

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TÜRKİYE'DE YETİŞEN ÖNEMLİ AĞAÇ TÜRLERİNİN ORTOTROPİK
MEKANİK DAVRANIŞ ÖZELLİKLERİ**

Tuğba YILMAZ AYDIN

**Danışman
Prof.Dr. Birol ÜNER**

**DOKTORA TEZİ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2017**



©2017 [Tuğba YILMAZ AYDIN]

TEZ ONAYI

Tuğba YILMAZ AYDIN tarafından hazırlanan "**Türkiye'de Yetişen Önemli Ağaç Türlerinin Ortotropik Mekanik Davranış Özellikleri**"adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Orman Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **DOKTORA TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman **Prof.Dr. Birol ÜNER**
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi **Prof. Dr. Mustafa ALTINOK**
Gazi Üniversitesi



Jüri Üyesi **Doç. Dr. Deniz AYDEMİR**
Bartın Üniversitesi



Jüri Üyesi **Doç. Dr. Kemal Tuşat YÜCEL**
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi **Doç. Dr. Süleyman KORKUT**
Düzce Üniversitesi



Enstitü Müdürü **Prof.Dr. Yasin TUNCER**

TAAHHÜTNAME

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

Tuğba YILMAZ AYDIN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xxii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	3
2.1 Ahşabın Malzemenin Yapısı.....	3
2.1.1 Anatomik yapı	3
2.1.2 Ortotropik yapı	4
2.2 Ahşap Malzemenin Mekanik Davranışı	6
2.2.1 Lineer elastik davranış.....	6
2.2.2 Mekanik anizotropi	7
2.3. Elastiklik Özellikleri	9
2.3.1. Elastikiyet modülü.....	10
2.3.2. Poisson oranı	10
2.3.3. Rijitlik modülü.....	11
2.4. Direnç Özellikleri	12
2.5 Ağaç Malzemenin Mekanik Davranışını Etkileyen Faktörler.....	14
2.5.1 Doğal faktörler	15
2.5.1.1 Özgül ağırlık	15
2.5.1.2. Budaklar	16
2.5.1.3. Lif kıvrıklığı	16
2.5.1.4. Yıllık halka yönü	17
2.5.1.5. Reaksiyon odunu.....	18
2.5.1.6. Genç odun	19
2.5.1.7. Doğal basma yükleri	19
2.5.1.8. reçine keseleri	20
2.5.1.9. Ekstraktifler	20
2.5.2. Çevresel faktörler.....	20
2.5.2.1. Rutubet.....	20
2.6.2.2. Sıcaklık	28
2.6.2.3. Yükleme süresi.....	40
2.6.2.4. Yükleme hızı.....	40
2.6.2.5. Sünme	40
2.6.2.6. Yorulma.....	41
2.6.2.7. Kimyasallara maruz kalma.....	41
2.6.2.8. Yaşlandırma	42
2.6.2.9. Kimyasal işlemler.....	42
2.6.2.10. Nükleer radyasyon.....	43
2.6.2.11. Küf ve mantarlar	43
2.6.2.12. Çürüklük	44
2.6.2.13. Böcek zararlıları.....	44
3. MATERYAL VE YÖNTEM	45

3.1. Materyal.....	45
3.1.1. Toros sediri (<i>Cedrus libani</i> A.Rich.).....	45
3.1.2. Kızılçam (<i>Pinus brutia</i> Ten.).....	47
3.1.3. Sapsız meşe (<i>Quercus Petraea</i> Lieble).....	48
3.1.4. Doğu kayını (<i>Fagus orientalis</i> L.).....	50
3.2. Yöntem.....	52
3.2.1. Deney örneklerinin hazırlanması.....	53
3.2.2. Fiziksel özellikler.....	55
3.2.2.1. Hava kurusu ve tam kuru yoğunluk değerlerinin bulunması.....	55
3.2.2.2. Rutubet tayini.....	56
3.2.3. Rutubetin test edilen özellikler üzerine etkisi.....	56
3.2.3.1. Basma direnci.....	57
3.2.3.2. Şekil değişimlerinin hesaplanması.....	58
3.2.3.3. Young modülü.....	59
3.2.3.4. Poisson oranı.....	59
3.2.4. Sıcaklığın test edilen özellikler üzerine etkisi.....	60
3.2.4.1. Eğilme direnci.....	60
3.2.4.2. Eğilmede elastikiyet modülü.....	61
3.2.4.3. Basma direnci.....	61
3.2.4.4. Young modülü.....	62
3.2.4.5. Poisson oranı.....	63
3.2.5. İstatistiksel analiz.....	63
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	64
4.1. Rutubetin Test Edilen Özellikler Üzerine Etkisi.....	64
4.1.1. Fiziksel özellikler.....	65
4.1.2. Basma direnci.....	66
4.1.3. Young Modülü.....	78
4.1.4. Poisson oranı.....	92
4.2. Sıcaklığın Test Edilen Özellikler Üzerine Etkisi.....	107
4.2.1. Eğilme direnci.....	107
4.2.2. Eğilmede elastikiyet modülü.....	118
4.2.3. Basma direnci.....	130
4.2.4. Young modülü.....	163
4.2.5. Poisson oranı.....	198
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	243
KAYNAKLAR.....	258
ÖZGEÇMİŞ.....	272

ÖZET

Doktora Tezi

TÜRKİYE'DE YETİŞEN ÖNEMLİ AĞAÇ TÜRLERİNİN ORTOTROPİK MEKANİK DAVRANIŞ ÖZELLİKLERİ

Tuğba YILMAZ AYDIN

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof.Dr. Birol ÜNER

Bu tez çalışmasında Türkiye'de yetişen önemli ağaç türlerinden olan Toros sediri (*Cedrus libani* A.Rich.), Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.), Sapsız meşe (*Quercus petraea* Lieble), Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) odunlarının bazı ortotropik mekanik özellikleri ve bu özelliklere rutubet ve sıcaklığın etkisi incelenmiştir. Ortotropik özellikler ahşap malzemenin yük altındaki davranışının modellenmesinde önemlidir. Çalışmada lif, radyal ve teğet yönlerdeki Young modülü (E_L, E_R, E_T), basma dirençleri ve poisson oranları ($U_{LR}, U_{LT}, U_{RL}, U_{RT}, U_{TL}, U_{TR}$) hesaplanmıştır. Kızılçam ve Toros sediri tomrukları Burdur-Bucak yöresinden, Sapsız meşe ve Doğu kayını tomrukları Zonguldak-Devrek Dorukhan tüneli mevkiinden temin edilmiştir. Elde edilen tomruklardan kesilen radyal ve teğet yönde latalardan kusursuz örnekler hazırlanmıştır.

Rutubetin bazı ortotropik mekanik özelliklere etkisinde üç farklı yönde (L, R, T) 20x20x600 mm ölçülerinde hazırlanan deney örnekleri, Zürih Federal Teknoloji Enstitüsü (ETHZ) Odun Fiziği laboratuvarının iklimlendirme odalarında 20°C sabit sıcaklık ve %50, 65, 85, 95 bağıl nem şartlarında 8-10 hafta bekletilerek uygun rutubet seviyelerine gelmeleri sağlanmıştır. Kondisyonlama işleminden sonra gerçekleştirilen basma testleriyle gerilme ve şekil değiştirme eğrileri elde edilerek elastik ve direnç özellikleri hesaplanmıştır.

Sıcaklığın bazı ortotropik mekanik özelliklere etkisinde eğilme (eğilme direnci, eğilmede elastiklik modülü) ve üç yönde basma testleri (basma direnci, Young modülü, Poisson oranı) yapılmıştır. Eğilme örnekleri 20x20x350 mm, basma testi örnekleri 20x20x60 mm ölçülerinde hazırlanmıştır. Deney örnekleri dört farklı sıcaklık (120-150-180-210°C) ve üç farklı sürede (2-5-8 saat) atmosferik ortamda etüvde sıcaklığa maruz bırakılmıştır. Her sıcaklık grubuna ait kontrol örnekleri kullanılmıştır. Deney örnekleri sıcaklığa maruz bırakıldıktan sonra %64±1 bağıl nem ve 20±0.2°C sıcaklıkta kondisyonlanarak SDÜ Orman Fakültesi mekanik test laboratuvarında test edilerek elastik ve direnç özellikleri belirlenmiştir.

Çalışma sonuçlarına göre rutubetin elastik ve direnç özellikleri üzerinde önemli

etkisi olduğu görülmüştür. Rutubet miktarının artması ile üç yönde (L, R, T) basma direnci ve Young modülü değerleri azalmıştır. Rutubet miktarının artması ile genel olarak Poisson değerlerinde artış gözlenmiştir. Sıcaklık ve uygulama süresinin de elastik ve direnç özellikleri üzerinde etkisi olduğu görülmüştür. Liflere paralel ve teğet yönlerde basma direnci değerleri genellikle 120-150°C sıcaklık uygulamalarında önce bir miktar artarken sıcaklığın yükselmesiyle (180-210°C) azalmıştır. Radyal yönde bütün sıcaklık uygulamalarında basma direnci değerleri azalmıştır. Young modülü değerleri genellikle üç yönde de önce bir miktar artarken sıcaklık uygulamasının artmasıyla azalmıştır. Poisson oranları üzerine sıcaklığın anlamlı bir etkisi görülmemiştir.

Anahtar Kelimeler: Ortotropi, Young modülü, Poisson oranı, rutubet, sıcaklık, odun.

2017, 275 sayfa



ABSTRACT

Ph.D. Thesis

ORTOTROPIC MECHANICAL BEHAVIOR OF SOME IMPORTANT WOOD SPECIES GROWN IN TURKEY

Tuğba YILMAZ AYDIN
Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Forest Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Birol ÜNER

In this study, some orthotropic properties and effect of moisture content (MC) and temperature on these properties of *Cedrus libani* A.Rich., Turkish pine (*Pinus brutia* Ten.), sessile oak (*Quercus petraea* Lieble) and oriental beech (*Fagus orientalis* L.) wood which are native and important species of Turkey were investigated. Orthotropic properties are important due to modelling of wood material behavior under loading. Young modulus and compression strength in Longitudinal, Radial and Tangential direction and Poisson ratios (ν_{LR} , ν_{LT} , ν_{RL} , ν_{RT} , ν_{TL} , ν_{TR}) were calculated. Turkish pine and *Cedrus libani* logs harvested from Bucak, Burdur while sessile oak and oriental beech logs from Devrek, Zonguldak. Clear wood specimens prepared from radial and tangential laths cut from these logs.

To determine the effect of MC on some orthotropic mechanic properties of wood, 20x20x600mm test specimens prepared both for *L*, *R* and *T* directions. And then specimens conditioned approx. 8-10 weeks at 20°C constant temperature and 50, 65, 85, 95% RH in conditioning chamber at Wood Physic lab of Swiss Federal Institute of Technology in Zurich to provide proper MC. After conditioning, stress and strain curves obtained from compression test and elastic and strength properties calculated.

To determine the effect of temperature on some orthotropic properties of wood, bending (bending strength, modulus of elasticity) and compression test in three principal directions (compression strength, Young modulus and Poisson ratio) were conducted. Dimensions of bending and compression specimens were 20x20x350mm and 20x20x60mm respectively. Specimens exposed to 120-150-180-210°C temperature for 2-5-8 hours by using a vacuum furnace (nüve) in an atmospheric environment. Each temperature group has its own control specimens for matching. Test specimens were conditioned at 20±0.2°C and 64±1%RH after exposed to temperature. And then elastic and strength properties were determined by testing with Universal Test Machine in Mechanics Lab of Suleyman Demirel University.

According to the results, it is found that MC has significant effects on elastic and strength properties. Compression strength in both principal directions (*L*, *R* and

T) and Young modulus values decreased while MC increases. Poisson ratios effected less than others by MC but in general an increase observed on Poisson values while MC increases. Also, it's found that temperature and exposure duration have effect on elastic and strength properties of wood. Compression strength in *L* and *T* directions generally slightly increased at 120-150°C treatments and then decreased at 180-210°C treatments. Compression strength values in *R* direction decreased for all temperature groups. Generally values of Young modulus in all principal directions increased modestly at first but then decreased with increased temperature. A significant effect of temperature on Poisson ratios unobserved.

Keywords: Orthotropic, Young's modulus, Poisson's ratio, moisture, temperature, wood.

2017, 275 pages



TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında beni destekleyen danışman hocam Sayın Prof.Dr. Birol ÜNER' e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın gerçekleşmesinde laboratuvarını kullanımına sunan Zürih Federal Enstitüsü'ne, çalışmalarında beni yönlendiren ve her türlü yardımını esirgemeyen Prof.Dr. Peter NIEMZ'e, laboratuvar çalışmalarım da yardımcı olan Erik BACHTIAR'a ve Thomas SCHNIDER'a, yardımlarından dolayı Merletti ANDREA'ya teşekkür ederim.

Deneysel çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Orman Endüstri Mühendisleri Hasan KAYA, Hulusi KAYA ve Serhat AKAR'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmada kullanılan tomrukların teminde yardımlarından dolayı Zonguldak Devrek Orman İşletme Müdürlüğü ve Burdur-Bucak Orman İşletme Müdürlüğü'nün değerli çalışanlarına teşekkür ederim.

3670-D2-13 No'lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Tezimin gerçekleşmesinde 2214-A numaralı Yurt Dışı Doktora Sırası Araştırma Burs Programı ile maddi destek sağlayan TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan, destekleyen kıymetli arkadaşlarım Arş.Gör. Esra BAYAR, Arş.Gör. Merve NACAĞCI, Dr. Ayşe Gülden ADAY KAYA, Emrah BAYAR'a, tez aşamasında yardımlarını esirgemeyen Arş.Gör.Gürçan GÜLER, Arş.Gör.Onur ALKAN ve Uzman Süleyman UYSAL'a teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan, bana en büyük desteği veren, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen eşim Murat AYDIN'a sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Tüm yaşantımda olduğu gibi, öğrenim hayatımda da maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen annem Meziyet YILMAZ'a, babam Temel YILMAZ'a ve kardeşim Dr.Gökhan YILMAZ'a minnet ve şükranlarımı sunarım.

