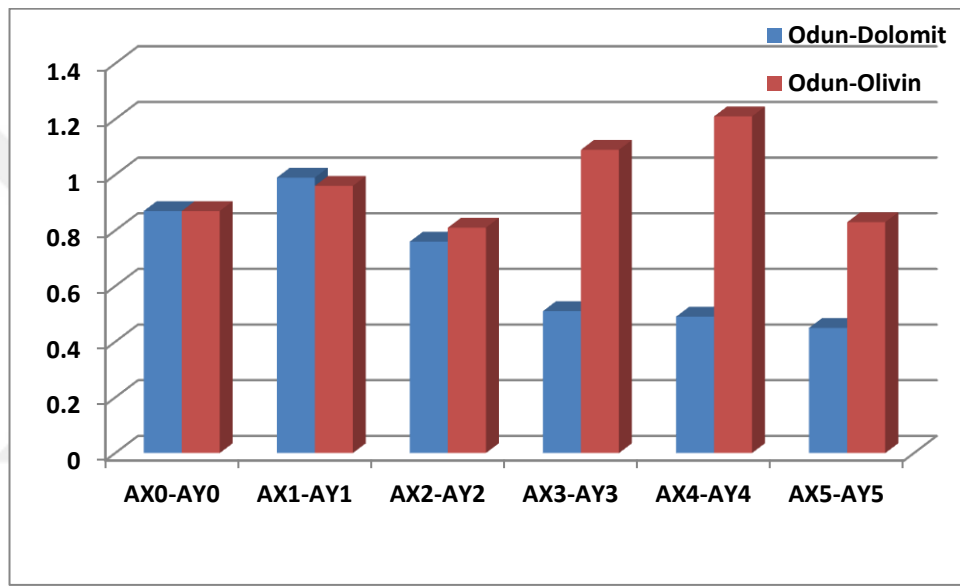
Şekil 4.35. de, kızılçam odun yongası ile dolomit ve olivin ilave edilmiş, benzer üretim şartlarındaki levhaların yüzeye dik çekme direnç değerleri karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Genel olarak her iki levha tipinde de standart değerden ($0,28 \text{ N/mm}^2$) daha yüksek direnç değerleri elde edilmiştir. En yüksek dik çekme direnci $1,21 \text{ N/mm}^2$ olarak AY₄ tipi levhada, en düşük ise $0,45 \text{ N/mm}^2$ olarak AX₅ tipi levhada hesaplanmıştır.

Şekil 4.36.'de kızılçam kabuk yongası ile dolomit ve olivin ilave edilmiş levhaların yüzeye dik çekme direnç değerleri karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Genel olarak hemen hemen tüm levha tiplerinde, standart değerden daha yüksek direnç değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca, dolomit ilavesiyle üretilmiş levhaların, olivinle üretilenlerden daha yüksek dik çekme dirençlerine sahip olduğu anlaşılmıştır. En yüksek yüzeye dik çekme değeri $0,72 \text{ N/mm}^2$ olarak, BX₅ tipi levhada, en düşük ise BY₄ tipi levhada $0,28 \text{ N/mm}^2$ olarak ölçülmüştür.

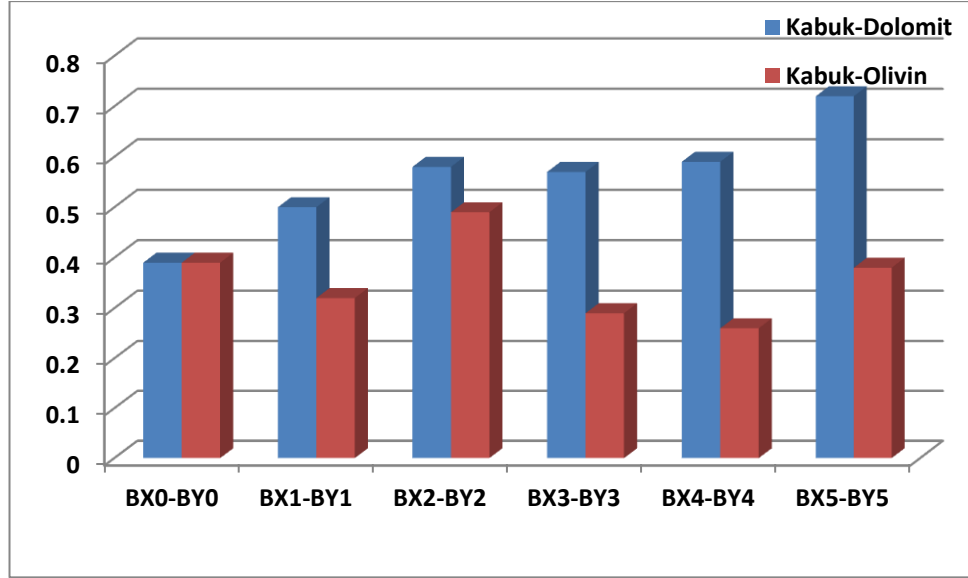
Şekil 4.37.'de kızılçam kozalak yongası ile dolomit ve olivin ilave edilmiş levhaların yüzeye dik çekme direnç değerleri karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Genel olarak olivin ilavesiyle üretilmiş tüm levha tiplerinde, CY₄ tipi levha hariç, dolomit ile üretilenlerden daha yüksek direnç değerleri gözlemlenmiştir. Ayrıca tüm levha tipleri, standart değerden daha yüksek yüzeye dik çekme direnç özelliğine sahiptir. En yüksek yüzeye dik çekme değeri $1,1 \text{ N/mm}^2$ olarak, CY₃ tipi levhada, en düşük ise CY₅ tipi levhada $0,69 \text{ N/mm}^2$ olarak ölçülmüştür.

Şekil 4.38.'de, domates sapı/ dolomit ve olivin karışımından üretilmiş levhaların yüzeye dik çekme direnç değerleri karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Genel olarak her iki mineral katkısının da levhaların direnç özellikleri standart değerden yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca karışıma her iki mineral maddesinin katılmasının da direnç değerini pozitif yönde etkilediği görülmüştür. En yüksek yüzeye dik çekme direnci $0,81 \text{ N/mm}^2$ olarak DX₃ tipi levhada, en düşük ise kontrol örneğinde (DX₀/DY₀) gözlemlenmiştir.

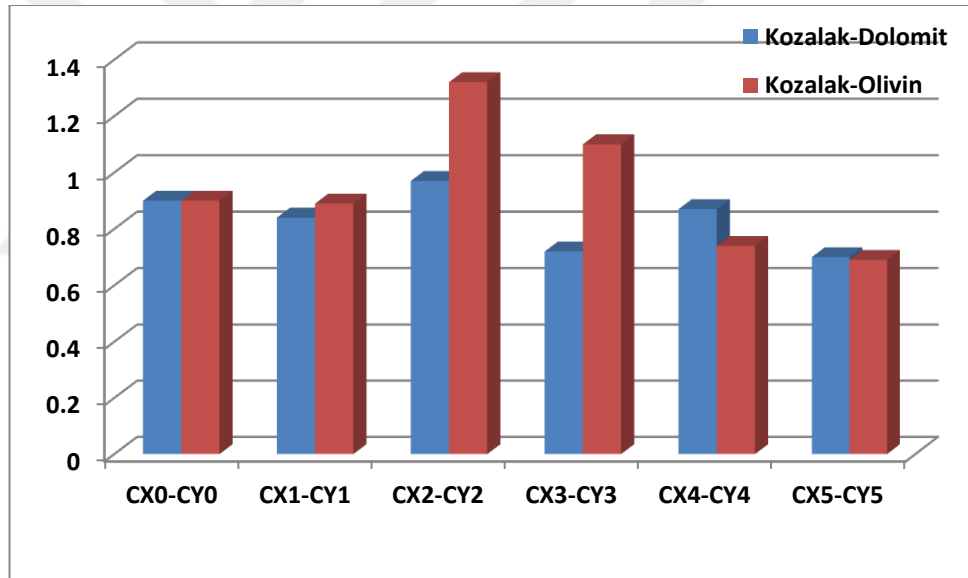
Şekil 4.39.'de, patlıcan sapı/ dolomit ve olivin karışımından üretilmiş levhaların yüzeye dik çekme özellikleri gösterilmiştir. İlginç olarak kontrol örnekleri standart değerden daha düşük direnç değeri göstermiştir ($0,22 \text{ N/mm}^2$). Diğer tüm üretim şartları ve levha tiplerinde ise standart değerden daha yüksek direnç değerleri gözlemlenmiştir. Ayrıca patlıcan sap karışımına her iki mineral madde ilavesi (dolomit/olivin) levhaların direk çekme direnç değerlerini olumlu yönde etkilemiştir. En yüksek yüzeye dik çekme direnci $0,43 \text{ N/mm}^2$ olarak EY₃ tipi levhada, en düşük ise kontrol örneğinde (DX_0/DY_0) $0,22 \text{ N/mm}^2$ olarak bulunmuştur.



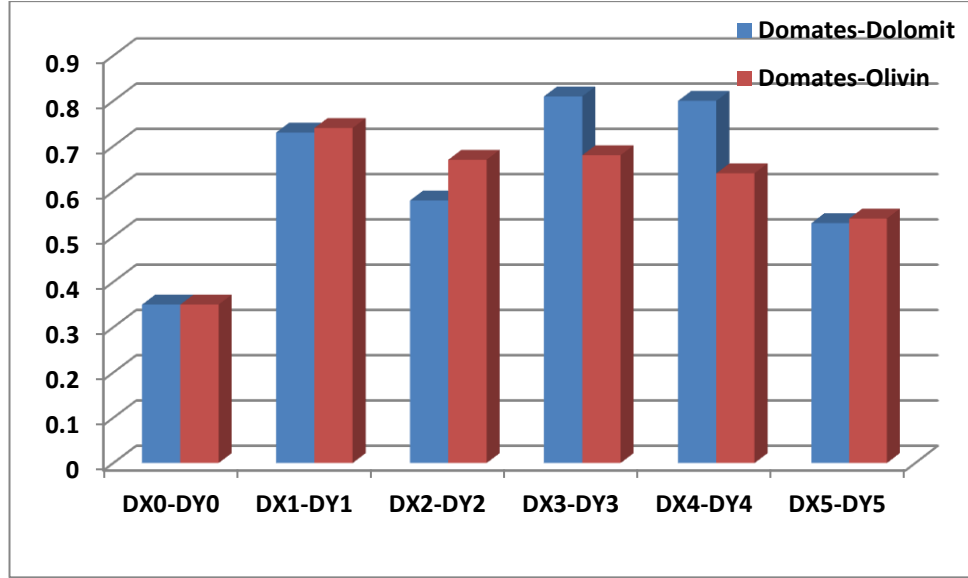
Şekil 4.35. Kızılçam odun yongası/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların yüzeye dik çekme direnç özellikleri



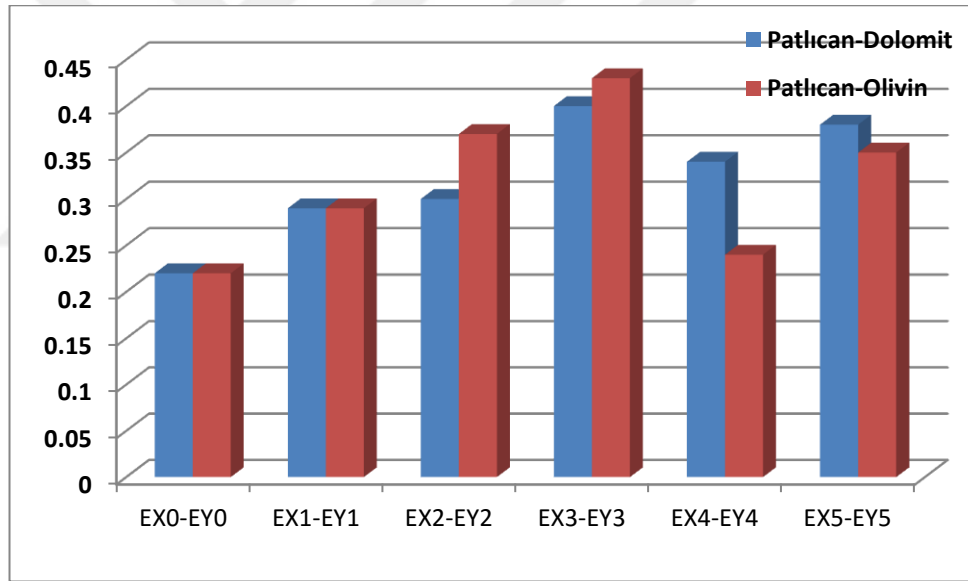
Şekil 4.36. Kızılçam kabuk/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların yüzeye dik çekme direnç özellikleri



Şekil 4.37. Kızılçam kozalak/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların yüzeye dik çekme direnç özellikleri



Şekil 4.38. Domates sapı/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların yüzeye dik çekme direnç özellikleri



Şekil 4.39. Patlıcan sapı/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların yüzeye dik çekme direnç özellikleri

4.3.4. Levhaların eğilme direnç özelliklerinin karşılaştırılması

Şekil 4.40.'da, kızılçam odun yongası ile dolomit ve olivin ilave edilmiş, benzer üretim şartlarındaki levhaların eğilme direnç değerleri karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Genel olarak sadece kontrol örneğinde (AX_0/AY_0) standart değer olan $12,5 \text{ N/mm}^2$ den daha yüksek eğilme direnç değeri ($12,75 \text{ N/mm}^2$) bulunmuştur. Diğer tüm üretim şartları ve levha tiplerinde ise, standart değerden daha düşük eğilme direnç değeri gözlemlenmiştir. Bu durumda karışıma mineral madde katkısı levhaların direnç değerlerini olumsuz etkilediği söylenebilir. En düşük eğilme direnç değeri AX_5 tipi levhada $4,89 \text{ N/mm}^2$ olarak ölçülmüştür.

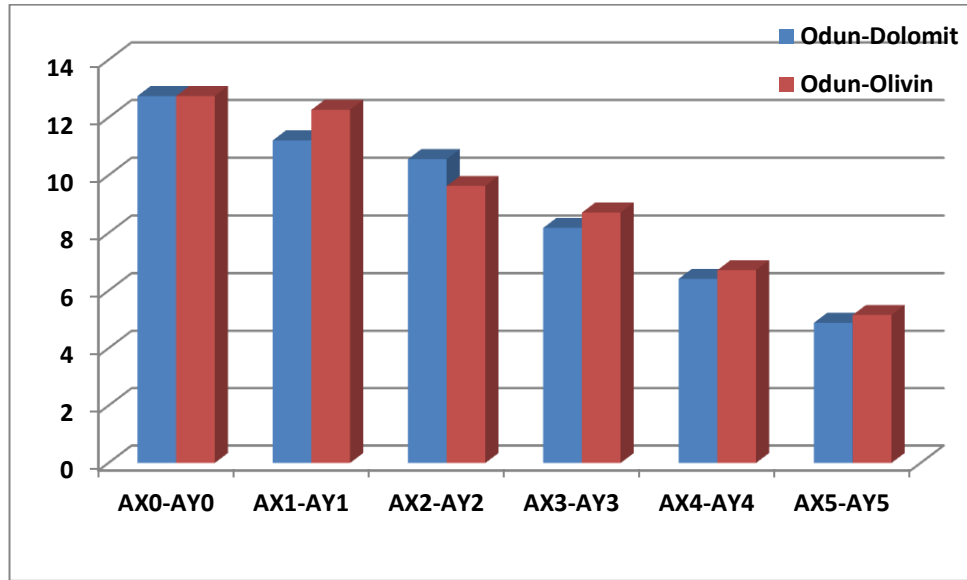
Şekil 4.41.'de kızılçam kabuk yongası ile dolomit ve olivin ilave edilmiş levhaların eğilme direnç değerleri karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Genel olarak hemen hemen tüm levha tiplerinde, kontrol örnekleri 'de dahil olmak üzere standart değerden daha düşük direnç değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca, genel olarak dolomit ilavesiyle üretilmiş levhaların, olivinle üretilenlerden daha yüksek eğilme direnç değerlerine sahip olduğu anlaşılmıştır. En yüksek yüzeye dik çekme değeri $4,42 \text{ N/mm}^2$ olarak, BX_1 tipi levhada, en düşük ise BY_4 tipi levhada $1,19 \text{ N/mm}^2$ olarak ölçülmüştür.

Şekil 4.42.'de kızılçam kozalak yongası ile dolomit ve olivin ilave edilmiş levhaların eğilme direnç değerleri karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Genel olarak olivin ilavesiyle üretilmiş tüm levha tiplerinde, CY_1 tipi levha hariç, dolomit ile üretilenlerden daha yüksek direnç değerleri gözlemlenmiştir. Ayrıca tüm levha tipleri, standart değerden daha düşük eğilme direnç özelliğine sahiptir. En yüksek yüzeye dik çekme değeri kontrol örneğinde (CX_0/CY_0) $6,59 \text{ N/mm}^2$ olarak, en düşük ise CY_5 tipi levhada $1,13 \text{ N/mm}^2$ olarak ölçülmüştür. Buradan açık olarak gözlemlendiği üzere, karışıma her iki mineral madde katkısının da levhaların eğilme direnç özelliklerini olumsuz yönde etkilemiştir.