Tuğba YILMAZ AYDIN
ISPARTA, 2017

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Bir ağacın sistematik yapısı	4
Şekil 2.2. Ağaç malzemedeki anizotropinin temel yönleri.....	5
Şekil 2.3. Porsuk ve ladin odunu için yönlere bağlı elastik uyum ile ispatlanmış elastik anizotropinin deformasyon cisimleri ile üç boyutlu olarak gösterimi.....	9
Şekil 2.4. Meşe odunu direnç anizotropisinin üç boyutlu gösterimi.....	9
Şekil 2.5. Ahşapın L yönündeki çekme yüklemesi ve L, R, T yönlerindeki basma yüklemesi altında ağaç malzemenin tipik stress-strain ilişkisi.....	12
Şekil 2.6. Ahşap malzemenin özelliklerini etkileyen önemli faktörler	15
Şekil 2.7. Yıllık halka yönüne bağlı olarak yükleme yönleri.....	18
Şekil 2.8. Avrupa kayını için ortam rutubeti ve ahşabın denge rutubet miktarı ilişkisi sorpsiyon izoterm eğrileri.....	21
Şekil 2.9. Rutubet miktarının, bazı ağaç türlerinde L yönündeki young modülü değerine etkisi	22
Şekil 2.10. Rutubet miktarının ağaç malzemedeki mekanik özellikler üzerine etkisi.....	25
Şekil 3.1. Sedir ve kızılçam ağaçlarının kesim alanlarının Google earth uydu görüntüsü.....	48
Şekil 3.2. Meşe ve kayın ağaçlarının kesim alanlarının Google earth uydu görüntüsü	52
Şekil 3.3. Deney örneklerinin tomruklardan kesilmesi (a), elde edilen test örnekleri (b)	54
Şekil 3.4. Deney örneklerinin boyanması	57
Şekil 3.5. Basma testi deney örneği ve test düzeneği.....	58
Şekil 3.6. Eğilme deneyi örneği ve test düzeneği.....	61
Şekil 3.7. Basma testi örneği, test düzeneği ve bi-aksiyal ekstansometre	62
Şekil 4.1. Testlerden elde edilen ortalama gerilme-şekil değiştirme eğrileri.....	64
Şekil 4.2. Bağıl nem ve rutubet miktarı arasındaki ilişki	65
Şekil 4.3. Sedir odununun L, R ve T yönlerdeki basma direnci ve rutubet miktarı arasındaki ilişki.....	67
Şekil 4.4. Kızılçam odununun L, R ve T yönlerdeki basma direnci ve rutubet miktarı arasındaki ilişki.....	70
Şekil 4.5. Meşe odununun L, R ve T yönlerdeki basma direnci ve rutubet miktarı arasındaki ilişki.....	73
Şekil 4.6. Kayın odununun L, R ve T yönlerdeki basma direnci ve rutubet miktarı arasındaki ilişki.....	76
Şekil 4.7. Sedir odununun L, R ve T yönlerdeki Young modülü ve rutubet miktarı arasındaki ilişki.....	79
Şekil 4.8. Kızılçam odununun L, R ve T yönlerdeki Young modülü ve rutubet miktarı arasındaki ilişki	82
Şekil 4.9. Meşe odununun L, R ve T yönlerdeki Young modülü ve rutubet miktarı arasındaki ilişki.....	85
Şekil 4.10. Kayın odununun L, R ve T yönlerdeki Young modülü ve rutubet miktarı arasındaki ilişki.....	88
Şekil 4.11. Sedir odununun Poisson oranları ve rutubet miktarı arasındaki	

ilişki.....	92
Şekil 4.12. Kızılçam odununun Poisson oranları ve rutubet miktarı arasındaki ilişki.....	96
Şekil 4.13. Meşe odununun Poisson oranları ve rutubet miktarı arasındaki ilişki.....	100
Şekil 4.14. Kayın odununun Poisson oranları ve rutubet miktarı arasındaki ilişki.....	103
Şekil 4.15. Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre eğilme direnci değerlerindeki değişimi.....	108
Şekil 4.16. Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre eğilme direnci değerlerindeki değişimi.....	111
Şekil 4.17. Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre eğilme direnci değerlerindeki değişimi.....	113
Şekil 4.18. Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre eğilme direnci değerlerindeki değişimi.....	116
Şekil 4.19. Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre eğilmede elastikiyet modülü değerlerindeki değişimi.....	119
Şekil 4.20. Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre eğilmede elastikiyet modülü değerlerindeki değişimi.....	122
Şekil 4.21. Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre eğilmede elastikiyet modülü değerlerindeki değişimi.....	125
Şekil 4.22. Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre eğilmede elastikiyet modülü değerlerindeki değişimi.....	128
Şekil 4.23. Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre lif yönündeki basma direnci değerlerindeki değişimi.....	131
Şekil 4.24. Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre radyal yöndeki basma direnci değerlerindeki değişimi.....	134
Şekil 4.25. Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre teğet yöndeki basma direnci değerlerindeki değişimi.....	136
Şekil 4.26. Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre lif yönündeki basma direnci değerlerindeki değişimi.....	139
Şekil 4.27. Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre radyal yöndeki basma direnci değerlerindeki değişimi.....	142
Şekil 4.28. Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre teğet yöndeki basma direnci değerlerindeki değişimi.....	144
Şekil 4.29. Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre lif yönündeki basma direnci değerlerindeki değişimi.....	147

Şekil 4.30. Meşe dununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre radyal yöndeki basma direnci değerlerindeki değişimi.....	150
Şekil 4.31. Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre teğet yöndeki basma direnci değerlerindeki değişimi.....	153
Şekil 4.32. Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre lif yönündeki basma direnci değerlerindeki değişimi.....	155
Şekil 4.33. Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre radyal yöndeki basma direnci değerlerindeki değişimi.....	158
Şekil 4.34. Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre teğet yöndeki basma direnci değerlerindeki değişimi.....	161
Şekil 4.35. Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre lif yönündeki Young modülü değerlerindeki değişimi.....	164
Şekil 4.36. Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre radyal yöndeki Young modülü değerlerindeki değişimi.....	166
Şekil 4.37. Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre teğet yöndeki Young modülü değerlerindeki değişimi.....	169
Şekil 4.38. Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre lif yönündeki Young modülü değerlerindeki değişimi.....	172
Şekil 4.39. Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre radyal yöndeki Young modülü değerlerindeki değişimi.....	175
Şekil 4.40. Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre teğet yöndeki Young modülü değerlerindeki değişimi.....	178
Şekil 4.41. Meşe dununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre lif yönündeki Young modülü değerlerindeki değişimi.....	181
Şekil 4.42. Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre radyal yöndeki Young modülü değerlerindeki değişimi.....	184
Şekil 4.43. Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre teğet yöndeki Young modülü değerlerindeki değişimi.....	187
Şekil 4.44. Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre lif yönündeki Young modülü değerlerindeki değişimi.....	190
Şekil 4.45. Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre radyal yöndeki Young modülü değerlerindeki değişimi.....	193
Şekil 4.46. Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol	

örneklerine göre teğet yöndeki Young modülü değerlerindeki değişimi.....	196
Şekil 4.47. Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (U_{LR}) değerlerindeki değişimi	200
Şekil 4.48. Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (U_{LT}) değerlerindeki değişimi	202
Şekil 4.49. Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (U_{RL}) değerlerindeki değişimi	203
Şekil 4.50. Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (U_{RT}) değerlerindeki değişimi.....	205
Şekil 4.51. Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (U_{TL}) değerlerindeki değişimi	207
Şekil 4.52. Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (U_{TR}) değerlerindeki değişimi.....	209
Şekil 4.53. Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (U_{LR}) değerlerindeki değişimi.....	212
Şekil 4.54. Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (U_{LT}) değerlerindeki değişimi.....	213
Şekil 4.55. Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (U_{RL}) değerlerindeki değişimi.....	215
Şekil 4.56. Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (U_{RT}) değerlerindeki değişimi.....	216
Şekil 4.57. Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (U_{TL}) değerlerindeki değişimi.....	218
Şekil 4.58. Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (U_{TR}) değerlerindeki değişimi.....	219
Şekil 4.59. Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (U_{LR}) değerlerindeki değişimi	222
Şekil 4.60. Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (U_{LT}) değerlerindeki değişimi	223
Şekil 4.61. Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (U_{RL}) değerlerindeki değişimi	225
Şekil 4.62. Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (U_{RT}) değerlerindeki değişimi.....	226
Şekil 4.63. Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (U_{TL}) değerlerindeki değişimi	228
Şekil 4.64. Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (U_{TR}) değerlerindeki değişimi.....	229
Şekil 4.65. Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (U_{LR}) değerlerindeki değişimi	232
Şekil 4.66. Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (U_{LT}) değerlerindeki değişimi	233
Şekil 4.67. Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol	

örneklerine göre poisson oranı (u_{RL}) değerlerindeki değişimi	235
Şekil 4.68. Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (u_{RT}) değerlerindeki değişimi	237
Şekil 4.69. Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (u_{TL}) değerlerindeki değişimi	239
Şekil 4.70. Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (u_{TR}) değerlerindeki değişimi	241



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Avrupa kayını için üç farklı yönde basmada young modülü değerleri.....	21
Çizelge 2.2. 20°C sıcaklıkta odunun rutubet değerinin mekanik özelliklere etkisi	23
Çizelge 2.3. Farklı rutubet değerlerindeki odunda sıcaklığın mekanik değerler üzerine etkisi.....	29
Çizelge 3.1. Toros sediri odunun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri.....	46
Çizelge 3.2. Sedir ve Kızılçam ağaçlarının alındığı ormanın meşcere özellikleri.....	47
Çizelge 3.3. Kızılçam odunun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri.....	48
Çizelge 3.4. Sapsız Meşe odununun karşılaştırmalı bazı fiziksel ve mekanik özellikleri	50
Çizelge 3.5. Meşe ve kayın ağaçlarının alındığı ormanın meşcere özellikleri	50
Çizelge 3.6. Doğu kayını odununun karşılaştırmalı bazı fiziksel ve mekanik özellikleri	52
Çizelge 3.7. Deneme ağaçlarının çapları	53
Çizelge 3.8. Yapılan çalışmaların deneme deseni.....	55
Çizelge 4.1. Test edilen örneklerin fiziksel özelliklerine ait bulgular	66
Çizelge 4.2. Sedir odununun L, R ve T yönlerdeki basma direnci değerlerine ilişkin bulgular ve DUNCAN grupları	68
Çizelge 4.3. Sedir odununun basma direncinin lif yönündeki varyans analizi.....	69
Çizelge 4.4. Sedir odununun basma direncinin radyal yöndeki varyans analizi.....	69
Çizelge 4.5. Sedir odununun basma direncinin teğet yöndeki varyans analizi.....	69
Çizelge 4.6. Kızılçam odununun L, R ve T yönlerdeki basma direnci değerlerine ilişkin bulgular ve DUNCAN grupları	71
Çizelge 4.7. Kızılçam odununun basma direncinin lif yönündeki varyans analizi.....	72
Çizelge 4.8. Kızılçam odununun basma direncinin radyal yöndeki varyans analizi.....	72
Çizelge 4.9. Kızılçam odununun basma direncinin teğet yöndeki varyans analizi.....	72
Çizelge 4.10. Meşe odununun L, R ve T yönlerdeki basma direnci değerlerine ilişkin bulgular ve DUNCAN grupları.....	74
Çizelge 4.11. Meşe odununun basma direncinin lif yönündeki varyans analizi	75
Çizelge 4.12. Meşe odununun basma direncinin radyal yöndeki varyans analizi	75
Çizelge 4.13. Meşe odununun basma direncinin teğet yöndeki varyans analizi	75
Çizelge 4.14. Kayın odununun L, R ve T yönlerdeki basma direnci değerlerine ilişkin bulgular ve DUNCAN grupları.....	77
Çizelge 4.15. Kayın odununun basma direncinin lif yönündeki varyans analizi	78

Çizelge 4.16. Kayın odununun basma direncinin radyal yöndeki varyans analizi	78
Çizelge 4.17. Kayın odununun basma direncinin teğet yöndeki varyans analizi	78
Çizelge 4.18. Sedir odununun L, R ve T yönlerdeki Young modülü değerlerine ilişkin bulgular ve DUNCAN grupları	80
Çizelge 4.19. Sedir odununun Young modülünün lif yönündeki varyans analizi.....	81
Çizelge 4.20. Sedir odununun Young modülünün radyal yöndeki varyans analizi.....	81
Çizelge 4.21. Sedir odununun Young modülünün teğet yöndeki varyans analizi.....	81
Çizelge 4.22. Kızılçam odununun L, R ve T yönlerdeki Young modülü değerlerine ilişkin bulgular ve DUNCAN grupları	83
Çizelge 4.23. Kızılçam odununun Young modülünün lif yönündeki varyans analizi.....	84
Çizelge 4.24. Kızılçam odununun Young modülünün radyal yöndeki varyans analizi.....	84
Çizelge 4.25. Kızılçam odununun Young modülünün teğet yöndeki varyans analizi.....	84
Çizelge 4.26. Meşe odununun L, R ve T yönlerdeki Young modülü değerlerine ilişkin bulgular ve DUNCAN grupları	86
Çizelge 4.27. Meşe odununun Young modülünün lif yönündeki varyans analizi.....	87
Çizelge 4.28. Meşe odununun Young modülünün radyal yöndeki varyans analizi.....	87
Çizelge 4.29. Meşe odununun Young modülünün teğet yöndeki varyans analizi.....	87
Çizelge 4.30. Kayın odununun L, R ve T yönlerdeki Young modülü değerlerine ilişkin bulgular ve DUNCAN grupları	89
Çizelge 4.31. Kayın odununun Young modülünün lif yönündeki varyans analizi.....	90
Çizelge 4.32. Kayın odununun Young modülünün radyal yöndeki varyans analizi.....	90
Çizelge 4.33. Kayın odununun Young modülünün teğet yöndeki varyans analizi.....	91
Çizelge 4.34. Sedir odununun poisson oranları değerlerine ilişkin bulgular ve DUNCAN grupları.....	93
Çizelge 4.35. Sedir odununda rutubetin poisson oranı (u_{LR}) değerine etkisinin varyans analizi.....	94
Çizelge 4.36. Sedir odununda rutubetin poisson oranı (u_{LT}) değerine etkisinin varyans analizi.....	94
Çizelge 4.37. Sedir odununda rutubetin poisson oranı (u_{RL}) değerine etkisinin varyans analizi.....	94
Çizelge 4.38. Sedir odununda rutubetin poisson oranı (u_{RT}) değerine etkisinin varyans analizi.....	95
Çizelge 4.39. Sedir odununda rutubetin poisson oranı (u_{TL}) değerine etkisinin varyans analizi.....	95
Çizelge 4.40. Sedir odununda rutubetin poisson oranı (u_{TR}) değerine	

etkisinin varyans analizi.....	95
Çizelge 4.41. Kızılçam odununun poisson oranları değerlerine ilişkin bulgular ve DUNCAN grupları	96
Çizelge 4.42. Kızılçam odununda rutubetin poisson oranı (U_{LR}) değerine etkisinin varyans analizi.....	97
Çizelge 4.43. Kızılçam odununda rutubetin poisson oranı (U_{LT}) değerine etkisinin varyans analizi.....	98
Çizelge 4.44. Kızılçam odununda rutubetin poisson oranı (U_{RL}) değerine etkisinin varyans analizi.....	98
Çizelge 4.45. Kızılçam odununda rutubetin poisson oranı (U_{RT}) değerine etkisinin varyans analizi.....	98
Çizelge 4.46. Kızılçam odununda rutubetin poisson oranı (U_{TL}) değerine etkisinin varyans analizi.....	99
Çizelge 4.47. Kızılçam odununda rutubetin poisson oranı (U_{TR}) değerine etkisinin varyans analizi.....	99
Çizelge 4.48. Meşe odununun poisson oranları değerlerine ilişkin bulgular ve DUNCAN grupları.....	100
Çizelge 4.49. Meşe odununda rutubetin poisson oranı (U_{LR}) değerine etkisinin varyans analizi.....	101
Çizelge 4.50. Meşe odununda rutubetin poisson oranı (U_{LT}) değerine etkisinin varyans analizi.....	101
Çizelge 4.51. Meşe odununda rutubetin poisson oranı (U_{RL}) değerine etkisinin varyans analizi.....	102
Çizelge 4.52. Meşe odununda rutubetin poisson oranı (U_{RT}) değerine etkisinin varyans analizi.....	102
Çizelge 4.53. Meşe odununda rutubetin poisson oranı (U_{TL}) değerine etkisinin varyans analizi.....	102
Çizelge 4.54. Meşe odununda rutubetin poisson oranı (U_{TR}) değerine etkisinin varyans analizi.....	103
Çizelge 4.55. Kayın odununun poisson oranları değerlerine ilişkin bulgular ve DUNCAN grupları.....	104
Çizelge 4.56. Kayın odununda rutubetin poisson oranı (U_{LR}) değerine etkisinin varyans analizi.....	105
Çizelge 4.57. Kayın odununda rutubetin poisson oranı (U_{LT}) değerine etkisinin varyans analizi.....	105
Çizelge 4.58. Kayın odununda rutubetin poisson oranı (U_{RL}) değerine etkisinin varyans analizi.....	106
Çizelge 4.59. Kayın odununda rutubetin poisson oranı (U_{RT}) değerine etkisinin varyans analizi.....	106
Çizelge 4.60. Kayın odununda rutubetin poisson oranı (U_{TL}) değerine etkisinin varyans analizi.....	106
Çizelge 4.61. Kayın odununda rutubetin poisson oranı (U_{TR}) değerine etkisinin varyans analizi.....	107
Çizelge 4.62. Sedir odununun eğilme direnci değerlerine ilişkin bulgular	109
Çizelge 4.63. Sedir odununda sıcaklık ve sürenin eğilme direncine etkisinin varyans analizi.....	110
Çizelge 4.64. Sedir odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin eğilme direnci Duncan testi.....	110
Çizelge 4.65. Kızılçam odununun eğilme direnci değerlerine ilişkin	

bulgular	112
Çizelge 4.66. Kızılçam odununda sıcaklık ve sürenin eğilme direncine etkisinin varyans analizi.....	112
Çizelge 4.67. Kızılçam odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin eğilme direnci Duncan testi.....	113
Çizelge 4.68. Meşe odununun eğilme direnci değerlerine ilişkin bulgular	114
Çizelge 4.69. Meşe odununda sıcaklık ve sürenin eğilme direncine etkisinin varyans analizi.....	115
Çizelge 4.70. Meşe odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin eğilme direnci Duncan testi.....	115
Çizelge 4.71. Kayın odununun eğilme direnci değerlerine ilişkin bulgular	117
Çizelge 4.72. Kayın odununda sıcaklık ve sürenin eğilme direncine etkisinin varyans analizi.....	118
Çizelge 4.73. Kayın odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin eğilme direnci Duncan testi.....	118
Çizelge 4.74. Sedir odununun eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ilişkin bulgular.....	120
Çizelge 4.75. Sedir odununda sıcaklık ve sürenin eğilmede elastikiyet modülü etkisinin varyans analizi	121
Çizelge 4.76. Sedir odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin eğilmede elastikiyet modülü Duncan testi	121
Çizelge 4.77. Kızılçam odununun eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ilişkin bulgular.....	123
Çizelge 4.78. Kızılçam odununda sıcaklık ve sürenin eğilmede elastikiyet modülü etkisinin varyans analizi	124
Çizelge 4.79. Kızılçam odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin eğilmede elastikiyet modülü Duncan testi.....	124
Çizelge 4.80. Meşe odununun eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ilişkin bulgular.....	126
Çizelge 4.81. Meşe odununda sıcaklık ve sürenin eğilmede elastikiyet modülü etkisinin varyans analizi	127
Çizelge 4.82. Meşe odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin eğilmede elastikiyet modülü Duncan testi	127
Çizelge 4.83. Kayın odununun eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ilişkin bulgular.....	129
Çizelge 4.84. Kayın odununda sıcaklık ve sürenin eğilmede elastikiyet modülü etkisinin varyans analizi	130
Çizelge 4.85. Kayın odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin eğilmede elastikiyet modülü Duncan testi	130
Çizelge 4.86. Sedir odununun lif yönündeki basma direnci değerlerine ilişkin bulgular.....	132
Çizelge 4.87. Sedir odununda sıcaklık ve sürenin lif yönündeki basma direncine etkisinin varyans analizi.....	133
Çizelge 4.88. Sedir odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin lif yönündeki basma direnci Duncan testi	133
Çizelge 4.89. Sedir odununun radyal yöndeki basma direnci değerlerine ilişkin bulgular.....	135
Çizelge 4.90. Sedir odununda sıcaklık ve sürenin radyal yöndeki basma direncine etkisinin varyans analizi.....	135

Çizelge 4.91. Sedir odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin radyal yöndeki basma direnci Duncan testi.....	136
Çizelge 4.92. Sedir odununun teğet yöndeki basma direnci değerlerine ilişkin bulgular.....	137
Çizelge 4.93. Sedir odununda sıcaklık ve sürenin teğet yöndeki basma direncine etkisinin varyans analizi.....	138
Çizelge 4.94. Sedir odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin teğet yöndeki basma direnci Duncan testi	138
Çizelge 4.95. Kızılçam odununun lif yönündeki basma direnci değerlerine ilişkin bulgular.....	140
Çizelge 4.96. Kızılçam odununda sıcaklık ve sürenin lif yönündeki basma direncine etkisinin varyans analizi.....	141
Çizelge 4.97. Kızılçam odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin lif yönündeki basma direnci Duncan testi	141
Çizelge 4.98. Kızılçam odununun radyal yöndeki basma direnci değerlerine ilişkin bulgular	143
Çizelge 4.99. Kızılçam odununda sıcaklık ve sürenin radyal yöndeki basma direncine etkisinin varyans analizi.....	143
Çizelge 4.100. Kızılçam odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin radyal yöndeki basma direnci Duncan testi.....	144
Çizelge 4.101. Kızılçam odununun teğet yöndeki basma direnci değerlerine ilişkin bulgular.....	145
Çizelge 4.102. Kızılçam odununda sıcaklık ve sürenin teğet yöndeki basma direncine etkisinin varyans analizi.....	146
Çizelge 4.103. Kızılçam odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin teğet yöndeki basma direnci Duncan testi.....	146
Çizelge 4.104. Meşe odununun lif yönündeki basma direnci değerlerine ilişkin bulgular.....	148
Çizelge 4.105. Meşe odununda sıcaklık ve sürenin lif yönündeki basma direncine etkisinin varyans analizi.....	149
Çizelge 4.106. Meşe odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin lif yönündeki basma direnci Duncan testi	149
Çizelge 4.107. Meşe odununun radyal yöndeki basma direnci değerlerine ilişkin bulgular.....	151
Çizelge 4.108. Meşe odununda sıcaklık ve sürenin radyal yöndeki basma direncine etkisinin varyans analizi.....	152
Çizelge 4.109. Meşe odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin radyal yöndeki basma direnci Duncan testi.....	152
Çizelge 4.110. Meşe odununun teğet yöndeki basma direnci değerlerine ilişkin bulgular.....	154
Çizelge 4.111. Meşe odununda sıcaklık ve sürenin teğet yöndeki basma direncine etkisinin varyans analizi.....	154
Çizelge 4.112. Meşe odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin teğet yöndeki basma direnci Duncan testi	155
Çizelge 4.113. Kayın odununun lif yönündeki basma direnci değerlerine ilişkin bulgular.....	157
Çizelge 4.114. Kayın odununda sıcaklık ve sürenin lif yönündeki basma direncine etkisinin varyans analizi.....	157
Çizelge 4.115. Kayın odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin	

lif yönündeki basma direnci Duncan testi	158
Çizelge 4.116. Kayın odununun radyal yöndeki basma direnci değerlerine ilişkin bulgular	159
Çizelge 4.117. Kayın odununda sıcaklık ve sürenin radyal yöndeki basma direncine etkisinin varyans analizi.....	160
Çizelge 4.118. Kayın odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin radyal yöndeki basma direnci Duncan testi.....	160
Çizelge 4.119. Kayın odununun teğet yöndeki basma direnci değerlerine ilişkin bulgular	162
Çizelge 4.120. Kayın odununda sıcaklık ve sürenin teğet yöndeki basma direncine etkisinin varyans analizi.....	162
Çizelge 4.121. Kayın odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin teğet yöndeki basma direnci Duncan testi	163
Çizelge 4.122. Sedir odununun lif yönündeki Young modülü değerlerine ilişkin bulgular	165
Çizelge 4.123. Sedir odununda sıcaklık ve sürenin lif yönündeki Young modülü değerine etkisinin varyans analizi	165
Çizelge 4.124. Sedir odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin lif yönündeki Young modülü Duncan testi	166
Çizelge 4.125. Sedir odununun radyal yöndeki Young modülü değerlerine ilişkin bulgular	167
Çizelge 4.126. Sedir odununda sıcaklık ve sürenin radyal yöndeki Young modülü değerine etkisinin varyans analizi	168
Çizelge 4.127. Sedir odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin radyal yöndeki Young modülü Duncan testi.....	168
Çizelge 4.128. Sedir odununun teğet yöndeki Young modülü değerlerine ilişkin bulgular	170
Çizelge 4.129. Sedir odununda sıcaklık ve sürenin teğet yöndeki Young modülü değerine etkisinin varyans analizi	171
Çizelge 4.130. Sedir odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin teğet yöndeki Young modülü Duncan testi	171
Çizelge 4.131. Kızılçam odununun lif yönündeki Young modülü değerlerine ilişkin bulgular	173
Çizelge 4.132. Kızılçam odununda sıcaklık ve sürenin lif yönündeki Young modülü değerine etkisinin varyans analizi	174
Çizelge 4.133. Kızılçam odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin lif yönündeki Young modülü Duncan testi.....	174
Çizelge 4.134. Kızılçam odununun radyal yöndeki Young modülü değerlerine ilişkin bulgular	176
Çizelge 4.135. Kızılçam odununda sıcaklık ve sürenin radyal yöndeki Young modülü değerine etkisinin varyans analizi	177
Çizelge 4.136. Kızılçam odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin radyal yöndeki Young modülü Duncan testi.....	177
Çizelge 4.137. Kızılçam odununun teğet yöndeki Young modülü değerlerine ilişkin bulgular	179
Çizelge 4.138. Kızılçam odununda sıcaklık ve sürenin teğet yöndeki Young modülü değerine etkisinin varyans analizi	180
Çizelge 4.139. Kızılçam odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin teğet yöndeki Young modülü Duncan testi.....	180

Çizelge 4.140. Meşe odununun lif yönündeki Young modülü değerlerine ilişkin bulgular.....	182
Çizelge 4.141. Meşe odununda sıcaklık ve sürenin lif yönündeki Young modülü değerine etkisinin varyans analizi	183
Çizelge 4.142. Meşe odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin lif yönündeki Young modülü Duncan testi	183
Çizelge 4.143. Meşe odununun radyal yöndeki Young modülü değerlerine ilişkin bulgular.....	185
Çizelge 4.144. Meşe odununda sıcaklık ve sürenin radyal yöndeki Young modülü değerine etkisinin varyans analizi	186
Çizelge 4.145. Meşe odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin radyal yöndeki Young modülü Duncan testi.....	186
Çizelge 4.146. Meşe odununun teğet yöndeki Young modülü değerlerine ilişkin bulgular.....	188
Çizelge 4.147. Meşe odununda sıcaklık ve sürenin teğet yöndeki Young modülü değerine etkisinin varyans analizi	189
Çizelge 4.148. Meşe odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin teğet yöndeki Young modülü Duncan testi	189
Çizelge 4.149. Kayın odununun lif yönündeki Young modülü değerlerine ilişkin bulgular.....	191
Çizelge 4.150. Kayın odununda sıcaklık ve sürenin lif yönündeki Young modülü değerine etkisinin varyans analizi	192
Çizelge 4.151. Kayın odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin lif yönündeki Young modülü Duncan testi	192
Çizelge 4.152. Kayın odununun radyal yöndeki Young modülü değerlerine ilişkin bulgular.....	194
Çizelge 4.153. Kayın odununda sıcaklık ve sürenin radyal yöndeki Young modülü değerine etkisinin varyans analizi	195
Çizelge 4.154. Kayın odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin radyal yöndeki Young modülü Duncan testi.....	195
Çizelge 4.155. Kayın odununun teğet yöndeki Young modülü değerlerine ilişkin bulgular.....	197
Çizelge 4.156. Kayın odununda sıcaklık ve sürenin teğet yöndeki Young modülü değerine etkisinin varyans analizi	198
Çizelge 4.157. Kayın odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin teğet yöndeki Young modülü Duncan testi	198
Çizelge 4.158. Sedir odununun poisson oranı değerlerine ilişkin bulgular.....	199
Çizelge 4.159. Sedir odununda sıcaklık ve sürenin ν_{LR} değerine etkisinin varyans analizi.....	201
Çizelge 4.160. Sedir odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin ν_{LR} poisson oranı Duncan testi	201
Çizelge 4.161. Sedir odununda sıcaklık ve sürenin ν_{LT} değerine etkisinin varyans analizi.....	203
Çizelge 4.162. Sedir odununda sıcaklık ve sürenin ν_{RL} değerine etkisinin varyans analizi.....	204
Çizelge 4.163. Sedir odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin ν_{RL} poisson oranı Duncan testi	205
Çizelge 4.164. Sedir odununda sıcaklık ve sürenin ν_{RT} değerine etkisinin varyans analizi.....	206