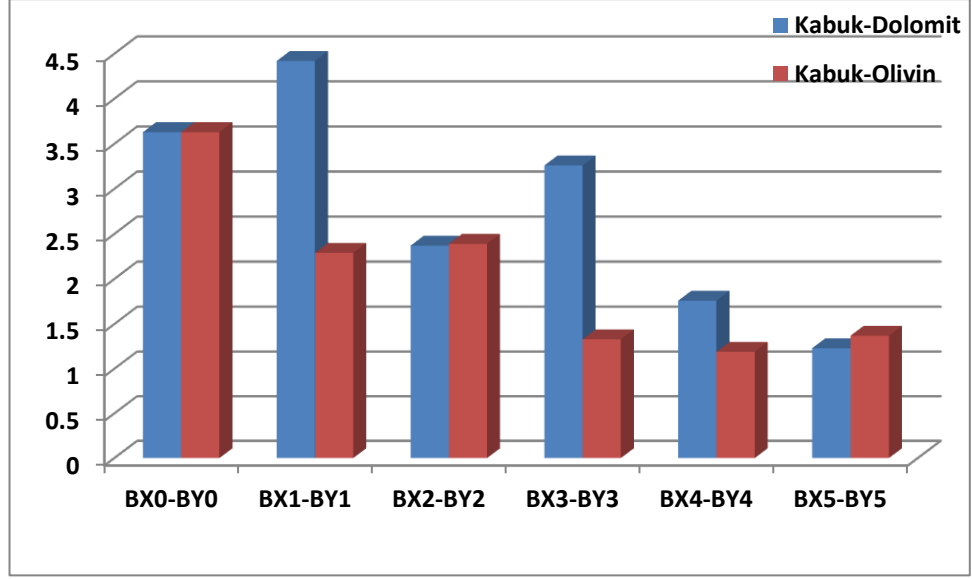
Şekil 4.43. da, domates sapı/ dolomit ve olivin karışımından üretilmiş levhaların eğilme direnç değerleri karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Genel olarak tüm levha

tiplerinin ve karışım oranlarında üretilen levhaların direnç özellikleri standart değerden daha düşük olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca karışıma her iki mineral maddesinin katılmasının da direnç değerini olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. En yüksek yüze eğilme direnci $8,46 \text{ N/mm}^2$ olarak kontrol levhasında (DX_0/DY_0) en düşük ise DY_5 tipi levhada $2,49 \text{ N/mm}^2$ olarak ölçülmüştür. Ayrıca genel olarak dolomit katkısıyla üretilen levhaların, aynı üretim şartlarında olivin ile üretilenlerden daha yüksek eğilme direnç değerine sahip olduğu anlaşılmıştır.

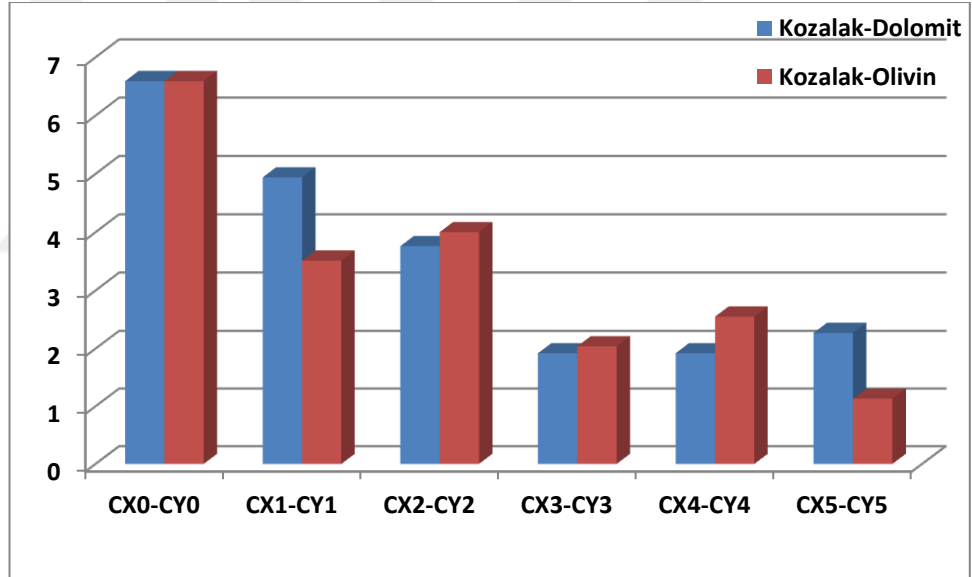
Şekil 4.44. de, patlıcan sapı/ dolomit ve olivin karışımından üretilmiş levhaların eğilme direnç özellikleri gösterilmiştir. İlginç olarak EY_5 levha tipi hariç, tüm levhaların eğilme direnç özelliklerinin, kontrol örneklerinden yüksek olduğu (DX_0/DY_0 : $0,38 \text{ N/mm}^2$) ve mineral madde katılmasının patlıcan sapından üretilen levhalarda belli seviyelerde direnç artışına neden olduğu gözlemlenmekle birlikte tüm levhaların direnç özellikleri standart değerden daha düşük olduğu anlaşılmıştır. En yüksek eğilme direnç değeri $7,76 \text{ N/mm}^2$ olarak EY_2 tipi levhada en düşük ise yine olivin ilavesiyle üretilmiş EY_5 tipi levhada $2,71 \text{ N/mm}^2$ olarak ölçülmüştür.



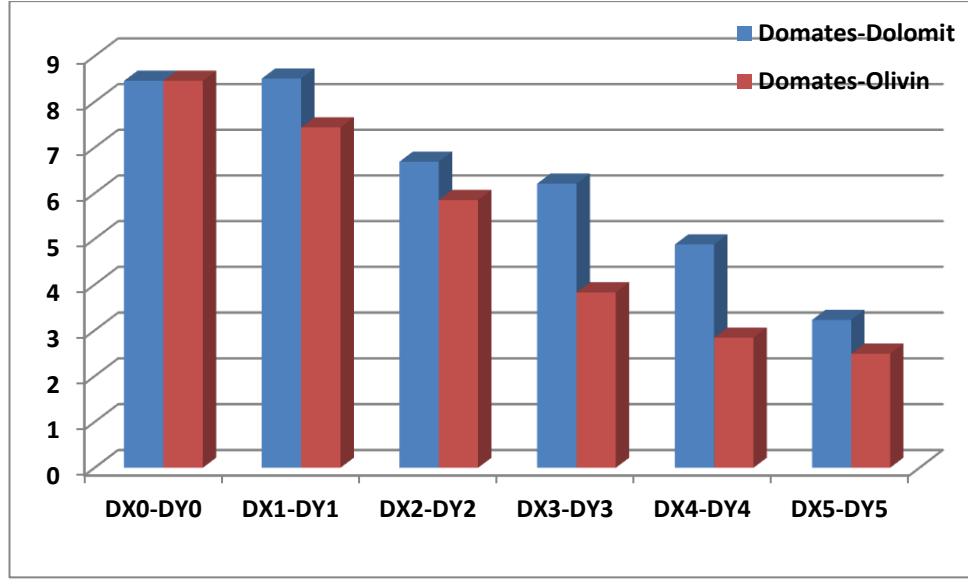
Şekil 4.40. Kızılçam odun yongası/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların eğilme direnç özellikleri



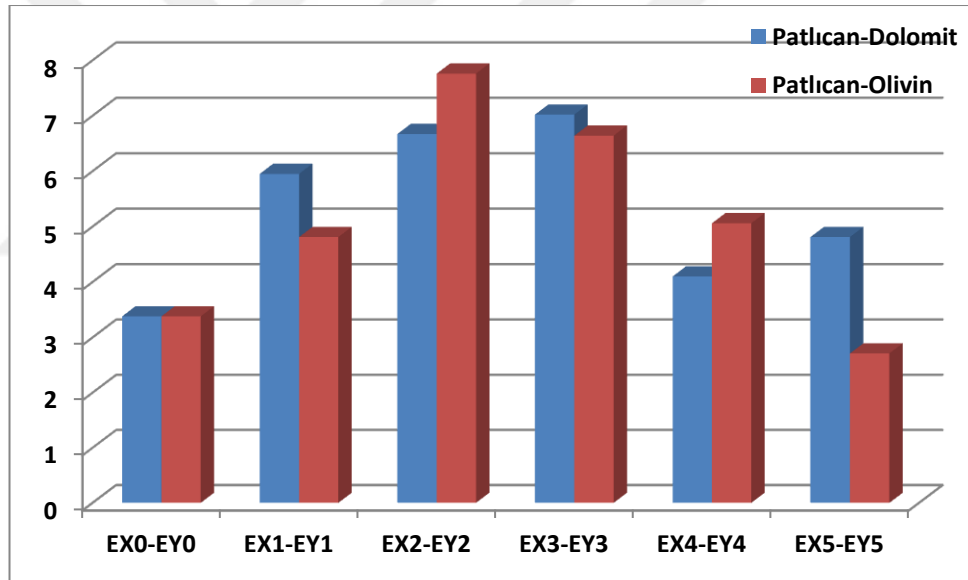
Şekil 4.41. Kızılçam kabuk/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların eğilme direnç özellikleri



Şekil 4.42. Kızılçam kozalak/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların eğilme direnç özellikleri



Şekil 4.43. Domates sapı/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların eğilme direnç özellikleri



Şekil 4.44. Patlıcan sapı/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların eğilme direnç özellikleri

4.3.5. Levhaların eğilmede elastik modül özelliklerinin karşılaştırılması

Şekil 4.45.'de, kızılçam odun yongası ile dolomit ve olivin ilave edilmiş, benzer üretim şartlarındaki levhaların eğilme elastik modül değerleri karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Genel olarak en yüksek elastik modül değeri $2462,8 \text{ N/mm}^2$ olarak AY_1 tipi levhada ölçülmüştür. Bu üretim şartı aynı zamanda dolomitten üretilmiş levhaların, standart değer olan 1600 N/mm^2 dan daha yüksek olduğu tek üretim şartıdır (AX_1). Genel olarak %10 dan daha yüksek olivin ilavesinde, dolomitte ise tüm ilave şartlarında kontrol değerinden daha düşük (2245 N/mm^2) elastik değer bulunmuştur. Bu durum, odun yongasına %10 dan daha yüksek oran mineral ilavesinin, elastik değeri önemli derecede azalttığı ve standart değerden daha düşük özellik sağladığını açıklaması bakımından önemlidir.

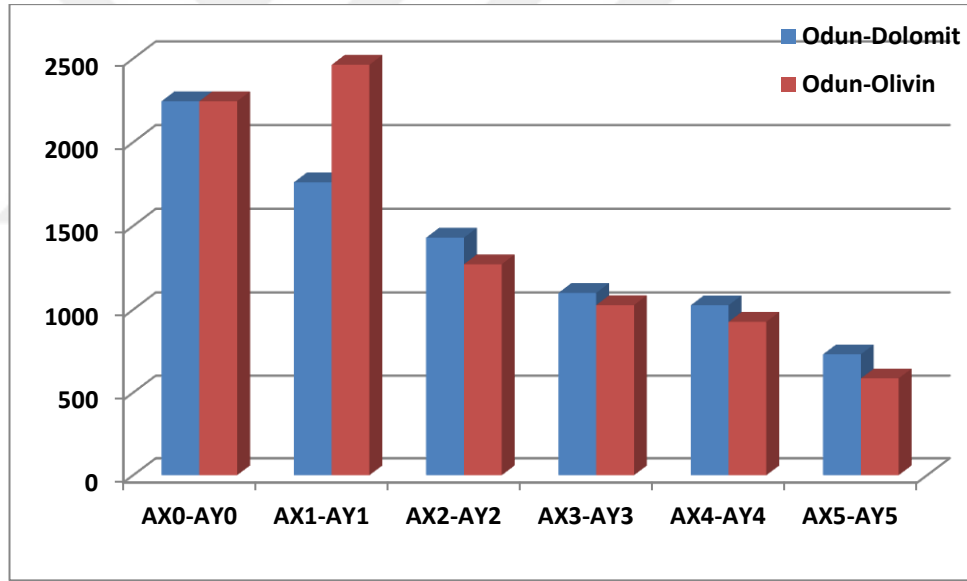
Şekil 4.46.'de kızılçam kabuk yongası ile dolomit ve olivin ilave edilmiş levhaların eğilme elastik modül değerleri karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Genel olarak tüm levha tiplerinde, kontrol örnekleri 'de dahil olmak üzere standart değerden daha düşük eğilme elastik modül değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca, genel olarak her iki mineral madde ilavesinin levhaların elastik özelliklerine olumsuz etkilediği anlaşılmıştır. En yüksek elastik değeri $1129,3 \text{ N/mm}^2$ olarak kontrol örneğinde (BX_0/BY_0) bulunmuştur. En düşük ise $417,1 \text{ N/mm}^2$ olarak BY_5 tipi levhada görülmüştür.

Şekil 4.47.'de kızılçam kozalak yongası ile dolomit ve olivin ilave edilmiş levhaların eğilme elastik özellikleri karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Tüm levha tiplerinde, kontrol örnekleri de dahil, standart değerden daha düşük (1600 N/mm^2) elastik modül değerleri gözlemlenmiştir. Ayrıca kontrol örneği (CX_0/CY_0), 820 N/mm^2 olarak en yüksek elastik özelliği göstermiştir. Bu durum, olivin ve dolomit ilavesinin, levhaların elastik özelliğini olumsuz etkilediğini göstermesi bakımından önemlidir. En düşük elastik modül değeri $457,8 \text{ N/mm}^2$ olarak CY_2 tipi levha gözlemlenmiştir.

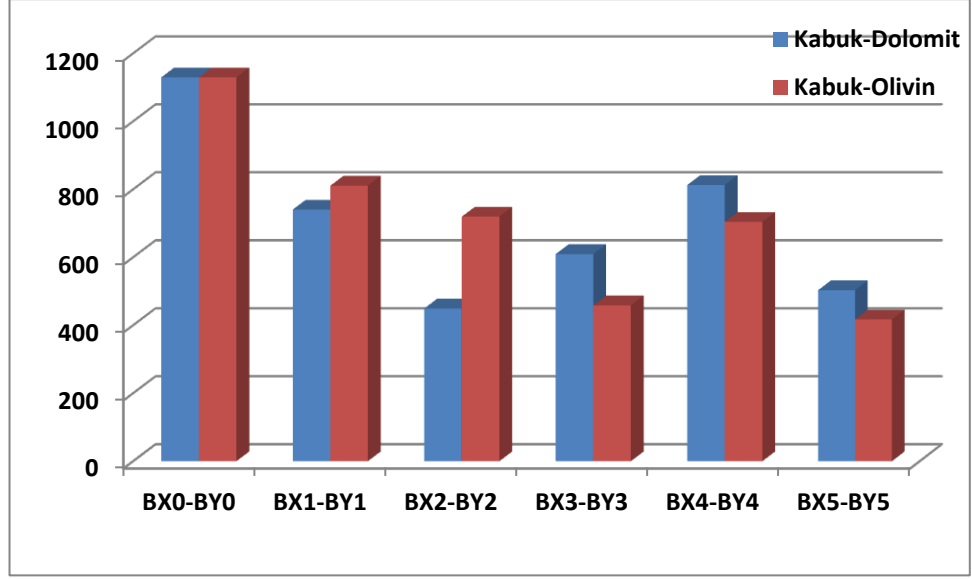
Şekil 4.48. de, domates sapı/ dolomit ve olivin karışımından üretilmiş levhaların elastik modül değerleri gösterilmiştir. Burada da tüm levha tiplerinde, standart

değerden daha düşük (1600 N/mm^2) elastik modül değerleri gözlemlenmiştir. Fakat en yüksek elastik modül değeri kontrol örneğinde (DX_0/DY_0), $1367,9 \text{ N/mm}^2$ olarak hesaplanmıştır. Levha yapısında her iki mineral maddenin de bulunması levhaların elastik değerlerini olumsuz etkilediği anlaşılmıştır. En düşük elastik değeri $508,9 \text{ N/mm}^2$ olarak DY5 tipi levhada bulunmuştur.