Çizelge 4.165. Sedir odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin ν_{RT} poisson oranı Duncan testi.....	206
Çizelge 4.166. Sedir odununda sıcaklık ve sürenin ν_{TL} değerine etkisinin varyans analizi.....	208
Çizelge 4.167. Sedir odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin ν_{TL} poisson oranı Duncan testi.....	208
Çizelge 4.168. Sedir odununda sıcaklık ve sürenin ν_{TR} değerine etkisinin varyans analizi.....	210
Çizelge 4.169. Kızılçam odununun poisson oranı değerlerine ilişkin bulgular.....	211
Çizelge 4.170. Kızılçam odununda sıcaklık ve sürenin ν_{LR} değerine etkisinin varyans analizi.....	213
Çizelge 4.171. Kızılçam odununda sıcaklık ve sürenin ν_{LT} değerine etkisinin varyans analizi.....	214
Çizelge 4.172. Kızılçam odununda sıcaklık ve sürenin ν_{RL} değerine etkisinin varyans analizi.....	216
Çizelge 4.173. Kızılçam odununda sıcaklık ve sürenin ν_{RT} değerine etkisinin varyans analizi.....	217
Çizelge 4.174. Kızılçam odununda sıcaklık ve sürenin ν_{TL} değerine etkisinin varyans analizi.....	219
Çizelge 4.175. Kızılçam odununda sıcaklık ve sürenin ν_{TR} değerine etkisinin varyans analizi.....	220
Çizelge 4.176. Meşe odununun poisson oranı değerlerine ilişkin bulgular.....	221
Çizelge 4.177. Meşe odununda sıcaklık ve sürenin ν_{LR} değerine etkisinin varyans analizi.....	223
Çizelge 4.178. Meşe odununda sıcaklık ve sürenin ν_{LT} değerine etkisinin varyans analizi.....	224
Çizelge 4.179. Meşe odununda sıcaklık ve sürenin ν_{RL} değerine etkisinin varyans analizi.....	226
Çizelge 4.180. Meşe odununda sıcaklık ve sürenin ν_{RT} değerine etkisinin varyans analizi.....	227
Çizelge 4.181. Meşe odununda sıcaklık ve sürenin ν_{TL} değerine etkisinin varyans analizi.....	229
Çizelge 4.182. Meşe odununda sıcaklık ve sürenin ν_{TR} değerine etkisinin varyans analizi.....	230
Çizelge 4.183. Kayın odununun poisson oranı değerlerine ilişkin bulgular.....	231
Çizelge 4.184. Kayın odununda sıcaklık ve sürenin ν_{LR} değerine etkisinin varyans analizi.....	233
Çizelge 4.185. Kayın odununda sıcaklık ve sürenin ν_{LT} değerine etkisinin varyans analizi.....	234
Çizelge 4.186. Kayın odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin ν_{LT} poisson oranı Duncan testi.....	235
Çizelge 4.187. Kayın odununda sıcaklık ve sürenin ν_{RL} değerine etkisinin varyans analizi.....	236
Çizelge 4.188. Kayın odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin ν_{RL} poisson oranı Duncan testi.....	237
Çizelge 4.189. Kayın odununda sıcaklık ve sürenin ν_{RT} değerine etkisinin varyans analizi.....	238
Çizelge 4.190. Kayın odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin	

ν_{RT} poisson oranı Duncan testi.....	238
Çizelge 4.191. Kayın odununda sıcaklık ve sürenin ν_{TL} değerine etkisinin varyans analizi.....	240
Çizelge 4.192. Kayın odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin ν_{TL} Poisson oranı Duncan testi	240
Çizelge 4.193. Kayın odununda sıcaklık ve sürenin ν_{TR} değerine etkisinin varyans analizi.....	242
Çizelge 5. 1.Rutubete bağlı ortotropik mekanik özellikler	245
Çizelge 5. 2.Sedir odununda sıcaklığa bağlı ortotropik mekanik özellikler	252
Çizelge 5. 3.Kızılçam odununda sıcaklığa bağlı ortotropik mekanik özellikler	253
Çizelge 5. 4.Meşe odununda sıcaklığa bağlı ortotropik mekanik özellikler	254
Çizelge 5. 5.Kayın odununda sıcaklığa bağlı ortotropik mekanik özellikler	255



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

D.G.	DUNCAN grubu
DIC	Digital Image Corelation
D ₀	Tam kuru yoğunluk
D ₁₂	Hava kurusu yoğunluk
DRM	Denge Rutubet Miktarı
E	Young modülü
f _c	Basma gerilmesi
G	Kesme modülü
Ha	Hektar
L	Lif yönü
LDN	Lif doygunluğu noktası
MC	Moisture content (Rutubet miktarı)
R	Radyal yön
T	Teğet yön
MOE	Eğilmede elastikiyet modülü
MOR	Eğilme direnci
µm	Mikron
σ	Gerilme
V	Varyasyon katsayısı
ω	Rutubet miktarı
ε	Şekil değiştirme
ν	Poisson oranı
φ	Bağıl nem

1. GİRİŞ

Ahşap, günümüzde en yaygın kullanılan malzemelerden biridir. Yenilenebilir olması, işlenmesinin kolay olması, çevre dostu olması, hafif olmasına rağmen mekanik özelliklerinin yeterli olması, işlenmesinde daha az enerji gerektirmesi, estetik olması gibi sebepler diğer yapı malzemelerine olan avantajları olarak gösterilebilir.

Homojen olarak üretilen endüstriyel malzemelere karşı olarak ahşap, farklı türler arasında mekanik özellikleri değişiklik gösterir. Ayrıca, aynı zaman içinde büyüme şartlarına bağlı olarak bir tür için de özellikleri değişebilir. Ahşabın mekanik davranışları yıllar boyunca araştırma konusu olmuştur. Ahşap malzeme mekaniğinde, birçok ağaç türünde genel olarak bilinen mekanik özellikler araştırılmıştır, fakat ahşabın mekanik davranışının çeşitli yönleri araştırılmadan kalmıştır. Liflere dik yönde (radyal ve teğet yönde) mekanik davranışlarda elastik özellikler üzerine yapılan çalışmalar çok azdır. Ayrıca bu özelliklere rutubet ve sıcaklığın etkisi çok fazla araştırılmamıştır.

Ahşap malzemeler içinde iğne yapraklılardan kızılçam ve sedir, geniş yapraklılardan kayın ve meşenin yeri önemlidir. Ticari olarak kızılçam daha çok ahşap yapı endüstrisinde kullanılırken sedir, meşe, kayın daha çok mobilya endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu türler diğer türlere göre mekanik özellikleri yüksek türlerdir. Kayın ve meşe odununun ahşap yapılarda kullanımı çok nadir görülürken, çoğunluğu mobilya endüstrisinde yüksek mekanik performansının da göz önünde bulundurularak kullanımı yaygındır.

Gelecekte birçok türün yaygın kullanılması için, ahşabın sürdürülebilir ve rasyonel kullanımı hedeflemek gerekmektedir. Bu hedefe ulaşmak için bu türlerin mekanik özellikleri detaylı olarak incelenmelidir. Çalışmada kullanılan kızılçam, sedir, kayın ve meşe türlerinde mekanik davranışlar genel ve yüzeysel şekilde incelenmiş, daha çok lif yönünde (L) direnç değerleri eğilmede elastikiyet modülü üzerine çalışmalar yapılırken liflere dik yönlerdeki (R, T)

elastik ve direnç özellikleri üzerinde çalışmalar yok denecek kadar azdır. Gelişmiş sayısal modelleme yöntemlerinin kullanılabilmesi için ahşapta üç yöndeki (L, R, T) mekanik özellikler hakkında bilgi sahibi olunması gerekmektedir. Ahşabın higroskopik ve viskoelastik karakteri göz önüne alındığında, rutubet miktarı, sıcaklık gibi etkenlerin mekanik özellikler üzerindeki etkisinin de bilinmesi gerekmektedir. Çalışmada kullanılan türler için günümüzde rutubet ve sıcaklığa bağlı mekanik davranışlar üzerine çalışmalar göz ardı edilmiştir. Bu eksiklik göz önünde bulundurulduğunda kızılçam, sedir, kayın, meşe türlerinin mekanik özelliklerinin sistematik ve kapsamlı bir şekilde araştırılması gerekmektedir. Ortaya konulan bu çalışmanın literatürdeki bu eksikliklerin giderilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Türkiye'deki ağaç türlerinde mekanik özellikler genellikle %12 rutubet miktarında incelenmiştir. Rutubet miktarındaki değişimlere bağlı mekanik davranışların modellenebilmesi için üç yönde veriye ihtiyaç olmasına rağmen bu amaçla kullanılacak bilgi yoktur. Bu çalışmada kızılçam, sedir, meşe, kayın odunlarında rutubetin ve sıcaklığın bazı ortotropik mekanik özelliklere etkisi araştırılmıştır. Böylelikle bu türlerin rutubete ve sıcaklığa bağlı ortotropik mekanik davranışlarının hesaplanmasıyla simülasyon ve modelleme programları için uygulanacak parametrik değerler ortaya konulmuş olunacaktır. Bu parametreler basma testleriyle elde edilmiştir. Dört farklı ağaç türünde dört farklı rutubet grubuna (%50, 65, 85, 95 bağıl nem) göre üç yöndeki (L, R, T) basma direnci, Young modülü, altı farklı Poisson oranı değerleri belirlenmiştir. Sıcaklığa bağlı mekanik parametreler dört farklı sıcaklık (120-150-180-210°C) ve üç farklı sürede (2-5-8 saat) eğilme ve basma testleriyle elde edilmiştir.

Bu çalışmanın amacı daha ileri modelleme amacıyla kullanılacak, sedir, kızılçam, meşe ve kayın odunlarının mekanik parametrelerinin, rutubete ve sıcaklığa bağlı elastik ve direnç özelliklerinin daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunmaktır. Rutubete ve sıcaklığa bağlı elastik ve direnç gerilmelerinin kapsamlı karakterizasyonu hala yetersizdir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Ahşap malzemenin yapı malzemesi olarak kullanılabilmesi için, yapısının, mekanik özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu bölümde ahşap malzemenin yapısı, direnç ve elastik parametreler, mekanik davranışı etkileyen faktörlerle ilgili genel bilgiler verilmiş olup rutubetin ve sıcaklığın mekanik özelliklere etkisi ile ilgili çalışmalar özetlenmiştir.

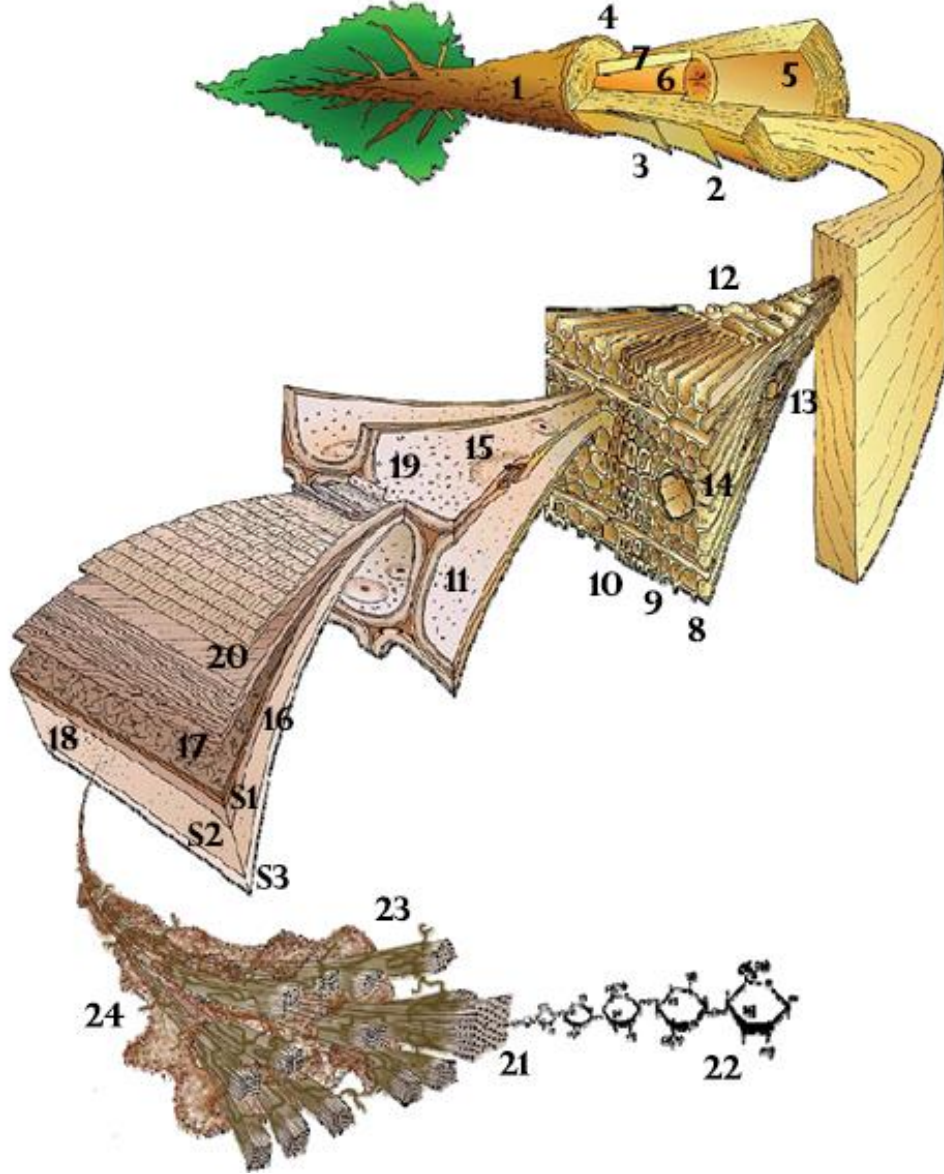
2.1 Ahşap Malzemenin Yapısı

Ahşap malzemenin mekanik özellikleri ve davranışı ahşabın yapısına bağlıdır. Özellikle ahşabın anatomik yapısı ve ortotropik yapısının bilinmesi gerekmektedir.

2.1.1 Anatomik yapı

Ahşap hiyerarşik bir malzemedir ve bu hiyerarşi Şekil 2.1'de (Harrington, 2002) gösterilmiştir. Ahşap malzemenin bu karmaşık hiyerarşisinin mekanik özellikler üzerinde etkisi vardır. Ağaç malzeme birçok hiyerarşik düzeyde karakterize edilebilir. Kabuk ile başlayıp öz odun ve diri odun ile devam eden, içe doğru yıllık halkalar ve son olarak tek tek hücre duvar katmanları ve onların bileşenleri (selüloz, hemiselüloz, lignin) şeklinde bir hiyerarşiye sahiptir. Buna göre, ahşap yapısı, makro (0.1-1m), mezo (büyüme halka seviyesi) (1m üzerinde boyutlara sahip yapısal ahşap), mikro (hücre düzeyinde) ve nano-ölçeklidir (hücre duvarı seviyesi, moleküler yapı) (Harrington, 2002).

Smith vd. (2003)'ne göre odunun özellikleri masif, makro, meso ve mikro ölçekte incelenebilir. Odundan elde edilen kusursuz örnekler makro ölçekte yer alsa da farklı anatomik ölçekler birbirlerine doğal olarak bağlıdır ve birbirlerini etkilerler (Dahl, 2009).

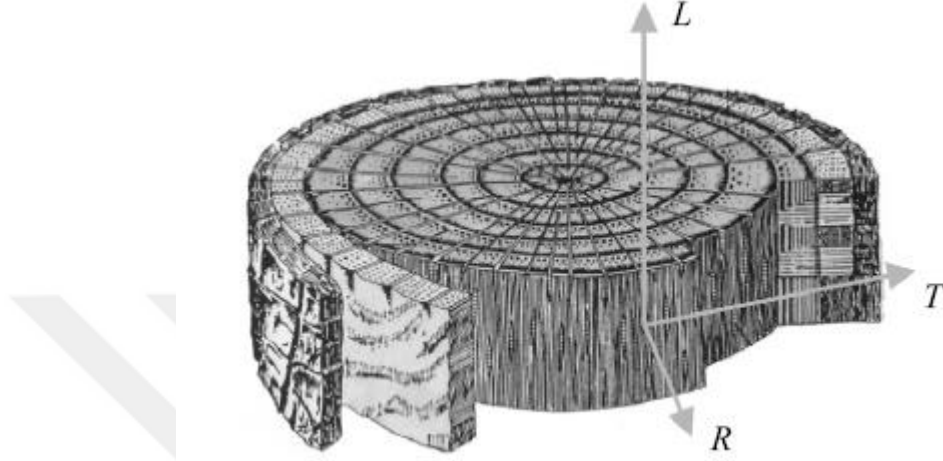


Şekil 2.1. Bir ağacın sistematik yapısı; 1.Kabuk 2. Kambiyum 3. İç kabuk 4. Dış kabuk 5. Diri odun 6. Öz odun 7. Genç odun 8.İlkbahar odunu 9. Geçiş odunu 10. Yaz odunu 11.Traheid 12. Öz ışını 13. Radyal reçine kanalları 14. Eksenel reçine kanalları 15. Kenarlı geçit. 16. Orta lamel 17.Primer çeper 18.Sekonder çeper 19. Siğilli tabaka 20. Hücre duvarı lameli 21. Mikrofibriller 22. Selüloz zinciri 23.Hemiselüloz tabakası 24. Amorf yapı

2.1.2 Ortotropik yapı

Ahşap malzeme anizotropik bir malzemedir ve kesiş yönlerine bağlı olarak fiziksel ve mekanik özellikleri değişir. Ağaç malzeme için kabul gören en yaygın

anizotropi derecesi, ortotropik malzeme simetrisidir (Bodig ve Jayne, 1993). Malzeme simetrisini tanımlayan ortogonal yönler şekil 2.2' de görüldüğü üzere L (Lif yönüne paralel), R (Radyal) ve T (Yıllık halkalara teğet) olmak üzere üç anatomik yönden oluşur (Thibaut vd., 2001).



Şekil 2.2. Ağaç malzemedeki anizotropinin temel yönleri

Ağaç malzemenin ortotropik karakteri ağaç malzemenin mekanik özellikleri dahil hemen hemen tüm özelliklerini etkiler. Bu yüzden ağaç malzemenin yönlere bağlı elastiklik ve direnç özellikleri ortotropik karakterden belirlenir. Dolayısıyla ağaç malzemenin mekanik davranışının karakterize edilebilmesi için tüm ortogonal yönlerdeki (L, R, T) özelliklerinin bilinmesi gerekir. Bu, pratik yaklaşımla, kayda değer bir deneysel uygulama gerektirir. Elastik ortotropi teorisi temelinde ağaç malzemenin elastik davranışı, on iki ya da dokuz bağımsız elastik sabit ile karakterize edilir. Benzer şekilde direnç davranışı da her üç ortotropik yöndeki direnç özellikleri ile karakterize edilir. Ayrıca temel eksenler arasındaki mekanik özellikler, üç boyutlu yaklaşıma göre ağaç malzemenin mekanik davranışını karakterize etmek için gereklidir (Bodig ve Jayne, 1993).

Ahşap malzemede direnç ve elastik özellikleri lif yönü, radyal ve teğet yönlerde farklıdır. Fakat radyal ve teğet yönlerdeki özellikler genellikle çok fazla farklılık göstermez. Radyal ve teğet yönlerdeki lif yönlerinin tahmin edilmesi çok

mümkün olmadığından mühendislik hesaplamalarında bu yönlerde genel bir direnç değeri kullanılır (Haygreen ve Bowyer, 1982).

2.2 Ahşap Malzemenin Mekanik Davranışı

Ağaç, karmaşık hiyerarşik yapıya sahip bir malzemedir. Yapısındaki bu karmaşıklık ağaç malzemenin mekanik davranışına da yansımaktadır (Ozyhar, 2013).

Bir malzemenin deformasyona gösterdiği direnç veya dayanım o malzemenin mekanik özelliğini yansıtır. Direnç malzemenin uygulanan yük ya da kuvveti taşıyabilme yetisidir. Yük uygulandığında meydana gelen deformasyon yük kaldırıldığında geri dönebiliyorsa buna elastik deformasyon denir. Deformasyon yük uygulandıktan sonra yavaş artıyorsa bu reolojik ya da zamana bağlı özellik olarak tanımlanmaktadır. Mekanik özellikler yapısal amaçlı kullanılacak ahşap malzemelerin genellikle en önemli özelliğidir. Çünkü mekanik özellikler herhangi bir yerdeki yapısal uygulamalarda malzeme seçiminin temel kriteridir (Haygreen ve Bowyer, 1982).

2.1.1 Lineer elastik davranış

Ağaç malzeme orta derece gerilme seviyelerine ve kısa süreli yüklemelere kadar genellikle lineer elastik malzeme olarak kabul edilir (Noack ve von Roth, 1976). Lineer elastik yapısal kuramı gerilme σ_{kl} ve şekil değiştirme ϵ_{mn} tensörleri arasındaki multilineer ilişki (Denklem 2.1) ile tanımlanır (Bodig ve Jayne, 1993).

$$\sigma_{kl} = C_{klmn} \cdot \epsilon_{mn} \quad (2.1)$$

Burada; C_{klmn} elemanları malzemenin elastik parametrelerinin olduğu katılık tensörüdür (Denklem 2.2). Katılık matrisi (C) ile uyum matrisi (S-1) arasındaki ilişki kullanılarak L, R ve T yönlerindeki elastik davranış on iki sabit ile tanımlanabilmektedir (Bodig ve Jayne, 1993).

$$\begin{pmatrix} \varepsilon_L \\ \varepsilon_R \\ \varepsilon_T \\ \nu_{LR} \\ \nu_{LT} \\ \nu_{RT} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} & 0 & 0 & 0 \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} & 0 & 0 & 0 \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & S_{44} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & S_{55} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & S_{66} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \sigma_L \\ \sigma_R \\ \sigma_T \\ \tau_{LR} \\ \tau_{LT} \\ \tau_{RT} \end{pmatrix} \quad (2.2)$$

Bu yüzden uyum matrisinin diyagonal elemanları Young modülü ve kesme modülünün tersidir ve denklem 2.3'deki gibi ifade edilebilir (Bodig ve Jayne, 1993);

$$S_{11} = E_L^{-1}, S_{22} = E_R^{-1}, S_{33} = E_T^{-1}$$

$$S_{44} = G_{LR}^{-1}, S_{55} = G_{LT}^{-1}, S_{66} = G_{RT}^{-1} \quad (2.3)$$

Diyagonal olmayan elemanlar S_{ij} ($i \neq j$) arasındaki ilişki ise denklem 2.4'deki gibi yazılabilir (Bodig ve Jayne, 1993);

$$S_{12} = -\nu_{LR} \cdot S_{22}, S_{13} = -\nu_{LT} \cdot S_{33}, S_{23} = -\nu_{RT} \cdot S_{33},$$

$$S_{21} = -\nu_{RL} \cdot S_{11}, S_{31} = -\nu_{TL} \cdot S_{11}, S_{32} = -\nu_{TR} \cdot S_{22} \quad (2.4)$$

Burada ν_{ij} poisson oranlarıdır ve pasif şekil değiştirmenin aktif şekil değiştirmeye oranı olarak tanımlanır ve denklem 2.5'deki gibi hesaplanır (Bodig ve Jayne, 1993):

$$\nu_{ij} = -\frac{\varepsilon_i}{\varepsilon_j} \quad (2.5)$$

Böylelikle ahşap malzemedeki ortotropik elastik davranışın tam olarak belirlenebilmesi için 9 tanesi bağımsız toplam 12 adet elastik sabite ($E_L, E_R, E_T, G_{LR}, G_{LT}, G_{RT}, \nu_{LR}, \nu_{RL}, \nu_{LT}, \nu_{TL}, \nu_{RT}, \nu_{TR}$) gereksinim duyulmaktadır (Bodig ve Jayne, 1993).

2.1.2 Mekanik anizotropi

Doğal bir malzeme olan ağaç malzeme anizotropik bir malzemedir. Makro ölçekteki ya da kusursuz odun örneği, kartezyen ya da silindirik malzeme aksı bakımından anizotropik olarak değerlendirilir (Dahl, 2009). Dolayısı ile mekanik özellikler L R ve T olmak üzere üç temel yöne bağlı olarak değişir. Bu

da birbirine dik yönlerin oluşturduğu malzeme simetirisinden dolayı ortotropik davranışı meydana getirir. Bu davranış sonucu ağaç malzemenin mekanik özellikleri dahil hemen hemen tüm özelliklerinde yönlere bağlı olarak farklılıklar görülür. Bodig ve Jayne (1993)'ye göre anizotropik yapı özellikle young modülü oranında belirgindir.

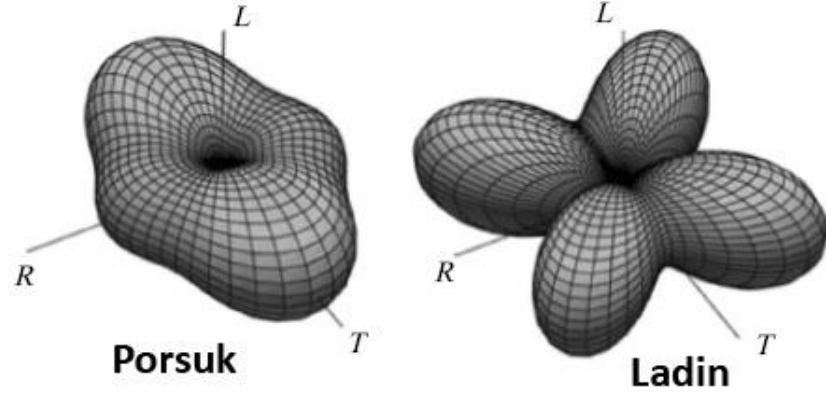
$$E_L : E_R : E_T \approx 20 : 16 : 1$$

Bu özellik, sert ağaç türleri için gösterildiği üzere kesme modülünde daha belirgindir (Bodig ve Jayne, 1993).

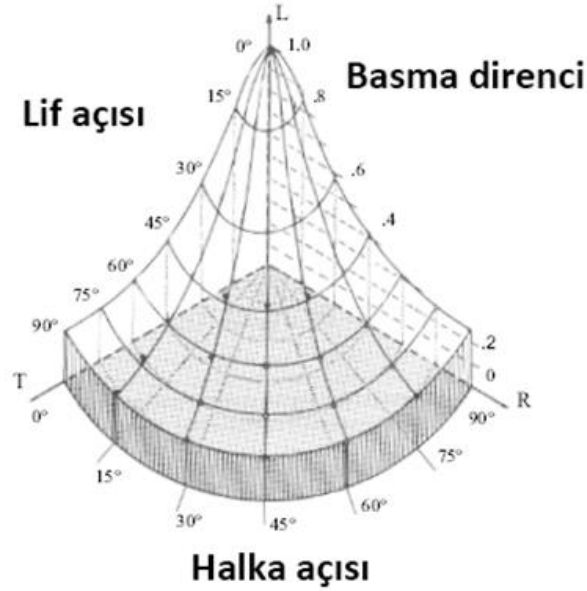
$$G_{LR} : G_{LT} : G_{RT} \approx 10 : 9.4 : 1$$

Ağaç malzemenin elastik anizotropisi şekil 2.3'deki gibi elastik uyumun üç boyutlu sunumu ile görselleştirildiği zaman daha da etkileyici olmuştur (Keunecke vd., 2008). Üç boyutlu koordinat sisteminde deformasyon (şekil değiştirme) derecesi ile görselleştirilen elastik özelliklerin anizotropisi bu sayede açık şekilde gösterilir.

Mekanik davranışın yönlere bağlılığı, direnç anizotropisinde daha detaylı şekilde ispatlanmıştır. Elastik özelliklerde olduğu gibi, ağaç malzeme en yüksek direnç değeri L yönünde en düşük direnç değerini ise T yönünde gösterir. Kusursuz bir ağacın genelleştirilmiş direnç anizotropisi, liflere paralel ve dik nihai gerilme oranları ile ifade edilir. Bu oranlar, çekme için 20:1 ve basma için 10:1 olarak belirtilmiştir (Bodig ve Jayne 1993). Ağaç malzemenin direnç anizotropisi, meşe ağacınının şekil 2.4.'deki örneğinde görüldüğü üzere üç boyutlu olarak görselleştirilmiştir (Bodig ve Jayne 1993).