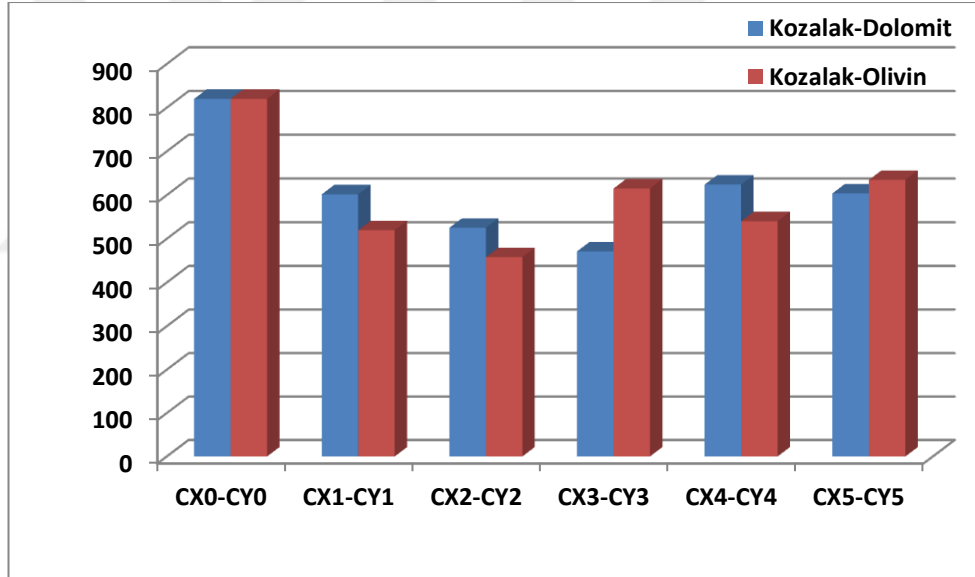
Şekil 4.49. de, patlıcan sapı/ dolomit ve olivin karışımından üretilmiş levhaların elastik modül özellikleri gösterilmiştir. İlginç olarak her iki mineral maddesinde, levhaların eğilme elastik özelliğini olumlu yönde etkilemiş olmakla birlikte, tüm levha üretim şartlarında ve tiplerinde, standart değerden daha düşük elastik modül değerleri hesaplanmıştır. En düşük elastik değer kontrol örneğinde (DX_0/DY_0) $486,34 \text{ N/mm}^2$ olarak, en yüksek ise $1242,7 \text{ N/mm}^2$ olarak EX₅ tipi levha bulunmuştur.



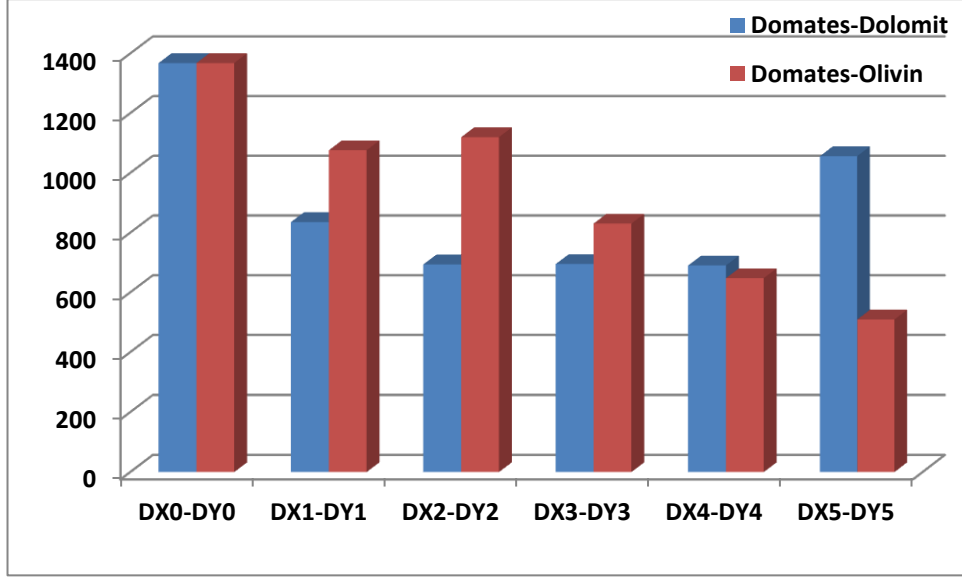
Şekil 4.45. Kızılçam odun yongası/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların eğilme elastik modül (MOE) özellikleri



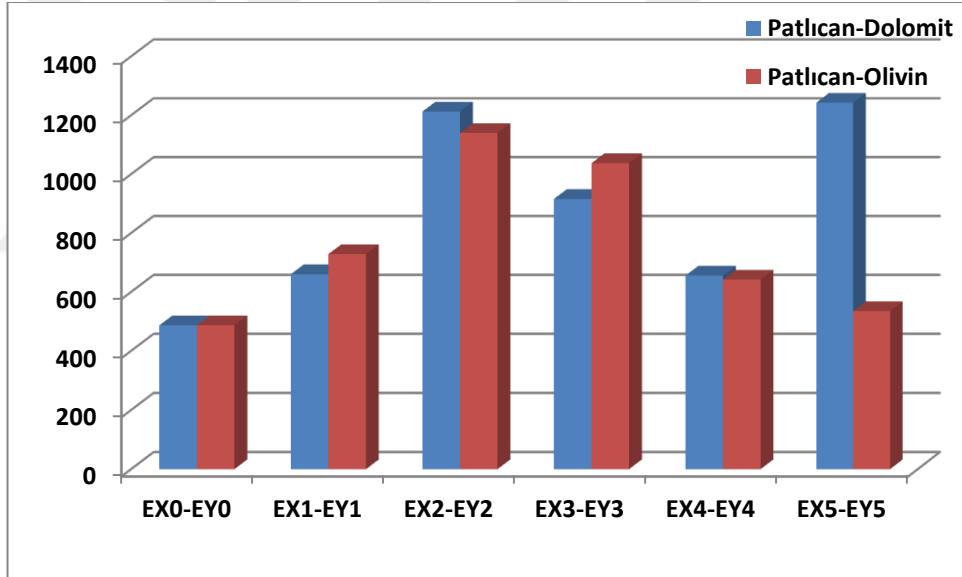
Şekil 4.46. Kızılçam kabuk/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların eğilme elastik modül (MOE) özellikleri



Şekil 4.47. Kızılçam kozalak/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların eğilme elastik modül (MOE) özellikleri



Şekil 4.48. Domates sapı/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların eğilme elastik modül (MOE) özellikleri



Şekil 4.49. Patlıcan sapı/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların eğilme elastik modül (MOE) özellikleri

4.3.6. Levhaların ısı iletim özelliklerinin karşılaştırılması

Şekiller 4.50-4.54 de, olivin ve dolomit ilave edilmesiyle tasarımsal ve orman atıklarından üretilmiş levhaların ısı iletim katsayıları (yalıtım) karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.

Kızılcam odun yongası ile dolomit ve olivin ilave edilmiş, benzer üretim şartlarındaki levhaların ısı iletim özellikleri karşılaştırmalı olarak Şekil 4.50.'de gösterilmiştir. Genel olarak, dolomit ve olivin ilave edilmiş tüm levha tiplerinde, kontrol örneğinden daha düşük ısı yalıtım özelliği birçok levha tipinde hesaplanmış olmakla birlikte, ısı yalıtım malzemesi için gerekli olan (ISO ve CEN standardına göre), $\lambda = 0.065$ W/mK ve daha düşük bir değer elde edilememiştir. En düşük ısı iletim katsayısı $\lambda = 0,2699$ W/mK ile AY₁ tipi levhada, en yüksek ise 0,4065 W/mK ile AY₅ tipi levhada gözlemlenmiştir.

Kızılcam kabuk yongası ile dolomit ve olivin ilave edilmiş levhaların ısı iletim katsayıları karşılaştırmalı olarak Şekil 4.51.'de gösterilmiştir. Genel olarak hem olivin hem dolomit ilave edilmiş levhaların ısı iletim özellikleri (yalıtım) belli derecelerde düzenlenmiştir. En düşük ısı iletim katsayısı $\lambda = 0,2504$ W/mK ile AX₁ tipi levhada, en yüksek ise $\lambda = 0,3912$ W/mK ile kontrol (AX₀/AY₀) levhasında gözlemlenmiştir. Fakat bu değerler, standart değer olan $\lambda = 0.065$ W/mK'in oldukça üzerindedir.

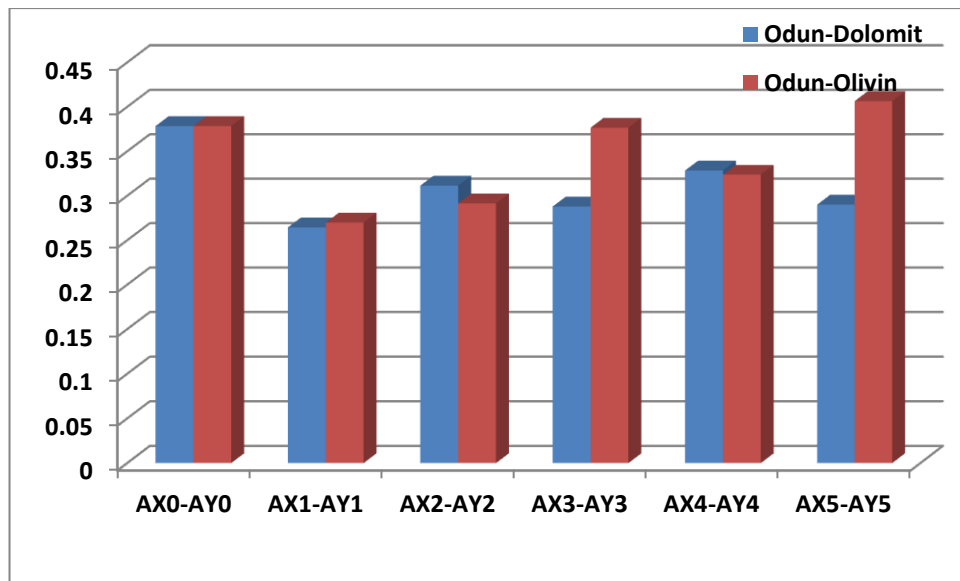
Kızılcam kozalak ile dolomit ve olivin ilave edilmiş levhaların ısı iletim katsayıları karşılaştırmalı olarak Şekil 4.52.'de gösterilmiştir. Burada da, kontrol örneğine dolomit ve olivin ilave edilmesi levhaların yalıtım (ısı iletim) özelliğini belli derecelerde iyileştirmeler gözlemlenmekle birlikte ölçülen tüm değerler, standart ısı iletim katsayısından ($\lambda = 0.065$ W/mK) oldukça yüksektir. En düşük ısı iletim katsayısı 0,320 W/mK ile CX₅ tipi levhada, en yüksek ise kontrol örneğinde (CX₀/CY₀), 0,4412 W/mK ile ölçülmüştür.

Domates sapı ile dolomit ve olivin ilave edilmiş levhaların ısı iletim katsayıları karşılaştırmalı olarak Şekil 4.53.'da gösterilmiştir. Dolomit ve olivin ilavesi levhaların

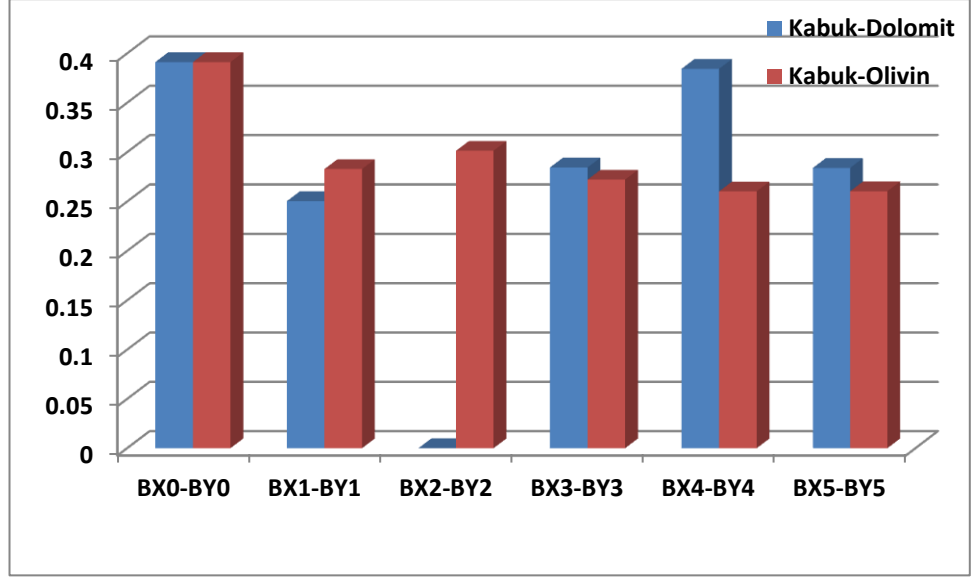
ısı iletim (yalıtım) özelliklerini belli derecelerde iyileştirmekle birlikte standart ısı iletim katsayısından ($\lambda = 0.065 \text{ W/mK}$) oldukça yüksek bulunmuştur. En yüksek ısı iletim değeri ($\lambda = 0.461 \text{ W/mK}$ ile kontrol örneğinde (DX_0/DY_0), en düşük ise, $\lambda = 0,3376 \text{ W/mK}$ ile DX_1 tipi levhada ölçülmüştür.

Patlıcan sapı ile dolomit ve olivin ilave edilmiş levhaların ısı iletim katsayıları karşılaştırmalı olarak Şekil 4.54.'da gösterilmiştir. Diğer deneme levhalarına benzer şekilde, olivin ve dolomit ilave edilmesi, patlıcan sapından üretilmiş levhaların yalıtım özelliklerini belli derecelerde düzenlemiş ve pozitif etki yapmış olmakla birlikte, ölçülen değerler tüm levha tipleri için, standart değer olan $\lambda = 0.065 \text{ W/mK}$ den daha büyük bulunmuştur. En yüksek ısı iletim değeri ($\lambda = 0.4485 \text{ W/mK}$ ile kontrol örneğinde (EX_0/EY_0), en düşük ise, $\lambda = 0,3028 \text{ W/mK}$ ile EY_5 tipi levhada ölçülmüştür.

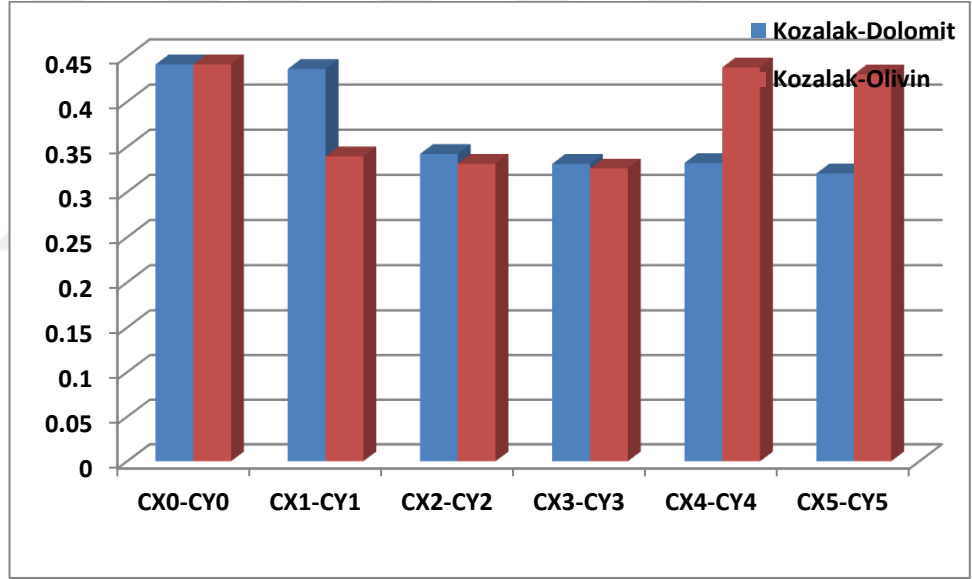
Yukarıda iki farklı mineral katkı maddesi (dolomit ve olivin) kullanılarak üretilen panel levhaların, ısı iletim katsayıları belli derecelerde azalmış, yani yalıtım özellikleri artmış olmakla birlikte, tüm üretim şartlarında ve farklı tipteki yaklaşık 50 levhanın hiçbirisinde, ISO ve CEN standardına göre bir malzemenin yalıtım malzeme sınıfında yer alması için gerekli olan $\lambda = <0,065 \text{ W/mK}$ değer elde edilememiştir.