Şekil 2.3. Porsuk ve ladin odunu için yönlere bağlı elastik uyum ile ispatlanmış elastik anizotropinin deformasyon cisimleri ile üç boyutlu olarak gösterimi



Şekil 2.4. Meşe odunu direnç anizotropisinin üç boyutlu gösterimi

2.3. Elastiklik Özellikleri

Ağaç malzemenin elastik davranışını belirlemek için dokuz bağımsız olmak üzere oniki sabitin bilinmesi gerekir. Bunlar; üç elastiklik modülü E , üç kesme modülü G ve altı Poisson oranı (ν) sabitleridir. Elastiklik modülü ve Poisson oranı arasındaki ilişki denklem 2.6 ile açıklanır (Kretschmann, 2010).

$$\frac{\nu_{ij}}{E_i} = \frac{\nu_{ji}}{E_j}, \quad i \neq j, \quad i, j = L, R, T \quad (2.6)$$

2.3.1. Elastikiyet modülü

Elastikiyet, düşük gerilmeler tarafından oluşturulan ve yükleme kaldırıldıktan sonra tamamıyla geri dönebilen deformasyonları ifade eder. Daha yüksek gerilme seviyelerinde yüklenme olduğu zaman plastik deformasyon ya da kırılma meydana gelir. E_L , E_R ve E_T ile gösterilen üç elastikiyet modülü, sırası ile ağaç malzemenin L, R ve T yönlerindeki elastikiyet modülleridir. Bu modüller, genellikle basma testi ile elde edilirler. Fakat E_R ve E_T için veriler literatürde sınırlıdır. Elastik oranlar ve sabitler türden türe, rutubet miktarına ve özgül ağırlığa göre değişmektedir (Kretschmann, 2010).

Bazı türlerde basma veya çekme testleri yerine eğilme testiyle belirlenen elastikiyet modülü (E_L), mevcut olabilir. Eğilme testlerinden elde edilen elastikiyet modülü (E_L) kesme deformasyonu içerir. Bu etkinin ortadan kaldırılması için eğilme testi ile elde edilen E_L değeri yaklaşık olarak %10 arttırılabilir. Bu düzeltilmiş E_L değerleri, E_R ve E_T değerlerinin belirlenmesinde kullanılabilir (Kretschmann, 2010).

Her üç yöndeki (L,R,T) elastikiyet modülleri ahşap yapıların tasarlanmasında önemlidir. Elastikiyet modülü olarak da bilinen young modülü elastik bir malzemenin katılığının bir ölçütü ve malzemeyi tanımlamada kullanılan bir niceliktir. Genel olarak young modülünü rutubet miktarı, özgül ağırlık, sıcaklık, sünme, budak, yıllık halka sıklığı ve açısı gibi birçok fiziksel parametreden etkilenir. Rutubetin young modülüne etkisi ters orantılıdır. L yönünde odunun mekanik davranışına rutubetin etkisi bilinirken (Gerhards, 1982) R ve T yönündeki davranışları hakkında bilgi sınırlıdır.

2.3.2. Poisson oranı

Elastik şekil değişimde bir cisim çekme kuvveti ile kuvvet yönünde uzarken diğer yönlerde daralır ya da basma kuvveti ile kuvvet yönünde kısalırken diğer yönlerde genişlemesi sonucu gözlemlenen etkiye Poisson oranı denir. Bu oran 1760 yılında Poisson tarafından bulunduğu için Poisson oranı olarak

adlandırılmıştır (Bodig ve Jayne, 1993).

Bir malzeme aksenal yüklendiğinde, yükleme yönüne dik deformasyon, yüklere paralel yükleme deformasyonuna orantılıdır. Aksenal şekil değiştirmenin enine oranı Poisson oranı olarak adlandırılmaktadır (Kretschmann, 2010).

Kuvvet yönünde meydana gelen deformasyon bazen aktif deformasyon olarak tanımlanırken diğer yöndeki deformasyonlarda pasif deformasyon denilmektedir (Jayne, 1972).

Poisson oranları ν_{LR} , ν_{RL} , ν_{LT} , ν_{TL} , ν_{RT} ve ν_{TR} ile ifade edilir. Altsimgedeki ilk harf uygulanan gerilmenin yönünü ikinci harf ise yanal deformasyonu ifade eder. Örnek olarak ν_{LR} L doğrultusu boyunca gerçekleştirilen yükleme sonucu meydana gelen gerilmenin radyal eksen boyunca meydana getirdiği deformasyonu tanımlar. Poisson oranı ile elastikiyet modülü arasındaki ideal ilişki her zaman yakınsak şekilde örtüşmez. ν_{RL} ve ν_{TL} değerleri çok küçüktür ve diğer poisson oranı değerlerine göre daha düşük doğruluktadır. Poisson oranı türe, rutubet miktarına ve özgül ağırlığa göre farklılık gösterir (Kretschmann, 2010).

Zink vd. (1997) lale ağacı odununun LT, LR, TR, RT düzlemlerindeki poisson oranlarının DIC (Digital Image Correlation) tekniği ile belirlemişlerdir. Bu ağaç türü için poisson oranının sabit olmadığı ve yükleme esnasında artan yük ile birlikte düştüğü gözlenmiştir.

Poisson oranları ile ilgili ülkemizde yetişen ağaç türleri ile ilgili veri bulunmamaktadır.

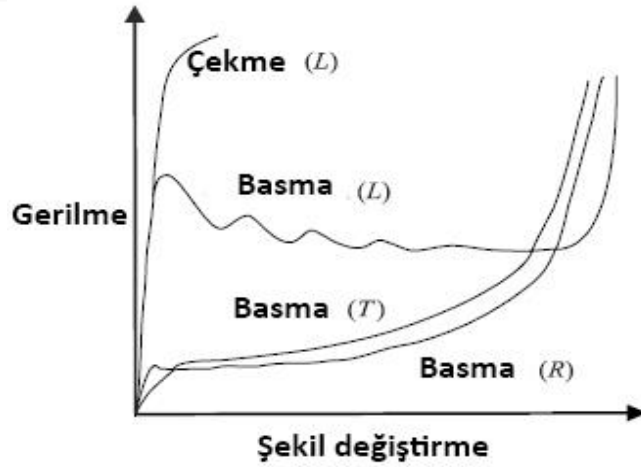
2.3.3. Rijitlik modülü

Kesme modülü de denilen Rijitlik modülü, bir elemanın kesme gerilmesinden kaynaklanan deformasyona karşı direncini gösterir. G_{LR} , G_{LT} ve G_{RT} ile ifade edilen üç kesme modülü, sırası ile LR, LT ve RT düzlemlerindeki elastik

sabitleridir. Örnek olarak G_{LR} , LR düzlemindeki kesme gerilmesi (shear strain) ve LT ve RT düzlemindeki kesme gerilmesine (shear stresses) dayalı rijitlik modülüdür. Elastikiyet modülünde olduğu gibi rijitlik modülü de türe, nem içeriğine ve özgül ağırlığa bağlı olarak değişiklik gösterir (Kretschmann, 2010).

2.4. Direnç Özellikleri

Elastik sınırların üzerindeki yüklemelerde ağaç malzeme doğrusal olmayan davranış gösterir. Elastik bölgenin üzerindeki yüklemelerde ağaç malzemede plastik deformasyonlar meydana gelir ve yükleme devam eder ise kırılma meydana gelir. Çekme gerilmeleri altında maksimum gerilme seviyelerinde kırılma oluşur ve çekme direnci olarak ifade edilir, basma gerilmeleri altında ise özellikle R ve T yönlerinde gözle görülebilir bir kırılma olmamaktadır (Bodig ve Jayne, 1993; Gibson, 2005). Farklı yükleme ve malzeme yönlerine bağlı olarak ağaç malzemenin tipik gerilme-şekil değiştirme ilişkisi Şekil 2.5' de gösterilmiştir (Ozyhar, 2013; Holmberg vd., 1999).



Şekil 2.5. Aşağıdaki L yönündeki çekme yüklemesi ve L, R, T yönlerindeki basma yüklemesi altında ağaç malzemenin tipik stress-strain ilişkisi

Ağaç malzemenin mekanik davranışının en önemli özelliklerinden birisi, çekme-basma direnç asimetrisidir. Buna göre ağaç malzemenin basmaya göre çekme direnci daha yüksektir. Ağaç malzemenin çekme direnci basma direncinden iki kat daha fazla kabul edilebilir (Kollmann ve Cote, 1984).

Ağaç malzeme direncinin tam olarak karakterize edilebilmesi için ağaç malzemenin ortotropik yönlerinde ölçülmüş direnç değerlerine ek olarak çekme ve basma direnci arasındaki değerler farkının bilinmesi gerekir (Ozyhar, 2013)

Eğilme direnci (Modulus of Rupture), liflere paralel basma, liflere dik basma ve liflere paralel kesme direnci en yaygın ölçülen ve ifade edilen mekanik özelliklerdir. Bunun haricinde eğilmede iş miktarı (gerilme-deformasyon grafiği altındaki alan), çarpma direnci, liflere dik çekme direnci ve sertlik sıkça gerçekleştirilen ölçümlerdendir (Kretschmann, 2010). Yaygın kullanılan direnç özelliklerinden aşağıda bahsedilmiştir.

Eğilme direnci; bir malzemenin eğilmede taşıyabileceği en fazla yükü ifade etmekte ve numunenin taşıyabileceği en yüksek momentle orantılıdır. Eğilme direnci kabul gören bir direnç ölçütü olmasına rağmen gerçek bir gerilme değildir çünkü hesaplandığı formül sadece elastik limitlerde geçerlidir (Kretschmann, 2010).

Eğilmede iş miktarı (gerilme-deformasyon grafiği altındaki alan); malzemenin, uygulanan kuvvet sonucu yapısında az ya da çok bazı kalıcı deformasyon oluşturacak şokları absorbe edebilme yetisidir. Ahşap malzemenin eğilme gerilmeleri altında direnç ve sertliğinin ölçüsüdür (Kretschmann, 2010).

Liflere paralel basma direnci; liflere paralel yönde basma gerilmelerine dayanımının ölçüsüdür (Kretschmann, 2010).

Liflere dik basma direnci; liflere dik yönde uygulanan gerilmelere dayanımının ölçüsüdür (Kretschmann, 2010).

Liflere paralel kesme direnci; malzemenin bir kısmının diğer kısmı üzerine lif doğrultusunda içten içe kaymaya gösterdiği direnç yetisidir (Kretschmann, 2010).

Çarpma direnci; belirli bir ağırlığın belirli bir yükseklikten malzeme üzerine

düşürülmesine malzemenin gösterdiği dirençtir (Kretschmann, 2010).

Liflere dik çekme direnci; ağaç malzemenin, liflerini birbirinden koparmaya çalışan güçlere karşı gösterdiği dirençtir (Kretschmann, 2010).

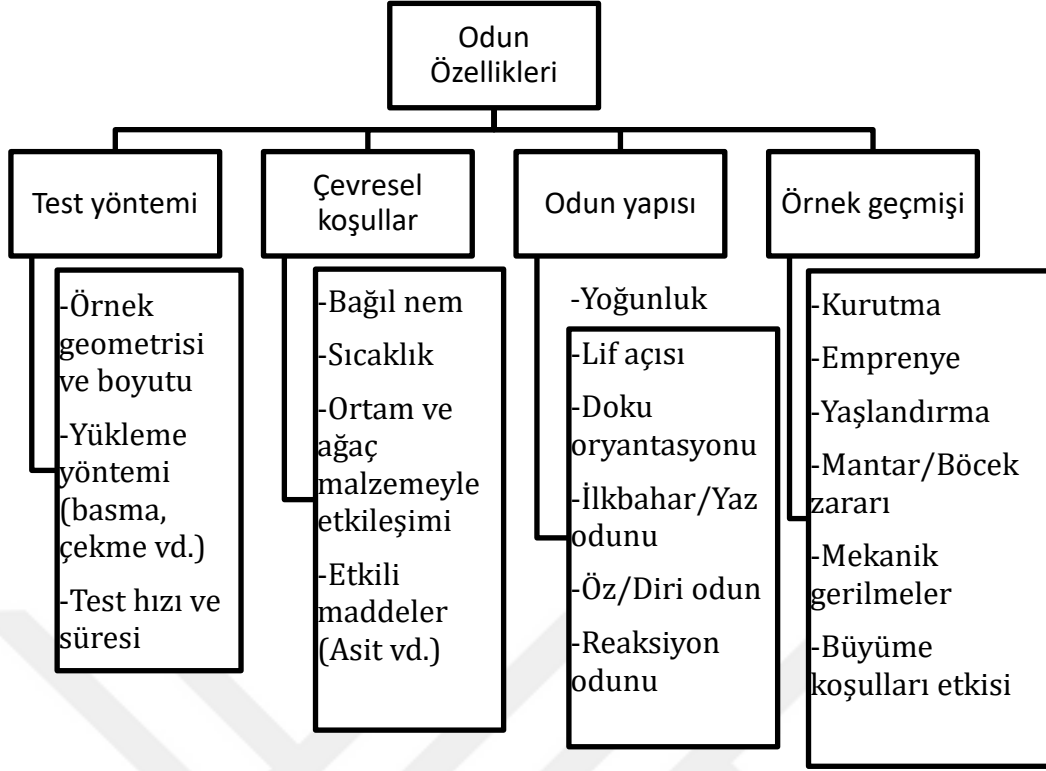
Sertlik (hardness); sertlik genel olarak çentik, çukur, iz gibi oluşumlara karşı direnç olarak tanımlanmaktadır. Modifiye edilmiş Janka sertlik testi ile gerçekleştirilen ölçümlerde uygulanan yük ile birlikte 11.28 mm çapındaki demir bilyenin yarıçapı kadar içeri gömülmesi için gerekli yük miktarıdır (Kretschmann, 2010).

Liflere paralel çekme direnci; ahşap malzemenin liflere paralel yönde uygulanan çekme kuvvetlerine gösterdiği dirençtir (Kretschmann, 2010).

Bu mekanik özelliklerin yanında küçük ve kusursuz örnekler üzerinde; burkulma, tokluk (toughness), rolling shear ve çatlak tokluğu (fracture toughness) gibi özelliklerde araştırılmaktadır. Ayrıca ahşabın zamana bağlı mekanik özellikleri de önemlidir. Bunlar; sünme, sünmede kırılma, yükleme süresi ve yorulmadır (Kretschmann, 2010).