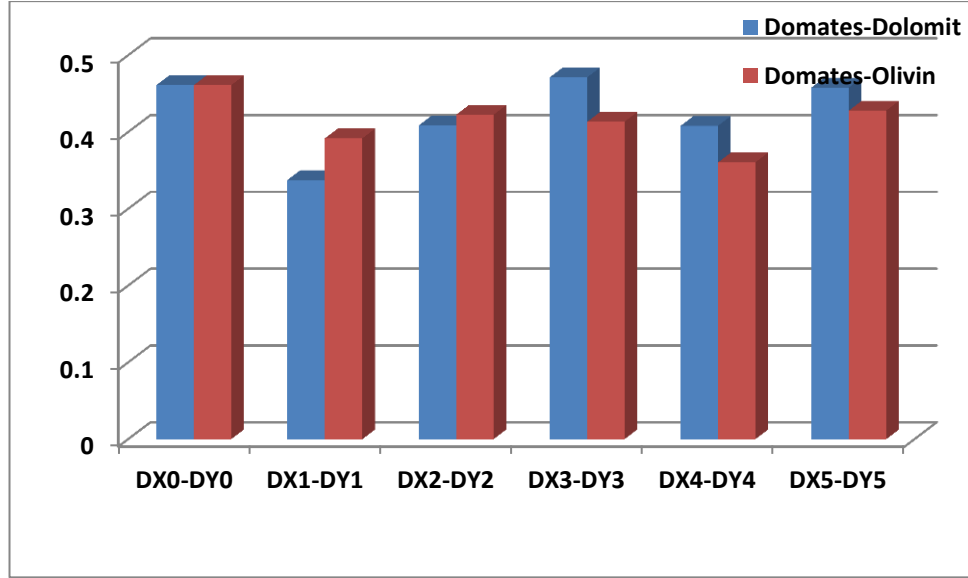
Şekil 4.50. Kızılçam odun yongası/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların ısı iletim (λ) özellikleri



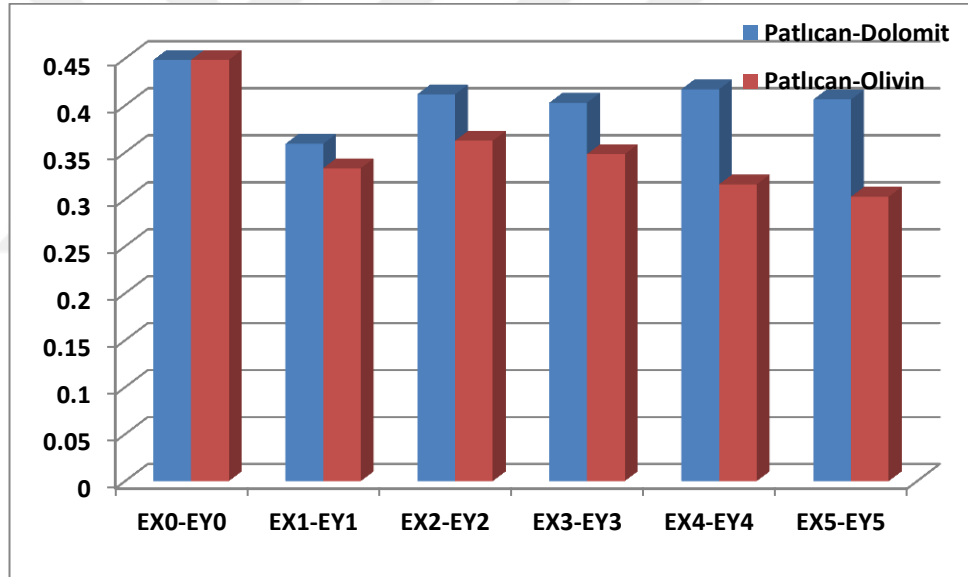
Şekil 4.51. Kızılçam kabuk/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların ısı iletim (λ) özellikleri



Şekil 4.52. Kızılçam kozalak/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların ısı iletim (λ) özellikleri



Şekil 4.53. Domates sapı/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların ısı iletim (λ) özellikleri



Şekil 4.54. Patlıcan sapı/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların ısı iletim (λ) özellikleri

4.3.7. Levhaların yanma davranış özelliklerinin (sıcaklık geçirgenlik) karşılaştırılması

Şekiller 4.55. - 4.59. de, olivin ve dolomit ilave edilmesiyle tasarımsal ve orman atıklarından üretilmiş levhaların, 5 dakika (300 saniye) sonunda yangın davranış özellikleri, yani levha arka yüzeylerindeki ölçülen sıcaklık değerleri karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.

Kızılçam odun yongası ile dolomit ve olivin ilave edilmiş, benzer üretim şartlarındaki levhaların arka yüzeylerinde ölçülen sıcaklık değerleri karşılaştırmalı olarak Şekil 4.55.'de gösterilmiştir. Genel olarak, olivin ilave edilmiş tüm levha tiplerinde, AY₅ levha tipi hariç, kontrol örneğinden daha düşük sıcaklık ölçülmüştür. Ayrıca tüm dolomit ile üretilmiş levhalarda, aynı üretim şartında olivinle üretilenlere göre daha yüksek sıcaklık ölçülmüştür. En yüksek sıcaklık AX₅ tipi levhada 263 °C ile, en düşük sıcaklık değeri ise 124,4 °C ile AY₁ tipi levhada ölçülmüştür. Kontrol örneğinde ise bu sıcaklık değeri (AX₀/AY₀) 205 °C olarak ölçülmüştür.

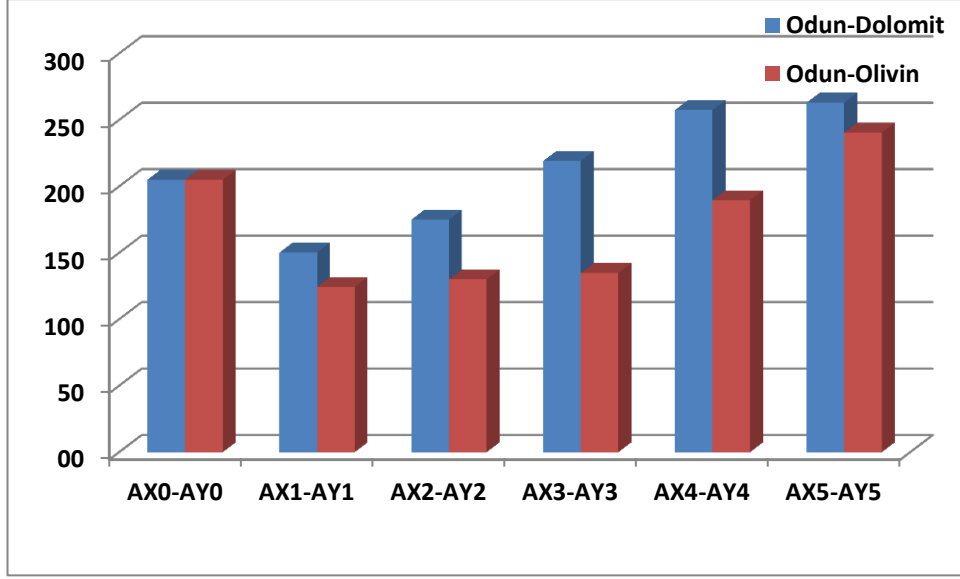
Kızılçam kabuk yongası ile dolomit ve olivin ilave edilmiş levhaların arka yüzeylerinde ölçülen sıcaklık değerleri karşılaştırmalı olarak Şekil 4.56.'de gösterilmiştir. Burada da odun yongası ile üretilen levhaların değerlerine benzer sonuçlar elde edilmiştir. Genel olarak tüm olivin ile üretilmiş levhaların arka yüzeylerinde ölçülen sıcaklık değeri, BY₅ levha tipi hariç, kontrol örneklerinden (118,6 °C) daha düşük olarak ölçülmüştür. Benzer şekilde, tüm dolomit ile üretilmiş levhalarda, aynı üretim şartında olivinle üretilenlere göre daha yüksek sıcaklık ölçülmüştür. En yüksek sıcaklık BX₅ tipi levhada 171,6 °C ile en düşük sıcaklık değeri ise 80,5 °C ile BY₄ tipi levhada ölçülmüştür.

Kızılçam kozalak ile dolomit ve olivin ilave edilmiş levhaların arka yüzeylerinde ölçülen sıcaklık değerleri karşılaştırmalı olarak Şekil 4.57.'de gösterilmiştir. Bu örneklerde, kızılçam odun ve kabuk ile hazırlananlardan farklı değerler bulunmuştur. Olivin ile üretilen örneklerde, sadece CY₁ tipi levhada, kontrol örneğinden daha düşük sıcaklık değeri (120,5 °C), diğer olivin esaslı levha tiplerinde ise daha yüksek sıcaklıklar ölçülmüştür. Ayrıca sadece bu levha tipi, aynı şartta dolomit ile üretilmiş

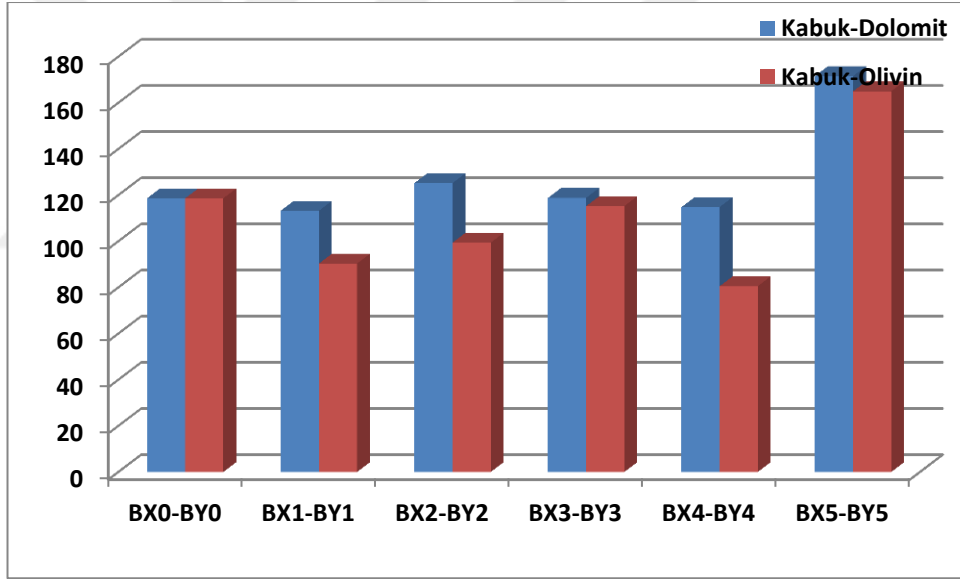
levhadan (CX_1) daha düşük sıcaklık değerine sahiptir. Dolomit ile üretilmiş tüm deneme levhalarında, kontrol örneğinden daha yüksek sıcaklık değeri ölçülmüştür. En yüksek sıcaklık değeri CY_4 tipi levhada $341,1\text{ }^\circ\text{C}$ ile, en düşük ise CY_1 tipi levhada $120,5\text{ }^\circ\text{C}$ ile ölçülmüştür.

Domates sapı ile dolomit ve olivin ilave edilmiş levhaların arka yüzeylerinde ölçülen sıcaklık değerleri karşılaştırmalı olarak Şekil 4.58.'de gösterilmiştir. Burada da ilginç bir durum gözlemlenmiş ve hem olivin hem de dolomit ilave edilmesiyle üretilmiş tüm levha tiplerinde, kontrol örneğinden (DX_0/DY_0 : $101,7\text{ }^\circ\text{C}$) daha yüksek sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Ayrıca, olivin ilavesiyle üretilmiş levhalar, aynı tipteki dolomit ile üretilmişlere göre daha düşük sıcaklık değerleri ölçülmüştür. En yüksek sıcaklık değeri $179,7$ ile DX_3 tipi levhada, en düşük ise yine aynı üretim şartındaki DY_3 tipi levhada $105,7\text{ }^\circ\text{C}$ olarak ölçülmüştür.

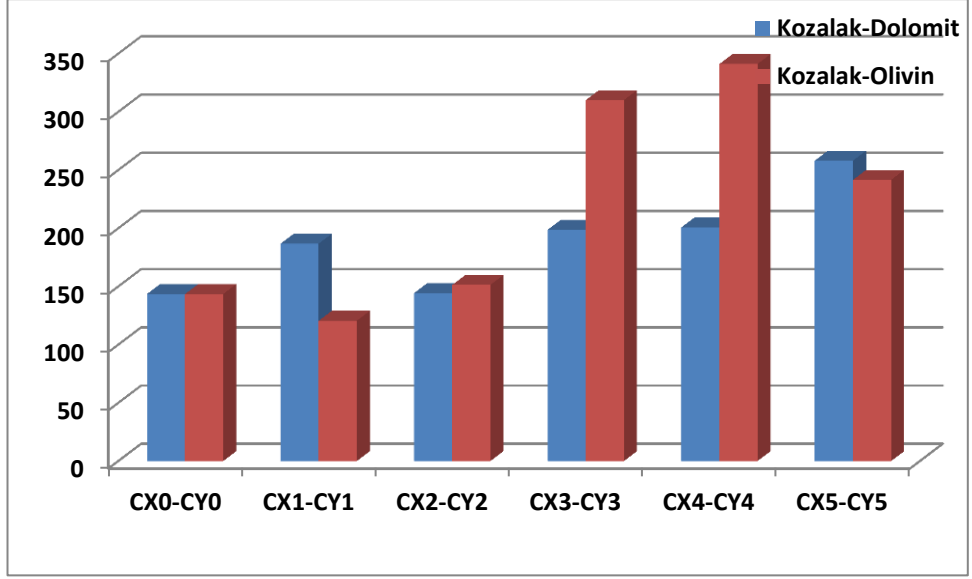
Patlıcan sapı ile dolomit ve olivin ilave edilmiş levhaların arka yüzeylerinde ölçülen sıcaklık değerleri karşılaştırmalı olarak Şekil 4.59.'de gösterilmiştir. Domates sapı ile elde edilen verilere benzer sonuçlar patlıcan sap karışımından üretilen deneme levhalarında da gözlemlenmiştir. Zira her iki dolomit ve olivin ilavesiyle üretilmiş tüm levha tiplerinde, kontrol örneğinden (EX_0/EY_0 : $97,6\text{ }^\circ\text{C}$) daha yüksek sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Ayrıca EY_5 tipi levha hariç, benzer üretim koşullarında, olivin ile üretilen levhaların sıcaklık değerleri, dolomit ile üretilenlerden daha düşük olduğu anlaşılmıştır. En yüksek sıcaklık değeri $220,5\text{ }^\circ\text{C}$ ile EY_5 tipi levhada gözlemlenmiştir.



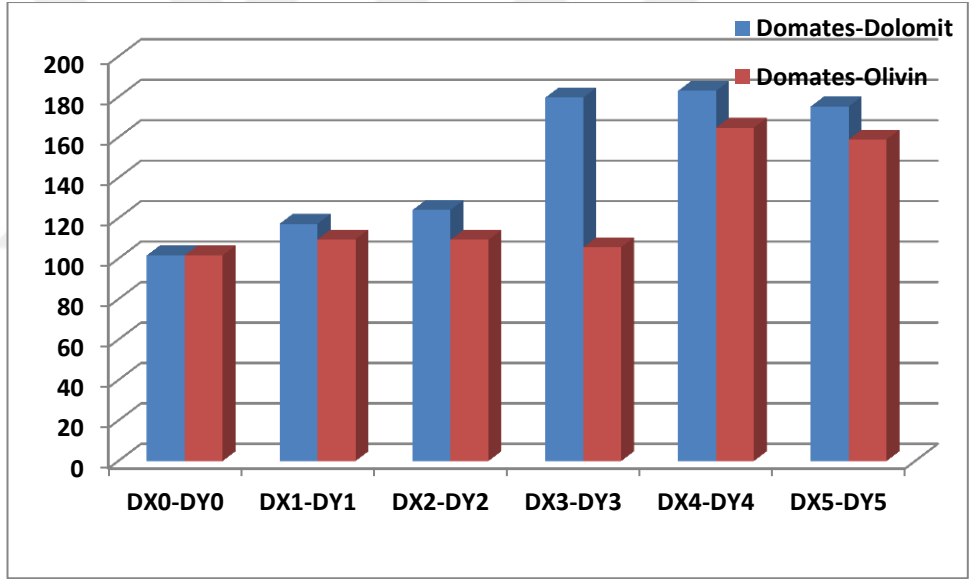
Şekil 4.55. Kızılçam odun yongası/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların arka yüzlerinde ölçülen sıcaklık değerleri



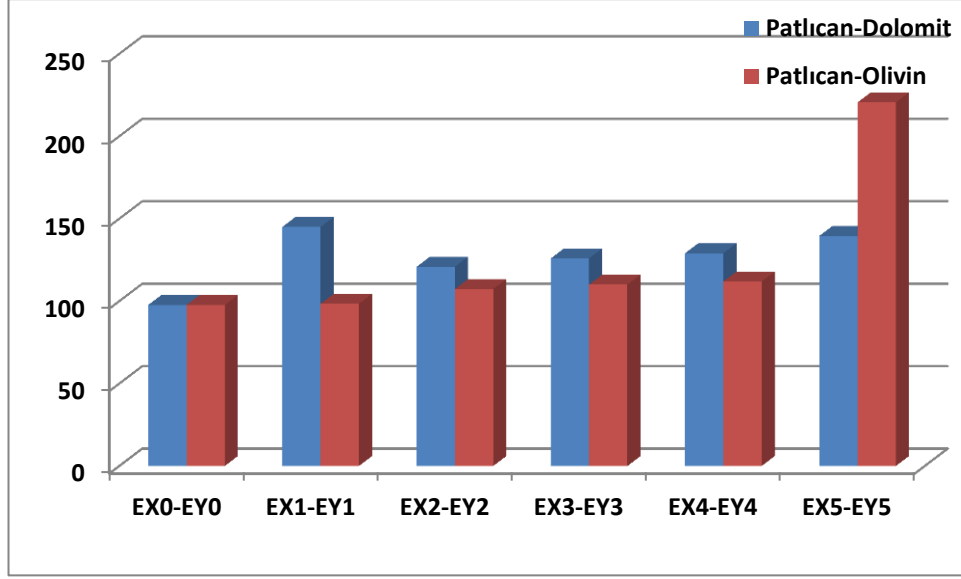
Şekil 4.56. Kızılçam kabuk/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların arka yüzlerinde ölçülen sıcaklık değerleri



Şekil 4.57. Kızılçam kozalak/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların arka yüzeylerinde ölçülen sıcaklık değerleri



Şekil 4.58. Domates sapı/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların arka yüzeylerinde ölçülen sıcaklık değerleri



Şekil 4.59. Patlıcan sapı/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların arka yüzeylerinde ölçülen sıcaklık değerleri

4.3.8. Levhaların yanma davranış özelliklerinin (kütle kaybı) karşılaştırılması

Şekiller 4.60. – 4.64. da, olivin ve dolomit ilave edilmesiyle tasarımsal ve orman atıklarından üretilmiş levhaların, 5 dakika (300 saniye) sonunda yangın davranış özellikleri incelenmiş ve yanma sonucunda oluşan toplam kütle kayıpları (%) hesap edilerek karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.