2.5 Ağaç Malzemenin Mekanik Davranışını Etkileyen Faktörler

Ahşap malzemenin ölçülen özellikleri ahşabın yapısına, çevre şartlarına, örnek geçmişine ve test metoduna bağlıdır. Bu faktörler özellikle mekanik özellikler için geçerlidir. Birçok faktörün ağaç malzemenin mekanik özelliklerini etkilediği bilinmektedir. Ağaç malzemenin özelliklerini etkileyen faktörler arasında ahşabın yoğunluğunun mekanik özellikler üzerine etkisi büyüktür. Çevresel faktörlerden özellikle rutubet miktarı ve sıcaklık odunun özelliklerini etkileyen önemli faktörlerdir. Rutubet miktarı ve sıcaklık azaldığında mekanik özellikler genellikle artar (Gerhards, 1982). Ahşap malzemenin özelliklerini etkileyen faktörler Şekil 2.6' da gösterilmiştir (Niemz, 1993).



Şekil 2.6. Ahşap malzemenin özelliklerini etkileyen önemli faktörler

2.5.1 Doğal faktörler

Ağaç malzemenin mekanik özellikleri belirlenirken kusursuz, düzgün lifli ağaç malzemeler kullanılır. Fakat ağaçların doğal büyüme nitelikleri nedeni ile ağaç malzemelerin özgül ağırlıkları farklı olmakta, lif kıvrıklığı, budak ve lokal lif sapmaları-eğimleri içerebilmektedir. Biyolojik ya da iklimsel nedenlerle meydana gelebilen reçine kesesi gibi doğal kusurlar canlı ağacı etkilemektedir. Ağaç malzemenin bu gibi özellikleri ağaç malzemedan üretilen ürünlerin gerçek özellikleri değerlendirmede ya da gerçek performansını tahmin etmede göz önünde bulundurulmalıdır (Kretschmann, 2010).

2.5.1.1 Özgül ağırlık

Ağaç malzemeyi meydana getiren madde aslında sudan daha ağırdır. Buna rağmen birçok türün kuru odunu suda yüzer ve bu, ağaç malzeme hacminin bir bölümünün hücre boşlukları ve gözenekleri tarafından meydana geldiğinin kanıtıdır. Bu açıklıkların boyutsal farklılıkları ve hücre duvarlarının kalınlıkları

türlerin özgül ağırlıklarının değişmesine neden olur. Dolayısıyla özgül ağırlık, ağaç malzemedeki ihtivayı gösteren mükemmel bir göstergedir. Özgül ağırlık, ağaç malzeme temiz, düzgün lifli ve kusursuz olduğu sürece mekanik özelliklerin iyi bir göstergesidir. Fakat özgül ağırlık değerleri, aynı zamanda mekanik özelliklere küçük bir katkı yapan zambak, reçine ve ekstraktiflerin varlığını da yansıtır (Kretschmann, 2010).

2.5.1.2. Budaklar

Budaklar ahşabın direncini düşüren en yaygın kusurlardır. Budağın etkisi bir deliğe eş olarak düşünülebilir. Bazı durumlarda ise budak bir delikten daha fazla etkiye sahiptir çünkü liflerin sürekliliğinin kesilmesidir. Budağın meydana getirdiği direnç azalımı sadece boyutuna değil aynı zamanda parçadaki konumuna da bağlıdır. Budağın konumu eğilme gerilmesinde altta ise çekme gerilmesine, üstte ise basma gerilmesine maruz kalır. Bu yüzden budağın konumunun üstte olması, altta olmasına göre daha az tehlike arz eder (Haygreen ve Bowyer, 1982).

Budaklar ağaç malzemenin kalitesini ve kullanım olanaklarını sınırlayan önemli bir doğal büyüme kusurudur. Odunun kalite değeri budakların sayısının, büyüklüğünün artması ile azalır. Budaklar direnç ve bazı özellikleri olumsuz etkilediği için kullanım sırasında dikkate alınmalıdır. Çünkü budak içeren bir malzemenin direnç özellikleri ve yük taşıma kapasitesi önemli oranda azalma gösterebilmektedir. Budakların malzeme direncine etkisi; budakların büyüklüğü ve konumuna göre değişmektedir. Budaklar ağaç malzemenin yoğunluğunu, sertliğini ve makaslama direncini artırırken, çekme direnci, basınç direnci, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve dinamik eğilme direnci değerlerini azaltmaktadır (As vd., 2008).

2.5.1.3. Lif kıvrıklığı

Bazı ahşap ürün uygulamalarında önemli gerilmelerin yönleri ağaç malzemenin lif yönlerinin doğal eksenleri ile çakışmayabilir. Bu tasarımdan, kerestenin

biçilmesiyle ya da ağacın büyüme esnasında meydana gelen lif düzensizliğinden kaynaklanabilir (Kretschmann, 2010).

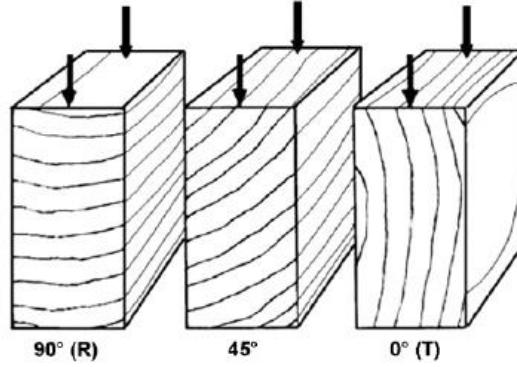
Doğal eksenler dışındaki yönlerde elastik özellikler, elastik teorisinden elde edilebilir. Liflere paralelden dik yönlerde direnç özellikleri Hankinson tipi formulasyon ile yaklaşık olarak değerlendirilebilir (Bodig ve Jayne 1993).

Biçilmiş ağaç ürünlerinde spiral liflilik sıradan gözle muayenede gözden kaçabilir. Bunun en iyi kontrolü bir numunenin radyal yönde ortadan bölerek kontrol etmektir. Spiral lifliliğin varlığını belirlemedeki görsel yöntem, teğet kesim malzeme yüzeyinde gözeneklerin, ışınların ve reçine kanallarının sıralanmasına dikkat etmektir. Teğet kesim malzeme yüzeyindeki kuruma çatlakları lifleri takip eder ve lif eğimini işaret eder. Elektriksel sığadaki görece değişiklik lif eğimini ölçmede etkili bir tekniktir. Sağ ve sol spiral liflerin birbirine dolanması sonucu interlok-sarmal lifler meydana gelir. Bu tip lif yapısı bazı sert ağaç türlerinde meydana gelir ve radyal düzlemde yarıma direncini artırır. Sarmal lifler ağaç malzemenin hem statik eğilme direncini hem de katılığını düşürür. Tropikal sert ağaçlardan kesilen kerestelerdeki sarmal liflerin varlığı eğilme direnci ile basma direnci arasındaki ilişkiyi değiştirir (Kretschmann, 2010).

2.5.1.4. Yıllık halka yönü

Lif yönüne dik gerilimler şekil 2.7 (Kretschmann, 2010)'de görüldüğü üzere 0° (T) ile 90° (R) arasındaki herhangi bir açıda olabilir . Liflere dik özellikler, gerilme yönünün yanı sıra kısmen yıllık halkaların yönelimine bağlıdır. Fakat bazı türlerde 0° ve 90° yönelimde herhangi bir fark yoktur. Diğer türler, 0° de 90° yönelime göre biraz daha yüksek liflere paralel kesme ve liflere dik çekme özellikleri gösterir. Ara yıllık halka yönelimlerinin etkileri sınırlı çalışılmıştır. Elastikeyet modülü, oransal kısıtta liflere dik basma direnci ve liflere dik çekme direnci 45° ve 0° de yaklaşık olarak aynı iken bazı türler için bu değerler 45° yönelimde %40 ile 60 daha düşüktür. Bu türlerin 0° ve 90° yönelimlerdeki özellikler ise aynı olma eğilimindedir. 0° ve 45° de yaklaşık eşit özellikler

sergileyen türlerin 90° deki özellikleri daha yüksek olma eğilimindedir (Kretschmann, 2010).



Şekil 2.7. Yıllık halka yönüne bağlı olarak yükleme yönleri

2.5.1.5. Reaksiyon odunu

Ağaç malzemenin dal ya da gövdesinin daha normal bir konuma gelmek için verdiği doğal tepki sonucu oluşan biçimlenmedir. Yumuşak ağaçlarda anormal dokuya basınç odunu denir. Sert ağaçlarda ise çekme odunu olarak bilinir. Reaksiyon odununun birçok anatomik, kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri belirgin bir şekilde normal odundan farklıdır. En çok bilineni yoğunluk artışıdır. Basınç odununun özgül ağırlığı normal odundan %30-40 daha yüksek iken çekme odununun özgül ağırlığı normal odundan genellikle %5 ila 10 arasında daha yüksektir fakat bu oran %30 a kadar çıkabilir. Basınç odunu normal odundan biraz daha koyudur çünkü yaz odunu iştiraki çok daha fazladır ve genellikle cansız bir görünüşe sahiptir. Bu durum özellikle ilkbahar odunu ile yaz odunu arasındaki geçişin ani olduğu odunlarda belirgindir. Çünkü basınç odunu normal odundan daha opaktır (Kretschmann, 2010).

Reaksiyon odunu, bilhassa da taze haldeki basınç odunu normal odundan daha dirençli olabilir. Fakat benzer özgül ağırlıktaki normal odun ile kıyaslandığında reaksiyon odunu kesinlikle zayıftır. Basınç ve çekme odunu lif doyumluğu noktası altındaki rutubet azalmalarında boyuna yönde büyük daralma gösterir. Basınç odununda bu daralma normal odundan 10 kat fazla olabilirken çekme odununda 5 kata kadar çıkabilmektedir (Kretschmann, 2010).

2.5.1.6. Genç odun

Genç odun ağacın özüne yakın yerde oluşan odundur. Yumuşak ağaçlarda türe bağlı olarak genellikle özün dışındaki 5-20 yıllık halkayı kapsayan odun olarak tanımlanmaktadır. Genç odun olgun odundan oldukça farklı fiziksel ve anatomik özelliklere sahiptir. Kusursuz örnekte mekanik özellikleri etkileyen unsurlar; fibril açısı, hücre uzunluğu, özgül ağırlık, yaz odunu iştirak oranı, hücre duvarı kalınlığı ve lümen çapıdır. Genç odun olgun oduna göre 10 kat daha fazla boyuna daralmaya neden olabilecek yüksek dereceli fibril açısına sahiptir. Yapısal ahşapta MOR oranı, maksimum çekme gerilmesi ve elastikiyet modülü genç odundan olgun oduna sırası ile 0,5-0,9, 0.5-0.95 ve 0.45-0.75 aralığındadır. Genç odun iştirakindeki artışın neden olduğu kesme direnci değişimi yıllık halka yönelimindeki yoğunluk farkının gözlemlenmesi ise kolaylıkla tahmin edilebilir. Liflere dik basma direncinde yükün teğet yönde uygulandığı zaman için de bu durum geçerlidir. Fakat radyal yönde yük uygulanan liflere dik basma direnci, genç odun iştirakindeki değişimlere daha hassastır ve sadece yoğunluk değişimleriyle önerilen değerlerden sekiz kat daha az olabilir (Kretschmann 2010).

2.5.1.7. Doğal basma yükleri

Dikili ağaçlarda rüzgâr ve kar aşırı bir eğilmeye neden olur. Zemindeki düzensizlikler, bakı, taşlık alanlar, eğim ve bakım faaliyetleri ağaçta bu tarz kusurlara neden olur. Basınç odunu ile basınç kusurları (doğal basma yükleri) birbirinden farklı şeylerdir. Basınç kusurları, hücrelerin buruşması ya da bükülmesi ile oluşan bölgeler şeklinde malzeme yüzeyinde genellikle beyaz çizgiler halinde görülebilirler. Bu nedenle basınç odunu ile karıştırılmaması gereklidir. Basınç kusurlarının varlığı enine kesitte lif kırıklığının bir göstergesi olabilir. Çünkü basınç kusurlarını genellikle çıplak gözle tespit etmek güçtür bunun için optimum ışıklandırmayı içeren özel gayretler hatta mikroskopik muayene de gerekebilir. Gözle görülür basınç kusurları içeren ürünler özellikle çekme direnci ve çarpma direnci olmak üzere düşük direnç özelliklerine sahiptir. Basınç kusurları olan ağaç malzemenin çekme direnci, basınç kusuru

olmayana göre üçte bir oranında daha az olabilmektedir. Mikroskopla görülebilen çok az basınç kusurları bile direnci ciddi oranda düşürebilir ve gevrek kırılmaya neden olabilir (Kretschmann, 2010).

2.5.1.8. Reçine keseleri

Reçine kanalları içerisinde reçine barındıran açıklıklardır ve yıllık halkalara paralel olarak genişlerler. Özde neredeyse düz iken kabuğa doğru kavisli bir hal alır. Reçine kanallarının direnç üzerine etkisi kanalların boyu, sayısı ve konumuna bağlıdır. Çok sayıda reçine kanallarının varlığı yıllık büyüme katmanları arasındaki bağ zayıflığının göstergesidir (Kretschmann, 2010).

2.5.1.9. Ekstraktifler

Birçok ağaç türü çıkarılabilen yabancı maddeler ya da ekstraktifler içerir. Bunlar ağaç malzemenin selüloz lignin yapısına zarar vermez. Melez, boylu mazi, beyaz çiçekli yalancı akasya gibi bazı türlerde çok miktarda ekstraktif vardır. Bazı türlerdeki ekstraktiflerin alınması MOR ve liflere paralel basma direncinde küçük bir azalmaya neden olmaktadır (Kretschmann, 2010).