Kızılçam odun yongası ile dolomit ve olivin ilave edilmiş, benzer üretim şartlarındaki levhaların yanma sonucunda kütle kayıpları (%) karşılaştırmalı olarak Şekil 4.60.'de gösterilmiştir. Genel olarak, olivin ve dolomit ilave edilmesiyle üretilen tüm levha tiplerinde, kontrol örneğinden daha düşük (%17,39) kütle kayıpları olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca benzer üretim şartlarında, olivin ilavesiyle üretilen levhalarda kaydedilen kütle kayıpları, dolomit ilave edilmesiyle üretilenlerden daha düşük olduğu hesaplanmıştır. En düşük kütle kaybı, AY₅ tipi levhada %10,85 olarak ölçülmüştür. Burada elde edilen verilerden her iki mineral tipinde (dolomit ve olivin), kızılçam odun yongasından üretilen levhalara katılmasıyla belli seviyede kütle kaybını azalttığı söylenebilir.

Kızılçam kabuk yongası ile dolomit ve olivin ilave edilmiş, benzer üretim şartlarındaki levhaların yanma sonucunda kütle kayıpları (%) karşılaştırmalı olarak

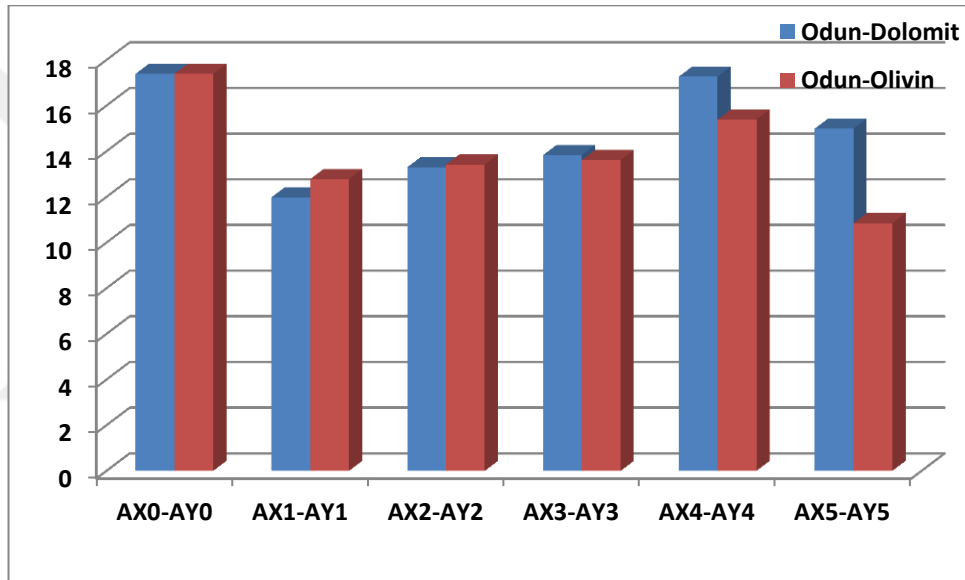
Şekil 4.61.'da gösterilmiştir. Burada da odun yongası ile üretilen levhaların değerlerine benzer sonuçlar elde edilmiştir. Genel olarak olivin ve dolomit ilave edilmesiyle üretilmiş deneme levhalarının kütle kayıpları kontrol örneğinden (BX₀/BY₀: %11,97) daha düşük olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca, her iki farklı mineral katkı maddesiyle üretilmiş levhalarda gözlemlenen kütle kayıp farkları (%) birbirine çok yakın sınırlar içinde (< %3,0) olduğu anlaşılmıştır ve genellikle olivin ile üretilen levha tiplerinden bezer şartlardaki dolomit ile üretilenlerden daha düşük olduğu anlaşılmıştır. En düşük kütle kaybı %6,36 ile BY₄ tipi levha gözlemlenmiştir. Burada elde edilen verilerden her iki mineral tipinde (dolomit ve olivin), kızılçam kabuğundan üretilen levhalara katılmasıyla belli seviyede kütle kaybını azalttığı söylenebilir.

Kızılçam kozalak ile dolomit ve olivin ilave edilmiş, benzer üretim şartlarındaki levhaların yanma sonucunda kütle kayıpları (%) karşılaştırmalı olarak Şekil 4.62.'de gösterilmiştir. Genel olarak, olivin ilavesiyle üretilmiş tüm levha tiplerinde, kontrol örneğinden (CX₀/CY₀: %15,76) ve aynı üretim şartındaki dolomit ile üretilenlerden daha düşük kütle kaybı (%) hesaplanmıştır. En yüksek kütle kaybı %21,55 ile CX₁ tipi levhada, en düşük ise %10,16 ile CY₅ tipi levhada bulunmuştur.

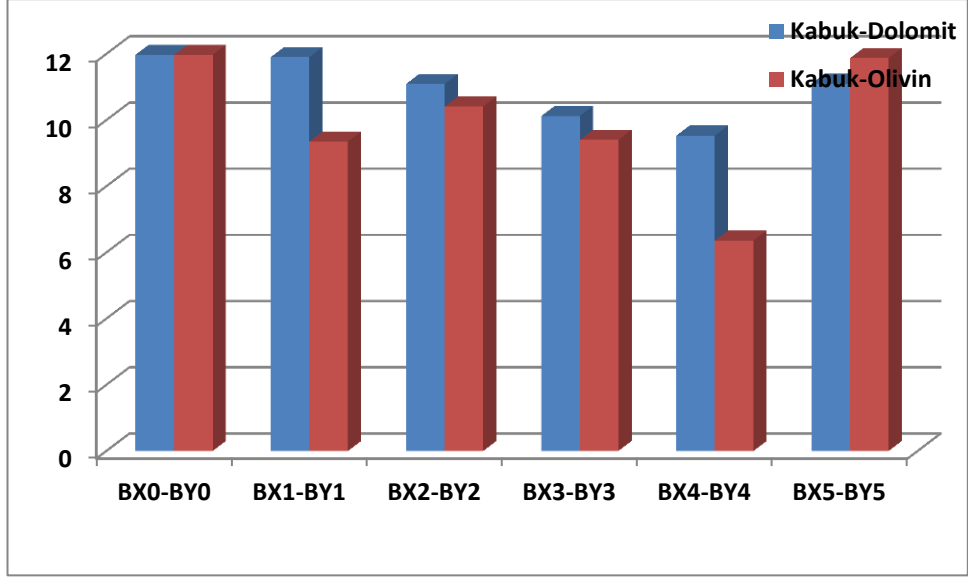
Domates sapı ile dolomit ve olivin ilave edilmiş, benzer üretim şartlarındaki levhaların yanma sonucunda kütle kayıpları (%) karşılaştırmalı olarak Şekil 4.63.'de gösterilmiştir. Genel olarak, olivin ve dolomit ilave edilmesiyle üretilen tüm levha tiplerinde, kontrol örneğinden daha düşük (DX₀/DY₀: %12,76) kütle kayıpları olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca benzer üretim şartlarında, olivin ilave edilmesiyle üretilen levha tipleri, dolomit ilavesiyle üretilenlerden daha düşük kütle kaybı oluştuğu anlaşılmıştır. En düşük kütle kaybı DY₃ tipi levhada %6,79 ile hesaplanmıştır. Burada elde edilen verilerden her iki mineral tipinde (dolomit ve olivin), domates sapından üretilen levhalara katılmasıyla belli seviyede kütle kaybını azalttığı söylenebilir.

Patlıcan sapı ile dolomit ve olivin ilave edilmiş, benzer üretim şartlarındaki levhaların yanma sonucunda kütle kayıpları (%) karşılaştırmalı olarak Şekil 4.64.'da

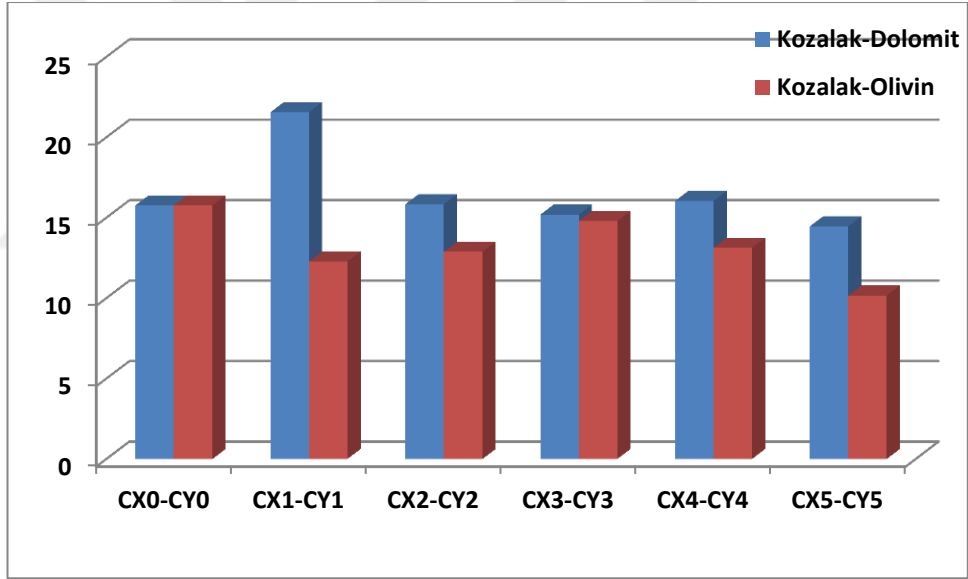
gösterilmiştir. Domates sapı ile elde edilen verilere benzer sonuçlar patlıcan sap karışımından üretilen deneme levhalarında da gözlemlenmiştir. Zira her iki dolomit ve olivin ilavesiyle üretilmiş tüm levha tiplerinde, kontrol örneğinden (EXo/EYo: %24,46) daha yüksek kütle kaybı değerleri ölçülmüştür. Ayrıca EY₅ tipi levha hariç, benzer üretim koşullarında, olivin ile üretilen levhaların kütle kayıp değerlerinin, dolomit ile üretilenlerden daha düşük olduğu anlaşılmıştır. En düşük kütle kaybı EY₄ tipi levhada %9,11 olarak ölçülmüştür. Burada elde edilen verilerden her iki mineral tipinde (dolomit ve olivin), patlıcan sapından üretilen levhalara katılmasıyla belli seviyede kütle kaybını azalttığı söylenebilir.



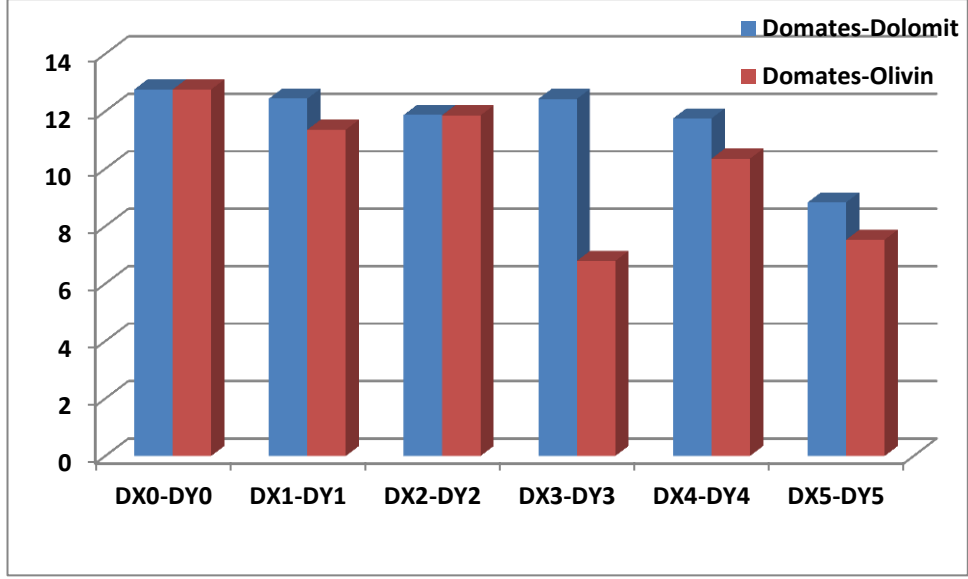
Şekil 4.60. Kızılcam odun yongası/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların kütle kayıp (%) özellikleri



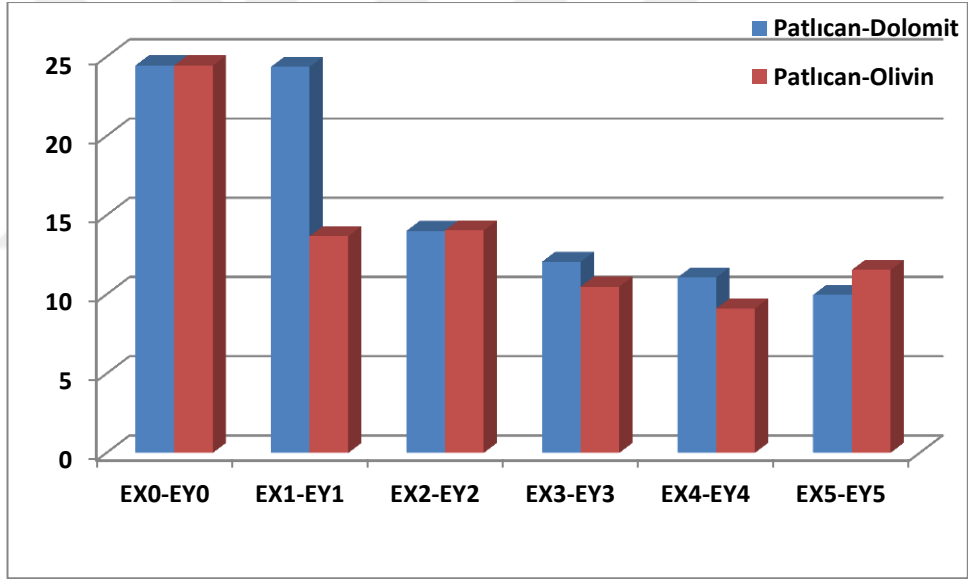
Şekil 4.61. Kızılçam kabuk/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların kütle kayıp (%) özellikleri



Şekil 4.62. Kızılçam kozalak/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların kütle kayıp (%) özellikleri



Şekil 4.63. Domates sapı/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların kütle kaybı (%) özellikleri



Şekil 4.64. Patlıcan sapı/dolomit ve olivin ilave edilmesiyle üretilmiş levhaların kütle kaybı (%) özellikleri

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Doktora tez çalışmasında, Akdeniz bölgesinde yoğun olarak yetişen ve ülkemizin endüstriyel odun üretimindeki en önemli odun hammaddesi olan kızılçam odun ve atıklarından (kozalak ve kabuk), ayrıca yine seralarda tarımsal üretim için yoğun olarak yetiştirilen domates ve patlıcan sap ve artıklarından, domolit ve olivin mineral maddeleri ile değişik oranlarda karışım yapılarak, sentetik üre-formaldehit tutkalı yardımıyla deneme panel levha ürünleri üretilmiştir.

Araştırma konusunun sınırlandırılması ve değişken olarak lignoselülozik kaynakların mineral maddelerle karışım olarak daha yakından incelenmesi amacıyla, ticari olarak kullanıma hazır durumdaki %10 oranında standart üre-formaldehit tutkalından faydalanılmıştır. Bu durumda laboratuvar şartlarında her üretim aşamasında %10 oranında mineral madde ilave edilerek (ağılık/ağırlık) (veya lignoselülozik hammadde %10 azaltılarak), panel levhalar üretilmiştir. Böylece fiziksel karışım oranı ve tutkal miktarı bilinen levhaların karışımındaki mineral madde ilavesiyle birlikte kızılçam odun ve artıklarının (kozalak ve kabuk) ve sera artıklarının (domates ve patlıcan sapı) oranının etkisinin daha yakından araştırılması mümkün olmuştur. Benzer birçok çalışmada da levha yapısını oluşturan hammadde tür ve miktarının değişiminin daha yakından incelenmesi için bu karışım oranının önemli olduğu üzerine çalışmalar bulunmaktadır (Atchison, 1993; English vd, 1997; Han ve Rowell, 1997; Rowell, 1997; Rowell vd, 2000; Sahin, 2006). Bu bağlamda literatürde tarımsal artık/atık olarak elde edilen buğday ve pirinç saplarından (Mantanis ve ark. 2000), şeker kamışından (Wu, 2001), düşük kalitedeki (*Paulownia tomentosa*) bitkisinden (Kalaycıoğlu ve ark. 2005) çalışmalar yapmışlardır. Fakat bu çalışmada, daha önce hiç denenmemiş mineral esaslı dolomit ve olivin katkı maddeleri ilave edilmiş ve etkileri araştırılmıştır. Bu durumda belki ileride ticarileşme potansiyeli oluşabilir veya benzer çalışmalar altlık oluşturma potansiyeli olacağı düşünülmüştür.

Genel olarak hem dolomit hemde olivin ilavesiyle kızılçam odunundan üretilen levhaların su alma özelliklerini belli derecelerde iyileştirdiği, fakat olivinin, dolomite göre daha iyi hidrofobik özellik sağladığı anlaşılmıştır. Aynı durum, kızılçam kabuk

karışımıyla üretilmiş levhalarda da gözlemlenmiştir. Sera atıklarından üretilmiş levhalarda ise, dolomit, olivine göre daha iyi hidrofobik özellik göstermiştir.

Genel olarak deneme levhalarının yapısında mineral katkı maddesi oranının artmasının levhaların su içinde kalınlık artımı değerini belli düzeyde düşürdüğü fakat, olivin'in kalınlık artışına olan olumlu etkisinin, dolomitten daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Dolomit-kabuk karışımı levha tiplerinin su içinde kalınlık artım değerleri diğer dolomitli karışımlardan farklı olarak standart değerden düşük çıkmıştır. Kızılçam kabuk ve kozalak yapısına olivin ilavesiyle hemen hemen tüm levha tiplerinde, EN 622-5 da yonga levhalar için belirtilen su içinde şişme derecesinden (en fazla %12,5), daha düşük kalınlık artım değeri gözlemlenmiştir. Fakat sera atıklarından üretilen tüm levha tiplerinde dolomit ve olivinin etkisi sınırlı kalmış ve standart değerden daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca dolomit ve olivin, sera atıklarından üretilen levha tiplerine olan etkileri üzerine birbirine tam bir üstünlük sağlayamamıştır.

Dolomit minerali kimyasal analiz sonuçlarında belirtildiği gibi CaO (%31,50) ve MgO (%18,72) içermesi, aynı şekilde olivin minerali kimyasal analiz sonuçlarına göre SiO₂ (%46,38) ve MgO (%42,77) içeriğine sahip olduğu göz önüne alındığında, hidrofobik bir özellik göstermesi beklenebilir. Dolomit ve olivin mineralinin bu özelliği nedeniyle, deneme levhalarının su alma oranının azaltması önceki çalışmalara uygunluk göstermiştir (Özdemir, 2016). Levha yapısındaki mineral madde oranının artması ve bunların lignoselülozik hammaddelerle kuru ortamda bağ yapamamasından dolayı matris yapıda bağ yapmadan bulunabilirler. Fakat küçük tane boyutlarından dolayı levhaların porozite oranının azaltılması ve dolayısıyla suyun bu boşluklu yapıya kolay girmesini engellemesi mümkün olabilir. Bu yönüyle incelendiğinde deneme levhalarının mineral madde oranına bağlı olarak su içinde kalınlık artım değerlerinde azalması beklenebilir. Fakat deneme levhaların üretiminde herhangi bir su itici katkı maddesi eklenmediği düşünüldüğünde, bu yüksek kalınlık artım değerleri normaldir (Sahin ve Arslan, 2013). Ticari olarak levha üretiminde yaklaşık %1-2 hidrofobik özellikte maddeler eklenmektedir ve bu durum suya karşı levhaların belli derecede direnç göstermesini sağlamaktadır. Bu

çalışmadaki amacımız levha yapısında eklenen mineral maddelerin etkisini değerlendirmek olduğundan başka bir hidrofobik madde ilave edilmesi düşünülmemiştir. Benzer çalışmalarda aynı sonuçlar ifade edilmektedir (Ntalos ve Grigoriou, 2002; Rials ve Wolcott, 1997; Şahin,2006). Su alma özelliği lifler arasına su itici kimyasal maddeler eklenmesi ile azaltılabilmektedir.

Genel olarak tüm mineral katkılı levhaların kalınlık artımı kontrolden düşüktür. Bu bir avantajdır fakat kontrol örneğinin kalınlık artım değerleri standarttan çok yüksektir. Mineral madde ilavesi bunu bir miktar azaltsa da yine standartın üzerinde kalmıştır. Bu durumu önlemek için yapısına hidrofobik madde eklenebilir. Literatürde benzer çalışmalarda bulunmaktadır (Özdemir,2016; Karakuş, 2007)

Deneme levhalarının yüzeye dik çekme dirençleri, genel olarak hemen hemen tüm levha tipleri ve üretim şartlarında, EN 312 standart değeri olan $0,28 \text{ N/mm}^2$ den ve daha önce yapılan çalışmaya göre (Mantanis ve ark. 2000; Alma ve ark. 2005) daha yüksek direnç değerleri elde edilmiştir. Bu çalışmada Kızılcım odun yongası, odun kabuğu ve kozalağından üretilen levhaların dik çekme direnç değerleri, domates ve patlıcan sapından üretilenlerden daha yüksek bulunmuştur. En yüksek yüzeye dik çekme direnç değeri $1,21 \text{ N/mm}^2$ olarak AY₄ tipi levhada, yani 40:60 olivin/kızılcım odun yongası karışımından üretilmiş levhada bulunmuştur. Çalışmada kullanılan lignoselülozik hammaddelerden daha sert ve yoğunluğu yüksek olan olivin ve dolomit'in levhaların yüzeye dik çekme dirençlerini belli üretim şartlarında yükseltmesinin olabileceği değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak yüzeye dik çekme direncinin standartların üstünde olmasının etkenlerinden biri tutkallamanın elle yapılması sonucunda homojen bir dağılımın sağlanmasındaki zorluklar nedeniyle levhanın yüzeye yakın bazı bölgelerinde tutkal birikmesi, lif boyutların uzun olması nedeniyle liflerdeki kenetlenmenin uygun şekilde gerçekleşmesi, dolomit ve olivin minerallerinin tutkalı absorbe edememesinden dolayı lignoselülozik madde miktarına göre tutkal oranının yüksek olması yüzeye dik çekme direncini artırmış olabilir.

Deneme levhalarının eğilme direnç değerleri (MOR), sadece kızılcım odun yongasından üretilmiş levha tipinde ($12,75 \text{ N/mm}^2$), EN 312 ye göre tip P1 levhalar

için standart değer olan $12,5 \text{ N/mm}^2$ den daha yüksek olduğu hesaplanmıştır. Minimum değer BX₅ tipi levhada $1,23 \text{ N/mm}^2$, CY₅ tipi levhada $1,13 \text{ N/mm}^2$ olarak bulunmuştur. Sera atıklarından üretilen levha tiplerinden her iki mineral madde katkısı eğilme direnç değerlerini bazı şartlarda iyileştirmiş olmak birlikte standart değerden daha düşüktür. Kızılçam kozalak/dolomit ve domates sapı/dolomit ile üretilen levhaların eğilme direnç özellikleri bazı şartlarda olivinle üretilenlerden daha yüksek olduğu bulunmuştur. Lignoselülozik hammaddelerle karışımında yoğunluk farkı ve şekilsel olarak farklı durum sergileyen mineral olivin ve dolomit'in levhaların direnç özelliklerini belli derecede düşürmesinin olabileceği değerlendirilmiştir.

Deneme levhalarının eğilmede elastik modül değerleri (MOE), MOR değerlerine benzer özellik göstermiştir. Sadece kızılçam odun yongası ile olivin karışımından 90:10 oranından üretilmiş (AY₁) levha tipinde $2462,8 \text{ N/mm}^2$ bulunmuş ve standart değer olan 1600 N/mm^2 dan daha yüksek olduğu tek üretim şartı olduğu anlaşılmıştır. Minimum değer BX₂ tipi levhada $449,4 \text{ N/mm}^2$, CY₂ tipi levhada $457,8 \text{ N/mm}^2$ olarak bulunmuştur. Bu durum, odun yongasına %10 dan daha yüksek oran mineral ilavesinin, deneme levhalarının MOE değerini azalttığı ve standart değerden daha düşük özellik sağladığını açıklaması bakımından önemlidir. Diğer kızılçam kabuk ve kozalak ile domates ve patlıcan sapından dolomit ve olivin ile üretilmiş tüm üretim şartlarından ve levha tiplerinde standart değerden daha düşük MOE değerleri gözlemlenmiştir. Bu durum beklenebilir bir sonuçtur. Zira, özgül ağırlığı lignoselülozik hammaddelerden daha yüksek olan olivin ve dolomitin levhaların elastik özelliğini olumsuz etkilemesi normal olduğu sonucuna varılmıştır.

Eğilme direnci ve elastikiyet modülünü dolomit ve olivin minerallerinin eklenmesi olumsuz etkilemiştir. Dolomit ve olivin mineralileri artan katılım oranına da bağlı olarak lifler arasındaki lif–lif bağ yapısını olumsuz etkilemektedir. Bu sonuçlarda literatürle (Dönmez ve ark. 2009; Özdemir 2016; Mantanis ve ark. 2000) uyumluluk göstermektedir.

Bilindiği gibi eğilme direnci ve elastikiyet modülü kompozit matris yapıdaki elemanların (lif, yonga vb.) birbirleriyle uyumu ve bağ yapma potansiyeli ile

ilişkilidir. Fakat mineral maddelerin lignoselülozik hammaddeyle etkileşimi çoğunlukla fiziksel olarak olmakta herhangi kimyasal ile etkileşimin olmadığı anlaşılmıştır. Yeterince olmamasından dolayı lif-lif vb., bağ yapma durumuna olumlu etkisi sınırlıdır. Özdemir, (2016) dolomit ile kayın ve sarıçam liflerinden ürettiği hdf levhalarında bulunduğu moe ve mor değerleri ile yonga karışımından ürettiğimiz levhaların değerleri benzerlik göstermektedir.

Dolomit ve olivin ilave edilmesiyle beş farklı lignoselülozik hammadde kaynağından üretilen levhaların ısı iletim katsayıları ölçülmüştür. Genel olarak, tüm levha tiplerinde ve üretim şartlarında, kontrol örneğinden daha düşük ısı yalıtım özelliği ölçülmüş olmakla birlikte, bir ürünün ısı yalıtım malzemesi olarak kabul edilebilmesi için ISO ve CEN standardına göre, $\lambda = 0.065$ W/mK ve daha düşük bir değere sahip olması gereklidir. Bu değere hiçbir levha tipinde ulaşamamıştır. En düşük ve en yüksek değerler %10:90 oranında kabuk-dolomit (BX₁) tipi levhada 0,2504 W/mK, %40:60 olivin-kozalak (CY₄) tipi levhada 0,4979 W/mK olarak bulunmuştur. Yani dolomit ve olivin kullanılarak üretilen panel levhaların, ısı iletim katsayıları belli derecelerde bir malzemenin yalıtım malzeme sınıfında yer alması için gerekli olan değere ulaşamamıştır. Binici ve ark (2016) mısır saplarından ürettikleri levhaların ısı iletim katsayılarını 0,075 ile 0,1588 W/mK arasında olduğunu bulmuşlardır. Lignoselülozik atık malzemelerden üretilen levhalarla her ne kadar standart değere yaklaşılsa da (Kaya, 2015) olivin ve dolomitin ısı iletiminin yüksek olması (1,6-1,9) levhaların ısı yalıtım malzemesi olarak değerlendirilmesinin önüne geçmektedir. Bu noktada bazalt, kireç taşı, dolomit gibi minerallerden elde edilen lifli ısı yalıtım malzemeleri belli oranlarda levha karışımına katılabilir.

Levhaların yangın davranış özellikleri incelenmiştir. Tek alev kaynaklı deneyi (EN 11925-2) ve yanma davranışı deneyi sonucu üretilen levha gruplarının kolay yanmayan malzeme olduğu belirlenmiştir. Genel olarak, olivin ilave edilmiş kızılçam odun yongası ve kabuğu üretilmiş levhaların arka yüzeylerinden ölçülen sıcaklık değeri, kontrol örneklerinden daha düşük olarak ölçülmüştür. Ayrıca, aynı şartlarda olivinle üretilen kızılçam odun, kabuk ve kozalak levhaları, dolomit ile üretilenlerden daha düşük sıcaklık geçişi sağladığı anlaşılmıştır. Fakat domates ve patlıcan sapına olivin ve dolomit ilave edilmesiyle üretilmiş levhalarda ölçülen sıcaklık değerleri,

genellikle olivinle üretilenlerde daha düşük olmakla birlikte, kontrol örneklerinden daha yüksek olduğu anlaşılmıştır. Bu sonuçlarda, olivin ve dolomitin levhaların ısı geçirgenlik özelliklerini özellikle kızılçam odun, kozalak ve kabuktan üretilen levhalarda belli şartlarda düzenleyebildikleri fakat özellikle olivin'in dolomitten daha iyi bir performans sağladığı sonucuna ulaşılabilir.

Levhaların yangın davranış özellikleri ve 5 dakikalık tek alev kaynağına maruz kalmasından sonra kütlesinde kaydedilen değişimler % olarak hesaplanmıştır. Genel olarak her iki mineral katkı maddesinin ilavesiyle beş farklı lignoselülozik hammaddelerden üretilen levhaların kütle kayıp değerleri, kontrol örneklerinden daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Burada en yüksek sıcaklık ve kütle kayıpları sırasıyla olivinli levhalarda (CY₄) 341,1 °C, (EY₀) %24,46 ve dolomitlilerde (AX₅) 263°C, (EX₁) %24,87 olarak bulunmuştur. En düşük değerler ise olivinlilerde (BY₄) 80,5 °C, %6,36 ve dolomitlilerde (EX₀) 97,6 °C, (DX₅) %8,83 olarak bulunmuştur. Ayrıca, olivin ile üretilmiş levha tiplerinin, benzer üretim veya karışım şartlarında dolomit ile üretilenlerden daha düşük kütle kaybı yani yangına karşı direnç gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Zırh maddesiyle radyasyonun atomik düzeydeki etkileşmelerinin radyasyonun türüne ve enerjisine bağlı olmasına rağmen radyasyonun zayıflatılması amacıyla önüne konulan bir engelin radyasyonun başlangıçtaki şiddetini belli ölçüde azaltması beklenmektedir (Eaves, 1964; Akyıldırım,2011). Burada Cs (sezyum) radyoaktif kaynağı kullanılarak 0,662 KeV (kilo elektronvolt) da ölçülen değer toplam doğrusal zayıflatma katsayısı(μ) değerleri bulunmuştur. Genel olarak olivin ve dolomit karışımı levhalar arasında önemli farklılıklar gözükmemektedir. En düşük ve en yüksek değerler EY₄ tipi levhada 0,051 μ , BX₅ tipi levhada ise 0,089 μ olarak bulunmuştur. bu değerler Akyıldırım'ın (2011) betona olivin ve bazı diğer minerallerin katılması ile yaptığı çalışmada bulduğu (0,2538-0,2970 μ) değerlerden daha düşük seviyede çıkmıştır. Bunun nedeni levha taslağının elle hazırlanıp serilmesinden dolayı mineral maddelerin levhanın bütününe homojen bir şekilde yayılamaması olarak açıklanabilir. Daha küçük tanecikler halinde üst yüzey kaplaması yapılması doğrusal zayıflatma katsayısını artırabilir.

Literatürde dolomit ve olivin radyasyon özelliği üzerine yeterli bir bilgi mevcut değildir. Burada elde edilen veriler, bu nedenle yeni olma özelliği taşımaktadır. Gelecekte benzer konularda yapılacak çalışmalar için bir fikir vermesi bakımından önemlidir. Literatürde bu konuda temel bilgi sağlaması bakımından önemlidir. Gelecekte farklı lignoselülozik hammadde kaynakları ile benzer çalışmalara öncülük etmesi beklenebilir.

FTIR spektrumuna bakıldığında kontrol örneğinde tipik olarak bulunan bazı piklerin, test örneklerinde önemli sayılabilecek derecede değişimlerin meydana geldiği gözlemlenmiştir.

Bunun başlıca nedeninin ise hücre çeper ve lümenlerinin kimyasal madde ile doldurulması (UF tutkalı) ve sıcaklık sonucunda OH gruplarının modifiye edilmesi ve mineral katkı maddelerinin (dolomit ve olivin) lignoselülozik hammadde ile yeni bir matris yapı oluşturması verilebilir. Bilindiği gibi FTIR genellikle katı maddelerin yüzey kimyasal analizlerinde kullanılan yaygın bir tekniktir. Fakat çoğunlukla kimyasal analizlerde FTIR ile birlikte diğer yüzey analiz tekniklerinin de kullanılması önerilmektedir. Özellikle XPS (X ray photoelectron spectroscopy) ile kullanıldığında çok daha faydalı bir sonuç elde edilebilir (Sahin, 2001; Sahin ve Arslan, 2008). Fakat bu çalışmada sadece FTIR yardımıyla matris yapıdaki kimyasal değişimler genel hatlarıyla açıklanmıştır. Tipik olarak selüloz esaslı malzemelerde bulunan ve önceki çalışmalarda rapor edilen fonksiyonel gruplar (Yilgor vd. 2013; Pandey, 2005) bu çalışmada da gözlemlenmiştir. Bilindiği gibi 3000- 3400 cm^{-1} arasında - OH (alkol) gerilme titreşimleri gözlemlenmektedir. 2900-3000 cm^{-1} arasında ise alifatik C-H gerilmesi oluşmuştur. 1650-2500 cm^{-1} arasında özellikle 1700 cm^{-1} civarında ise karbonil grubunun varlığı görülebilmektedir. Bu dalga seviyesinde C-C ,C-H₂ bağı titreşimleri ve yapıda ligninin varlığını göstermesi bakımından önemlidir. Özellikle 730 cm^{-1} , 1450 cm^{-1} , 3450 cm^{-1} bölgesindeki gerilmelerin MgO varlığının, 1450-1650 cm^{-1} arası gerilmelerin CaO varlığına, 1100 cm^{-1} deki gerilmenin SiO₂ varlığını göstergesi olarak değerlendirilmiştir. 1100-1400 cm^{-1} arasındaki gerilmeler ise selüloz ve hemiselülozon yapısındaki tek bağların (C-O-C, C-H, C-O) varlığını açıklamaktadır. 690-1070 cm^{-1} arasındaki yoğun olarak gözlemlenen pikler ise C-H ve C-O gerilmeleri olarak açıklanmıştır (Yilgor vd. 2013; Pandey, 2005).

Çalışmamızda üretilen levhaların termal bozulma (TGA) özellikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 110-220 °C arasında hücre duvarında suyun tamamen uzaklaştığı ve bundan sonra organik maddelerde ısınma başladığı belirlenmiştir. 200-360 °C aralığında hızlı bir eğimle buharlaşmanın arttığı ve ortalama %25-45 aralığında kütle kaybı olduğu ve bu sıcaklık seviyelerinde gaz haine geçişin hızlandığı ve hücre duvarının oluşan iç basınç nedeniyle bozulduğu kaydedilmiştir. 400-900 °C aralığında ise numunede kütle kaybı % 60 seviyelerine ulaşmıştır. Polisakkaritlerin, selülozun ve hemiselülozun bozunması 220-290 °C de başlar (Terski vd., 2005). Bu sonuçlar gösteriyor ki selüloz, hemiselüloz ve lignin 400 °C ye kadar ortamdaki uzaklaşmış (Wang vd., 2007) fakat erime sıcaklığı 900 °C nin çok üzerinde olan mineral maddeler varlığını korumuştur.

Dolomit ve olivin katkılı üretilen levhalarda en yüksek renk farkı (ΔE) % 14,67 ile kızılçam yongası –olivin karışımı AY₀ tipi levhalarda, en düşük ise dolomit-patlıcan sapı karışımından üretilen levhalarda %4,83 ile EX₃ tipi levhada gözlemlenmiştir.

Genel olarak, odun ve lignoselülozik materyalin dış atmosferik şartların etkisi ile yüzeylerde oluşan renk değişikliğinin başlıca nedeninin lignin olduğu üzerine yaygın görüş bulunmaktadır (Hon 1991; Şahin 2002; Kılıç ve Hafizoğlu 2007). Yapısında bulundurduğu aromatik, fenolik, karbonil ve karboksilik gruplar dolayısıyla görünebilir ve görünemez ışınları emme özelliği, karbonhidratlara göre (hemiselüloz, selüloza) çok daha yüksektir. Özellikle dalga boyu 350 nm den daha düşük ışınlar ligninin yapısında fenol radikalleri oluşmasına neden olabilirler (Hon 1991; Hon ve Feist 1993). Lignin açık hava koşullarına bırakıldığında odunda ilk bozulan maddenin olduğunu ve ışınlar ile degrade olan ligninin yağmur suları ile yıkanarak ağaç malzemedeki uzaklaştığı ifade edilmektedir (Kılıç ve Hafizoğlu, 2007; Arslan,2008).

Rowell (1998), biyolojik kompozit malzemelerin dış şartlarda ışınların etkisi ile bozunma derecesinin Lignin > Hemiselüloz > erişilebilir selüloz > kristalin olmayan selüloz > kristalin selüloz şeklinde olduğunu ifade etmiştir. Çalışmamızda ortalama olarak renk değişimlerinin dolomitli karışımlarda kızılçam odun yongası-dolomit (AX) > domates sapı-dolomit (DX) > patlıcan sapı- dolomit (EX) > kabuk-dolomit (BX) > kozalak-dolomit (CX) şeklinde olduğu bulunmuştur. Olivinli olanlarda ise kabuk-

olivin (BY) > domates sapı-olivin (DY) > patlıcan sapı-olivin (EY) > kızılçam odun yongası -olivin (AY) > kozalak-olivin (CY) olarak bulunmuştur.

Kızılçam kabuğu yapısındaki selülozun polimerleşme derecesi ile kristalin bölge oranının, odun selülozuna göre daha az olduğu belirtilmektedir (Fengel ve Wegener 1984). Bu yönü ile incelendiğinde, kabuk selülozu, diğer odun selülozuna göre daha gevşek ve kolay erişilebilir yapıda olduğu söylenebilir. Bu durum dış atmosferik şartlarda yüzey fotokimyasal reaksiyonların daha kolay oluşmasını sağlar. Olivinli örneklerden elde edilen sonuçlar bu bilgileri doğrulamaktadır.



KAYNAKLAR

- Adesakin A.O., Ajayi O.O., Imosili P.E., Attahdaniel B.E., Olusunle S.O.O., 2013. Characterization and Evaluation of Mechanical Properties of Dolomite as Filler in Polyester, Chemistry and Materials Research.
- Agrawal, R. K., Drzal, L. T., 1989. Effects of Microwave Processing on Fiber-Matrix Adhesion in Composites. The Journal of Adhesion, 29(1-4), 63-79.
- Akyıldırım, H., 2011. Ağır Betonların Nükleer Radyasyon Zırhlama Özelliklerinin Araştırılması. Doktora Tezi Fizik Anabilim Dalı, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ali, V., Haque, F. Z., Zulfequar, M., Husain, M., 2007. Preparation and Characterization of Polyether-Based Polyurethane Dolomite Composite. Journal of applied polymer science, 103(4), 2337-2342.
- Alma, M.H., Kalaycıoğlu, H., Bektaş, İ., Tutuş, A., 2005. Properties of Cotton Carpel Based Particleboards, Industrial Crops and Products, 22 (2), 141-149.
- Anonim 1., 2016. Orman Genel Müdürlüğü, İşletme ve Pazarlama Dairesi Başkanlığı, Oduna Dayalı Orman Ürünleri Üretim ve Pazarlama Faaliyetleri, Yıllık Rapor, 80 s. Ankara.
- Aran, A., 1990. Elyaf Takviyeli Karma Malzemeler. Gümüşsuyu-İstanbul: İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Arslan, M.B., 2008. Orman ve Tarımsal Atıklardan Üretilen Kompozit Levhalarda Yüzey Kimyasal Özelliklerinin Araştırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 91 s, Isparta.
- Arslan, M.B., Karakuş, B., Güntekin, E., 2008. Tarımsal atıklardan lif ve yonga levha üretimi. ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi 12, 54-62.
- Ashok, S., Borrego, J.M., Gutmann, R.J., 1978a. Gamma irradiation intensity of Schottky diodes. IEEE Transactions on Nuclear Science. NS-25(2), 999-1000.
- Ashok, S., Borrego, J.M., Gutmann, R.J., 1978b. Radiation Effects in GaAs MIS Schottky diodes. IEEE Transactions on Nuclear Science, NS-25(6), 1473-1478.
- Akkurt, I., Akyıldırım, H., Ozdemir, A.F., Aldemir, D.A., 2010a. Neutron Irradiation Effects on I – V Characteristics of Au/n-GaAs Schottky diodes, Radiation Measurements, 45(10), 1381-1383.

- Akkurt, I., Kiliçarslan, S., Basyigit, C., 2004. The photon attenuation coefficients of barite, marble and limra. *Annals of Nuclear Energy*, 31, 577–582.
- Altınışık, K., 2006. Isı Yalıtımı Ankara: Nobel Yayın dağıtım.
- Atchison, J.E., 1993. Data on non-wood plant fibers, In: *Properties of Fibrous Raw Materials and Their Preparation for Pulping*, M.J. Kocurek (Ed), Pulp and paper manufacture Vol.3, Joint Textbook Committee of the Paper Industry, Tappi Press, Atlanta, GA. s.157-174.
- Aydın, A., 2005. Sahil Çamı İbrelerinin Yongalevha Endüstrisinde Değerlendirilmesi İmkanları, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Ayrılmış, N., Büyüksarı, M., Avcı, E., 2009. Utilization of Pine (*Pinus pinea L.*) Cone in Manufacture of Wood Based Composite, *Forest Ecology and Management*, 259 (1), 65-70.
- Bektaş, İ., Guler, C., Kalaycıoğlu, H., Mengeloğlu, F., Nacar, M., 2005. The manufacture of particleboards using sunflower stalks and poplar wood. *Journal of Composite Materials*, 39: 467-473.
- Binici, H., Aksoğan, O., Demirhan., C., 2016. Mechanical, thermal and acoustical characterizations of an insulation composite made of bio-based materials. *Sustainable Cities and Society* 20 17–26.
- Borrego, J.M., Gutmann, R.J., Ashok, S., 1976. Neutron Radiation Effects in Gold And Aluminum GaAs Schottky diodes. *IEEE Transactions on Nuclear Science*. NS-23(6), 1671-78.
- Bozkurt, A.Y., Göker, Y., 1990. Yonga levha endüstrisi ders kitabı. İ.Ü. Yayın No:3614, Orman Fak. Yayın No:413, İstanbul.
- Bulut, M., 2014. Türkiyede Kompozit Malzeme Üretimi ve Kompozit Malzeme Sektörünün Genel Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Bitirme Projesi, Metal Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi.
- Can, A., Sivrikaya, H., 2017. Mantar Tahribatına Uğramış Titrek Kavak Odununun FT-IR Yöntemiyle Kimyasal Analizi, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1), 139-147
- Caran, Ş., Çoban, H., Flower, M.F.J., Ottley, C.J., Yılmaz, K., 2010. Podiform Chromitites and Mantle Peridotites of the Antalya Ophiolite, Isparta Angle

- (SW Turkey): Implications for partial melting and melt-rock interaction in oceanic and subduction-related settings. *Lithos*, 114, 307-326.
- Chesters, J.H., 1973. *Steelplant Refractories: Testing, Research and Development*, The United State Com., Sheffield.
- Çalın, R., 2006. Magnezya Parçacık Takviyeli Al Matrisli Kompozitin Vakum İnfiltrasyon Yöntemi ile Üretilmesi ve Özelliklerinin İncelenmesi. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- De Ronde, A. A., Stünitz, H., Tullis, J., Heilbronner, R., 2005. Reaction-induced weakening of plagioclase–olivine composites. *Tectonophysics*, 409(1-4), 85-106.
- DOE., 1995. DOE Occupational Radiation Exposure, 1992-1995 Report. DOE/EH0533, U.S.A.
- DOE., 1997. DOE Occupational Radiation Exposure, 1992-1995 Report DOE/EH0575, U.S.A.
- Dominko, R., Bele, M., Gaberscek, M., Remskar, M., Hanzel, D., Goupil, J. M., Jamnik, J., 2006. Porous Olivine Composites Synthesized by Sol–gel Technique. *Journal of Power Sources*, 153(2), 274-280.
- Dönmez, Ç., A., Kalaycıoğlu, H., Ertaş, M., Alma, M.H., 2009. Borik Asit ve Çinko Borat Kullanımının Çimentolu Yonga Levha Özellikleri Üzerine Etkisi, 4. Uluslararası bor sempozyumu, 15-17 Ekim, Eskişehir.
- Drygalska, E., Jonas, S., Nadachowski, F., Piech, J., Skalska, M., 2009. Stabilized Dolomite as a Part of New Refractory Composites. *Materiały Ceramiczne/Ceramic Materials*, 61(1), 3-6.
- Eaves, G., 1964. *Principles of Radiation Protection*. Iliffe Books L.T.D., 185 s., London.
- Eroğlu, H., Usta, M., 2000. Lif Levha Üretim Teknolojisi, KTÜ Orman fakültesi ders notu, Trabzon.
- English, B., Chow, P., Bajwa, D.S., 1997. Processing into Composites, In: *Paper and Composites from Agro-based Resources*, R.M. Rowell, R.A. Young, J.K. Rowell, (Eds), CRC Press Inc, Boca Raton, Florida.s.269-299.
- Fengel, D., Wegener G., 1984. *Wood, Chemistry, Ultrastructure, Reactions*. Walter de Gruyter Public, pp. 240-267 Berlin.

- Gemci, R., 1996. Lif Takviyeli Polimer Kompozit Malzemelerde Aşınma ve Isı İletimlerinin İyileştirilmesi. (Doktora tezi), Uludağ Üniversitesi, 102.
- Girods, P., Dufour, A., Rogaume, Y., Rogaume, C., Zoulalian, A., 2009. Comparison of Gasification and Pyrolysis of Thermal Pre-treated Wood Board Waste. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 85(1), 171-183.
- Golubkov, A. W., Fuchs, D., Wagner, J., Wiltsche, H., Stangl, C., Fauler, G., Hacker, V., 2014. Thermal-runaway experiments on consumer Li-ion batteries with metal-oxide and olivin-type cathodes. *RSC Advances*, 4(7), 3633-3642.
- Güler C., Bektas, İ., Kalaycıoğlu, H., 2006. The Experimental Particleboard Manufacture from Sunflower Stalks (*Helianthus annuus L.*) and Calabrian Pine (*Pinus brutia Ten.*). *Forest Product Journal*. 56, 56-60.
- Güler, C., Çopur, Y., Taşcıoğlu, C., 2008. The Manufacture of Particleboards Using Mixture of Peanut Hull (*Arachis hypoqaea L.*) an European Black Pine (*Pinus nigra arnold*) Wood Chips, *Biosource Techology*, 99 (8), 2893-2897.
- Güler, C., Ozen, R., 2004. Some Properties of Particleboards Made from Cotton Stalks (*Gossypium hirsitum L.*). *Holz als Roh- und Werkstoff* 62:40-43.
- Güney, A., Tarkan, M., 1999. Karbonatlı Kayaçlar, Endüstriyel Mineraller El Kitabı, İstanbul.
- Güney, A., 1999. Yurt Madenciliği Geliştirme Vakfı, Türkiye Dolomit Envanteri, İstanbul Maden İhracatçıları Birliği, İstanbul.
- Güntekin, E., Şahin, H.T., Üner, B., 2008. Orman Endüstrisi ve Tarımsal Atıkların Çimentolu Lif-levha Üretiminde Değerlendirilmesi, Tübitak-Tovag Proje sonuç raporu; Proje no: 106O378, 134 s. Isparta
- Hahn, H. T., Tsai, S. W., 1980. *Introduction to Composite Materials (Vol. 1)*: CRC Press.
- Han, J., Rowell, J., 1997. Chemical Composition of Fibers, In: *Paper and Composites from Agro-Based Resources*, Rowell, R.M., Young, R.A., Rowell, J.K., (Eds), CRC Press, Inc, Boca Raton, Florida. s.85-134.
- Hon, N-S. D., 1991. Photochemistry of wood, *Wood and Cellul. Chem.*, D. Hon and N. Shiraishi (Eds), Markel Dekker. Inc., pp.525-555. New York.
- Hon, N-S. D., Feist, C. W., 1993. *Wood & Fiber Sci.* Vol. 25, No. 2.

- ICRP., 1993. Protection against Radon-222 at home and at work. ICRP Publication 65, Annals of The ICRP, Pergamon Press, 23(4). Oxford.
- ICRP., 1996. Conversion coefficients for use in radiological protection. A Joint Report With ICRU. ICRP Publication 74. Annals of The ICRP Pergamon Pres, 26(2), Oxford.
- Kalaycıoğlu, H., Deniz, I., Hızıroğlu, S., 2005. Some of the properties of particleboard made from paulownia. Journal of Wood Science 51:410–414.
- Kalaycıoğlu H., Özen R., 2009. Yongalevha Endüstrisi Ders Notları, KTÜ Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon.
- Kaplan, M.F., 1989. Concrete Radiation Shielding. Longman Scientific and Technology, Longman, Group U.K. Ltd., Essex, 457 s., U.K.
- Karakuş, B., 2007. Çeşitli bitkisel sera atıklarının yonga levha üretiminde değerlendirilmesi. SDÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta. 85s.
- Kaya, A.İ., 2015. Atık Kâğıtlardan Geri Kazanılmış Liflerden Kompozit Malzeme Üretim Olanaklarının Araştırılması. Doktora Tezi, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı. Isparta.
- Kılıç, A., Hafızoğlu, H., 2007. Açık hava koşullarının ağaç malzemenin kimyasal yapısında meydana getirdiği değişimler ve alınacak önlemler. Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, A-2, 163-171.
- Kononov, M.E., Nikitenko, N.G., Afanas'ev, A.P., Orlov, V.A., 2012. Technological Investigation of Olivines From Thr Kovdor Deposits, Refractories and Industrial Ceramics.
- Kuźvart, M., 1984, Industriel Minerals and Rocks, Elsevier, New York.
- Lee, S.Y., 2004. Accelerator Physics. 2nd Ed., World Scientific, 588 s., Singapore.
- MTA., 2018. Dolomit. Maden Tetkik ve Arama genel Müdürlüğü. Erişim Tarihi: 20.09.2018. <http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/dolomit>
- MTA., 2018. Olivin. Maden Tetkik ve Arama genel Müdürlüğü. Erişim Tarihi: 20.09.2018. <http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/olivin>
- Maloney, T.M., 1996. The Family of Wood Composite Materials, Forest Products Journal, 46 (2), 19-26.

- Mantanis G., Nakos P., Berns J., L. Rigal., 2000. Turning Agricultural Straw Residues Into Value-Added Composite Products: A New Environmentally Friendly Technology. In: Proc. of the 5th International Conference on Environmental Pollution, s 840-848, Aug. 28-31, Aristotelian University, Thessaloniki, Greece.
- Mazumdar, S., 2001. Composites Manufacturing: Materials, Product, and Process Engineering: CrC Press.
- McDougall, G., Morrison, I., Stewart, D., Weyers, J., Hillman, J., 1993. Plant fibres: botany, chemistry and processing for industrial use. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 62(1), 1-20.
- Mohd Saleh, S.S. Hazizan, A., Helmi, M. and Kudus, A. 2012. Synthesis and Characterization of MWCNT/Dolomite Hybrid Compound as Potential Composite Fillers, *Advanced Materials Research*, Vol. 620, pp. 400-404.
- Moloney, T.M., 1977. *Modern Particleboard and Dry-Process Fiberboard Manufacturing*, Miller Freeman Publications, San Francisco, 688s.
- Moloney, A. C., Kausch, H. H., Stieger, H. R. 1983. The Fracture of Particulate-Filled Epoxide Resins. *Journal of Materials Science*, 18(1), 208-216.
- Muehl, J.H., Krzysik, A. M., Youngquist, J. A., Chow, P. and Bao, Z., 1999. Performance of Hardboards Made from Kenaf, In: *Kenaf Properties, Processing and Products*, T. Sellers, vd., (Eds), 367-379. Mississippi State University Press, MS.
- Myung, S. T., Komaba, S., Hirosaki, N., Yashiro, H., Kumagai, N., 2004. Emulsion Drying Synthesis of Olivine LiFePO₄/C Composite and its Electrochemical Properties as Lithium Intercalation Material. *Electrochimica Acta*, 49(24), 4213-4222.
- Nemli, G., Kirci, H., Serdar, B., Ay, N., 2003. Suitability of Kiwi (*Actinidia sinensis planch.*) Prunings for Particleboard Manufacturing. *Industrial Crops and Products* 17, 39-46.
- Ndazi, B., Tesha, J. V., Bisanda, E. T. N., 2006. Some Opportunities and Challenges of Producing Bio-composites from Non-wood Residues. *Journal of Material Science*. 41, 6984–6990.

- Nishikawa, A., 1984. Technology of Monolithic Refractories, Plibrico Japan Co., Tokyo.
- Ntalos, G., A., Grigoriou, A., H., 2002. Characterization and Utilisation of Vine Prunings as a Wood Substitute for Particleboard Production. *Industrial Crops and Products*, 16, 59-68.
- Öktem, E., 1979. Ormangülü Odunundan Yongalevha Yapılması Üzerine Araştırmalar, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No: 13, Ankara.
- Özdemir, F., 2016. Yüksek Yoğunluklu Lif Levhanın Bazı Özellikleri Üzerine Dolomit Mineralinin Etkisinin Araştırılması. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 19, 93-98.
- Özdemir, F., Tutuş, A., Çiçekler, M., 2016. Effect of Dolomite Mineral on Surface Roughness of High Density Fiberboard (HDF). In 2nd International Furniture Congress (pp. 498-501).
- Pandey, KK., 2005. A Note on the Influence of Extractives on the Photo-Discoloration and Photo-Degradation of Wood, *Polmer Degradation and Stability*, 87, 375-379.
- Peiwei, G., Xiaolin, L., Shaochun, J., Hui, Z., Chunxing, G., 2008. Using a New Composite Expansive Material to Decrease Deformation and Fracture of Concrete. *Materials Letters*, 62(1), 106-108.
- Price, B.T., Horton, C.C., Spinney, K.T., 1957. Radiation Shielding. Pergamon Pres, 350 s, London.
- Rials, G. T., Wolcott, M.P., 1997. Physical and mechanical properties of agro-based fibers, In: Paper and composites from agro based resources, Rowell, R.M., Young, R.A., Rowell, J.K. (Eds), CRC Press, Inc, Boca Raton, Florida, s.63-81.
- Rosato, D. V., 1997. Designing with reinforced composites: Hanser Gardner Publications.
- Rowell, R. M., 1998. Property Enhanced Natural Fiber Composite Materials Based On Chemical Modification, In: Science and technology of polymers and advanced materials: emerging technologies and business opportunities, 85 (Prasad, P.N., Mark, J.E., Kandil, S.H. and Kafafi, Z.H. -eds.) Plenum pres pp. 717-732, New York.

- Rowell, R.M., 1997. Opportunities for Composites from Agro-based Resources, In: Paper and Composites from Agro-Based Resources, Rowell, R.M., Young, R.A., Rowell, J.K., (Eds), CRC Press, Inc, Boca Raton, Florida. s.249-300.
- Rowell, R. M., Han, J.S., Rowell, J. S., 2000. Characterization and Factors Effecting Fiber Properties, In: Natural Fibers and Agrofiber Composites, E. Frolini, A.L. Leao and L.H.C. Mattaso (Eds), San Carlos-Brazil. s.115-134.
- Seydibeyoğlu, M. Ö., 2012. Karbon elyaf kompozitlerinin hazırlanmasında yeni teknolojiler. İzmir.
- Shultis, J.K., Faw, R.E., 2002. Fundamentals of Nuclear Science and Engineering, Marcel Dekker Inc., 519 s., Kansas.
- Suchland, O., Woodson, G., 1987. Fiberboard Manufacturing Practices in the United States, Department of Agriculture Forest Service Agriculture Handbook No. 640, Washington DC.
- Sahin, H.T., 2002. Odun ve selülozda meydana gelen renk değişmeleri üzerine araştırmalar. SDU Orman Fakültesi Dergisi, , Seri A, Sayı 2, 57-70
- Sahin, H.T., Arslan, M.B., 2011. Weathering Performance of Particleboards Manufactured from Blends of Forest Residues with Red pine (*Pinus brutia*) Wood, Maderas: Ciencia y Tecnologia, 13 (3), 337-346.
- Sahin, H.T., Arslan, M.B., 2013. Properties of Orchard Pruning and Suitability for Composite Production, Science and Engineering of Composite Materials, 20 (4), 337-342.
- Sahin, H.T., Yalcin, O.U., 2017. Conifer Cones: An Alternative Raw Material For Industry, British Journal of Pharmaceutical Research, 17(2),1-9.
- Şahin, H. T., 2006. Kağıt ve kompozit ürünleri için liginoselülozik hammadde kaynakları, Orman Mühendisliği, 43, 4-6.
- Singer, F., Singer, S.S., 1969. Industrielle Keramik, Springer-Verlag Berlin, Newyork.
- Sur, G., 2008. Karma Takviyeli Alüminyum Matriksli Kompozitlerin Üretimi, Mekanik Özellikler ve İşlenebilirliğin İncelenmesi. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Suzuki, Y., Morgan, P. E., Ohji, T., 2000. New Uniformly Porous CaZrO₃/MgO Composites with Three-Dimensional Network Structure from Natural Dolomite. Journal of the American Ceramic Society, 83(8), 2091-2093.

- Suzuki, Y., Morgan, P. E., Ohji, T., 2001. Synthesis and Deformation Behavior of Nano-Diphasic Materials from Natural Dolomite. *Materials Science and Engineering: A*, 304, 780-784.
- Tataroğlu, A., 2006. 60Co Irradiation Effects on the Current-Voltage (I-V) Characteristics of Al/SiO₂/p-Si (MIS) Schottky diodes. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A*, 568, 863-868.
- Temiz, A., 2005. Dış Hava Koşullarının Emprenyeli Ağaç Malzemeye Etkileri, Doktora Tezi, KTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Ter Heege, J. H., De Bresser, J. H. P., Spiers, C. J., 2004. Composite Flow Laws for Crystalline Materials with Log-Normally Distributed Grain Size: Theory and Application to Olivine. *Journal of Structural Geology*, 26(9), 1693-1705.
- Vasiliev, V. V., Morozov, E., 2001. *Mechanics and Analysis of Composite Materials*: Elsevier.
- Wu, Q., 2001. Comparative Properties of Bagasse Particleboard. Proc. of the Symposium on Utilization of Agricultural and Forestry Residues, Oct. 31-Nov. 3. pp. 277-284 Nanjing Forestry University, Nanjing, China.
- Yeprem, H.A., 2003. Dolomit Refrakter Üretiminde Kullanılacak Yerli Bir Dolomitin Sinterlenme Karakterizasyonu, Doktora Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yilgor, N., Dogu, D., Moore, R., Terzi, E., Kartal, S.N., 2013. Evaluation of Fungal Deterioration in *Liquidambar Orientalis Mill.* heartwood by FT-IR and Light Microscopy. *BioResources*, 8(2), 2805-2826.
- Yip, C. K., Provis, J. L., Lukey, G. C., van Deventer, J. S., 2008. Carbonate Mineral Addition to Metakaolin-Based Geopolymers. *Cement and Concrete Composites*, 30(10), 979-985.
- Young, R.A., 1997. Pulp and paper, In: Rowell, R. M., Young, R.A., Rowell, J.K. (Eds), *Paper and Composites from Agro-based Resources*, CRC Press Inc., Boca Raton, Florida.
- Youngquist, J.A., English, B.E., Scharmer, R.C., Chow, P., Shook, S.R., 1994. Literature Review on Use of Nonwood Plant Fibers for Building Materials and Panels, USDA Forest Service, General Technical Report, FPL-GTR 80, Madison, WI.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ömer Ümit YALÇIN
Doğum Yeri ve Yılı : Isparta/1987
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : omeryalcin@sdu.edu.tr

Eğitim Durumu

Lise : Isparta ŞAİK Lisesi (2001-2005)
Lisans : Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği (2005-2010)
Yüksek Lisans : Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği (2010-2013)

Yayınlar

- Sahin, H.T., Yavilioglu, I., Yalcin, O.U., 2018. Properties of Composite Panels Produced from Cotton Waste and Red Pine Wood Mixtures, Journal of Applied Life Sciences International, 17(4): 1-9, 2018.
- Sahin, H.T. and Yalcin, O.U. Chemical Composition and Utilization of Conifer Needles-A review, Journal of Applied Life Sciences International, 14(3):1-11 (2017)
- Var, A.A., Yalcin, O.U., Soyguder, A., Effects of geothermal hot water treatment on rate of water absorption, modulus of elasticity, compressive strength parallel to grain of Brutian pine wood: A case study from Sakarya, Turkey . Turkish Journal of Forestry ,2017.
- Sahin, H.T. and Yalcin, O.U. Conifer Cones: An Alternative Raw Material for Industry,British Journal of Pharmaceutical Research, 17(2):1-9 (2017)
- Uner, B., Köse, G., Yurumez, Y., Yalcin, O.U., Akgul, M., 2016. Wood Waste Turned Into Value Added Products: Thermal Plasticization by Benzylolation Process, Drvna Industrija, 67 (4) 315-322.
- Uner, B., Dorak, S., Ismailoglu, Y., Tufan, M. Z., Kurul, F., Yalcin O. U., 2016.Centaurea solstitialis and Silybum marianum weeds conversion into value-added thermoplastic materials by benzylolation process, Iran Polym J 25:37–43

Uluslararası toplantıda sunulacak özet metin olarak yayımlanan bildiri

- Yalcin, O.U., Sahin, H.T., Yavilioglu, I., Properties Of Boards Made From Wood/Cotton Waste Mixtures, 2. International Conference on Engineering Technology and Innovation (ICETI) 2018 Budapest
- Yavilioglu, I., Yalcin, O.U., Sahin, H.T., 2018. Preperation Of Fiberboards From Mixture Of Cotton Waste And Red Pine Wood Fibers, 4th International Conference on Engineering and Natural Science, 2-6 May, Kiev-Ukraine
- Simsek, Y., Yalcin, O.U., Sutcu, A., 2018. Investigation of the Strength Properties of the Red Pine (*Pinus brutia* Ten.) in the Garden Of Ertokus Madrasah. International Ecology 2018 Symposium, Kastamonu.
- Kaya,A.I., Sahin, H.T., Yalcin O.U., 2017. Acoustic properties of boards made from mixtures of wood and recycled waste paper fibers, ISFOR 2017.
- Üner, B., Bülbül, Z., Yalçın, Ö. Ü., Akgül, M., Cengiz, M., 2013. Evaluation of Antioxidant Activities of *Trifolium repens* L.: Hot and Cold Water Extraction, International Caucasian Forestry Symposium, 1021, Artvin.
- Üner, B., Yalçın, Ö. Ü., Cengiz, M., Akgül, M.,2013. The Effect of Alkali Concentration on Chemical Modification Of Turkish Red Pine, International Caucasian Forestry Symposium, 1116, Artvin.
- Sahin,Y.,Yalcin,Ö.U.,Cengiz,M.,Akgul,M.,and Uner,B.Plasticisation of Agricultural Waste (Tomato,Pepper and Aggplant).The Sixth European Conference on Wood Modification.Ljubljana,Slovenia.17-18 September 2012

Uluslararası toplantıda poster, sözlü sunum ile gösterimleri

- Yalcin, O.U., Sahin, H.T., Pine Little Needles: Its Properties And Potential Utilizations, 2. International Conference on Engineering Technology and Innovation (ICETI). 2018 Budapest
- Yavilioglu, I., Yalcin, O.U., Sahin, H.T., 2018. The Insulation Properties Of Inorganic Bonded Lignocellulosic Composite Materials, 4th International Conference on Engineering and Natural Science, 2-6 May, Kiev-Ukraine.
- Simsek, Y., Yalcin, O.U., Sahin, H.T., 2018. A Waste Lignocellulosic Material: Tree Barks, International Ecology 2018 Symposium, Kastamonu.
- Yalcin, O.U., Sahin, H.T., Chemical properties of pine cones. Isfor 2017.

- Var, A.A., Soygüder,A., Yalcin, O.U., The density and bending strength of Turkish red pine wood treated with geothermal waters with different temperature: A case study from Sakarya, Turkey. Isfor 2017.
- Yorur, H.,Seker, B.,Gunay, M.N., Kayahan, K.,Yalcin, O.U., The influence of pre-treatment on bonding strength of wood. Isfor 2017.
- Yalçın, Ö. Ü., Üner, B., 2012. Lignoselülozik Maddelerin Plastikleştirilmesi, Ispartek Proje Pazarı,15. Uluslararası Bilim ve Bahar Şenliği, Isparta