2.5.2. Çevresel faktörler

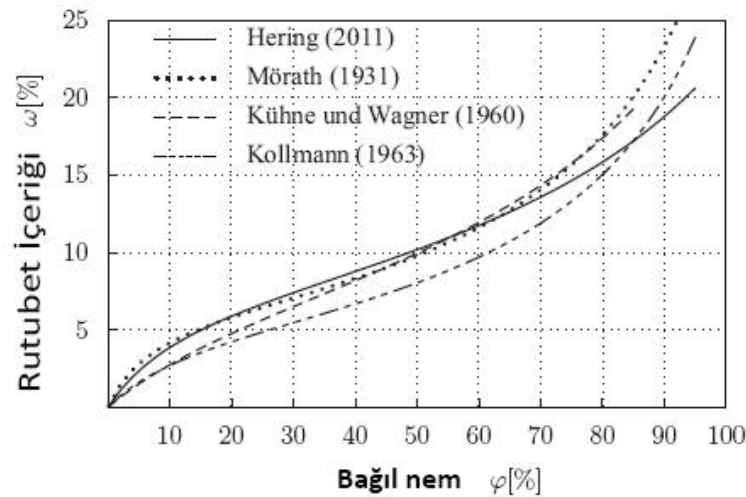
2.5.2.1. Rutubet

Ahşap higroskopik bir malzemedir ve sürekli olarak denge rutubet seviyesine ulaşmak için çevresi ile rutubet alışverişinde bulunur. Bu yüzden ahşabın rutubet miktarı her zaman ortamdaki havanın nem oranına bağlıdır. Ortam rutubeti ve ahşabın denge rutubet miktarı ilişkisi sorpsiyon izoterm eğrileri ile ifade edilir ve şekil 2.8'de Avrupa kayını için gösterilmiştir (Ozyhar, 2013). Avrupa kayını için üç farklı yönde (E_L , E_R , E_T) basmada young modülü değerleri çizelge 2.1 (Ozyhar, 2013)' de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Avrupa kayını için üç farklı yönde basmada young modülü değerleri

Referanslar	Young Modülü (MPa)			
	ω [%]	E_L	E_R	E_T
Hearmon ve Barkas (1941)	12	11900	1700	1030
Stamer and Sieglerschmidt (1933)	11	13700	2240	1140
Wommelsdorf (1966)	8	11099	2066	1072
Hering vd. (2012a)	13	13900	1900	606

Her ne kadar % 0 bağıl nem değeri ağaç malzemedeki en düşük nem içeriği olan % 0' a karşılık gelse de gerçekte hemen hemen hiç elde edilememiştir. Bağıl nemdeki artış su absorpsiyonu ile gerçekleşir ve ahşap malzemenin nem içeriği artar. Ahşap malzemenin nem alması ve su moleküllerini depolaması odunun hücrelerinin genişlemesine neden olur ve bu ağaç malzemenin şişmesi olarak adlandırılır. Ağaç malzemenin şişmesi lif doygunluğu noktasına kadar devam eder, bu nokta hücre duvarlarının doyduğu noktadır. Hücre boşluğundaki serbest suyun artması bu noktanın üzerinde ahşabın daha fazla nem almasına ve şişmesine neden olmaz (Winandy ve Rowell, 2005). Su moleküllerinin serbest kalması ahşabın daralması olarak bilinir.



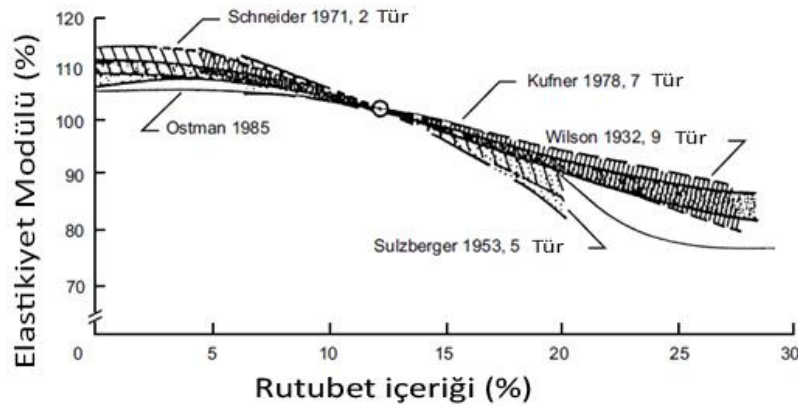
Şekil 2.8. Avrupa kayını için ortam rutubeti ve ahşabın denge rutubet miktarı ilişkisi sorpsiyon izoterm eğrileri

Odunun mekanik özellikleri rutubet miktarının (en fazla yaklaşık %5'e kadar) lif doygunluğu noktasının altına düşmesi ve sıcaklığın azalması ile artar. Rutubet miktarı (MC) ve sıcaklık odunun mekanik özelliklerine önemli etki eder. Bu etki

odunun yapısal olarak kullanılacağı yerlerde dikkate alınmalıdır. MC, sıcaklık ve zaman etkileşiminden kaynaklanan kalıcı etkiler çok önemli olsa da ani etkilerin incelenmesinden daha az ilgi görmüştür. Neredeyse tüm mekanik özellikler MC'nin LDN altına düşmesi ve sıcaklığın azalması ile artar. Bu ilişki genellikle doğrusaldır. MC ve sıcaklık odunun boyutsal kararlılığını da etkiler. Dolayısı ile özellikle MC'deki değişimlerin odunda mekanik ve boyutsal değişimlere neden olacağı bilinmelidir. Rutubet, MOE (E) ve atalet momenti (I) üzerinde ters etkiye sahiptir (Gerhards, 1982) .

LDN altında rutubet miktarının düşmesi durumunda özgül ağırlık artar. Bu kuruma esnasında ağırlık az değişirken hacmin düşmesi sonucu ortaya çıkar. Odunda ne kadar yüksek oranda hacimsel daralma olursa taze kesilmiş ve fırın kurusu özgül ağırlık arasındaki fark daha fazladır (Haygreen ve Bowyer, 1982).

Ahşabın higroskopik yapısı hemen hemen bütün mekanik özellikleri etkiler. Lif doygunluğu noktasının (LDN) altında rutubet miktarının artması mekanik özellikleri azaltırken LDN' nın üzerinde rutubet miktarının artması mekanik özellikleri anlamlı bir şekilde değiştirmez (Gerhards, 1982). Rutubet miktarının bazı ağaç türlerinde L yönündeki young modülü değerine etkisi şekil 2.10' da gösterilmiştir. Şekil 2.9' daki veriler Kufner (1978), Schneider (1971), Sulzberger (1953) ve Wilson (1932)'ın çalışma sonuçlarına göre oluşturulmuştur (Gerhards, 1982).



Şekil 2.9. Rutubet miktarının, bazı ağaç türlerinde L yönündeki elastikiyet modülü değerine etkisi

Rutubet miktarının azalması ile odundaki çoğu mekanik özellikler artarken, rutubetin artış miktarına etki derecesi aynı değildir. Bazı özellikler rutubet miktarından farklı seviyede etkilenir. Dahası, mekanik özellikler farklı anatomik yönlerde farklı ölçüde etkilenir ve çizelge 2.2' de gösterilmiştir (Gerhards, 1982). Genel olarak basma özellikleri ve liflere dik yöndeki özellikler, sırasıyla çekme ve lif yönündeki özelliklerden daha fazla etkilenir (Ozyhar, 2013).

Çizelge 2.2. 20°C sıcaklıkta odunun rutubet değerinin mekanik özelliklere etkisi

Özellikler	12% rutubetten sapma sonucu oransal değişimler	
	6% MC	20% MC
Elastik özellikler	[%]	[%]
Liflere paralel Young modülü	+9	-13
Liflere dik Young modülü	+20	-23
Kesme modülü	+20	-20
Direnç özellikleri		
Liflere paralel basma direnci	+35	-35
b) Liflere dik basma direnci	+30	-30
Liflere paralel çekme direnci	+8	-15
Liflere dik çekme direnci	+12	-20
Eğilme direnci	+30	-25
Liflere dik kesme direnci	+12	-20

Ahşap genellikle geniş rutubet seviyesi aralığında kullanılır ve çoğu özellikleri rutubet miktarından etkilenmektedir. Rutubet miktarının ahşabın mekanik özelliklerini etkileyen önemli bir faktör olduğu bilinmektedir (Ross, 2010). Lif doygunluğu noktası (LDN) altında ahşabın çoğu direnç ve elastik özellikleri rutubet miktarı ile ters orantılı olarak değişir (Panshin ve De Zeeuw,1980). Lif doygunluğu noktası üzerinde rutubet miktarındaki değişimler ile mekanik özellikler sabittir. Çok düşük rutubet seviyelerinde (%0-10) bazı direnç özellikleri maksimum değere ulaştıktan sonra tekrar azalabilir (Ross, 2010). Rutubet seviyesinin değişiminden bazı mekanik özellikleri daha kolay etkilenmektedir. Sertlik özellikleri direnç özelliklerinden, dinamik özellikleri de statik özelliklerden daha hassastır (Dinwoodie, 2000).

Ahşap LDN altında kurumaya başlarken birçok direnç ve elastik özellikler artar. Bu, suyun hücre duvarlarından atılması uzun zincir moleküllerinin birbirlerine

daha fazla yakınlaşmaları ve birbirlerine daha sıkı tutunmaları sonucu meydana geldiği düşünülmektedir. Dirençteki bu artış genellikle yaklaşık %25 rutubet miktarı değeri olan LDN altında başlar (Haygreen ve Bowyer, 1982).

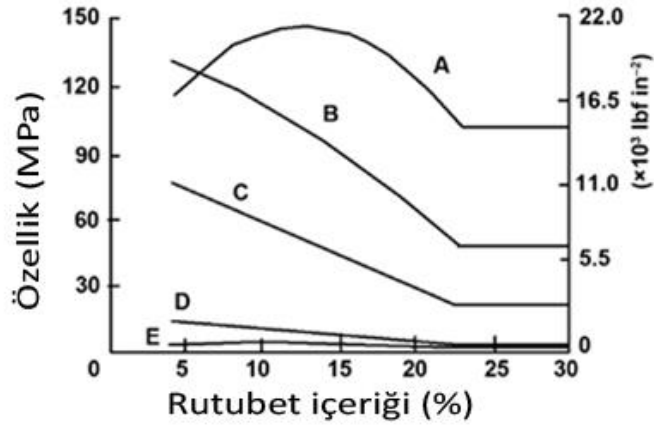
Son yıllarda rutubet miktarının odunun mekanik özellikler üzerine etkisi fazla araştırılan bir konu olmuştur. Gerhards (1982), Green ve Kretschmann (1994) ve Kretschmann ve Green (1996)' in yaptıkları çalışmalarda bu ayrıntılı bir şekilde gösterilmiştir. Genellikle lif doygunluğu noktasından %6 rutubet seviyesine kadar mekanik özelliklerde artış görülmektedir ve maksimuma %6 rutubet miktarında ulaşılır. Kurutma sırasında düşük rutubet seviyelerinde mekanik özelliklerdeki azalma, ahşabın yapısında meydana gelen bozulmalar sebebiyle olabilir.

Lif yönünde (L) rutubet seviyesinin ahşabın mekanik özellikler üzerine etkisi iyi bilinirken (Gerhards, 1982), dik yönlerde ki (Teğet ve Radyal) davranışlar üzerine araştırmalar oldukça sınırlıdır. Rutubete bağlı ortotropik davranışlar üzerine yapılan araştırmalar yeni değildir. Şimdiye kadar sadece birkaç çalışmada radyal (R) ve teğet (T) yönlerinde rutubete bağlı elastik özellikler incelenmiştir (McBurney ve Drow, 1962; Hering vd., 2012a; Hering vd., 2012b; Ozyhar vd., 2013a; Ozyhar vd., 2013b). Ayrıca birçok ağaç türü için radyal ve teğet yönlerinde odundaki rutubete bağlı direnç özellikleri araştırılmamıştır. Kullanılabilir veriler birkaç referansla sınırlıdır (Kretschmann ve Green, 1996; Ozyhar vd., 2013a; Ozyhar vd., 2013b). Bazı ağaç türleri için rutubete bağlı elastik özellikler bilinmektedir (Kretschmann ve Green, 1996; Ross, 2010). Genel olarak çoğu ağaç türü için rutubete bağlı ortotropik elastik ve direnç değerleri üzerine kapsamlı araştırmalar yetersizdir. Mühendislik analizlerinde kullanılan sonlu elemanlar modellemesi gibi gelişmiş programlar için üç yöndeki elastik ve direnç parametrelerinin bilinmesi gerekmektedir.

Birçok mekanik özellik, rutubet miktarının lif doygunluğu noktası altında değişmesi ile etkilenir. Rutubet miktarı düzeltilmesi için gerekli formulasyon maksimum yük, şok direnci ve liflere dik gerilme için tavsiye edilmez. Bu özelliklerin rutubet miktarı değişimine tepkilerinin kararsız-dengesiz olduğu

bilinir (Kretschmann, 2010).

Birçok özelliğin ağaç malzemenin çok düşük rutubet miktarına doğru kurutulması ile arttığı bilirse de birçok türün bazı özellikleri en yüksek değere ulaştıktan sonra kurutulmaya devam edilmesi sonrasında düşmeye başlar (Şekil 2.10) (Kretschmann ve Green, 1996).



Şekil 2.10. Rutubet miktarının ağaç malzemedeki mekanik özellikler üzerindeki etkisi
A;Liflere paralel çekme, B; eğilme, C; liflere paralel basma, D; liflere dik basma, E; liflere dik çekme.

Kurutma sonucu mekanik özelliklerdeki bu artış, küçük kusursuz örneklerde kurutulması esnasında herhangi bir bozulma olmadığı varsayıldığında geçerlidir. Örnek olarak budak içeren 51mm kalınlığındaki kerestede rutubet miktarının düşüşü ile özelliklerin artışı kereste kalitesine bağlıdır. Rutubet miktarının düşüşüyle birlikte kusursuz düzgün lifli kereste özelliklerindeki artış küçük kusursuz örneğe yakın değerlerde olabilir. Fakat budak boyutu ve sayısı arttıkça budakların neden olduğu direnç kaybı kerestenin kusursuz bölümündeki artışı olumsuz yönde etkilemeye başlar. Birçok budağı olan çok düşük kaliteli kereste rutubet miktarı değişimlerine duyarsızdır (Green vd., 1989).

Ahşap higroskopik bir malzemedir ve bu yüzden mekanik özellikleri rutubete bağlı değişir. Çünkü ahşap birçok uygulamada değişen iklim koşullarına maruz kalmaktadır, dolayısıyla mekanik özellikleri rutubet miktarı ile ilişkilidir.

Ahşabın anizotropik yapısı göz önüne alındığında, mekanik karakterizasyonun tamamlanabilmesi için üç farklı yöndeki (L, R, T) anizotropik mekanik özelliklerin bilinmesi gerekmektedir. Odunun mekanik özellikleri üzerine rutubetin etkisi son yıllarda yaygın bir araştırma konusu olmuştur (Tiemann, 1906; McBurney ve Drow, 1962; Neuhaus, 1983; Kretschmann ve Green, 1996; Hering vd., 2012a). Çok sayıda ağaç türü için rutubete bağlı özellikleri Tiemann (1906) yayınlarken McBurney ve Drow (1962), Neuhaus (1983), Kretschmann ve Green (1996), Hering vd. (2012a) ve Ross (2010) çalışmalarının çoğunda rutubete bağlı sadece birkaç özelliği incelemiştir.

Lif yönünde rutubetin ahşabın mekanik davranışına etkisi nispen bilinirken (Gerhards, 1982) lif yönüne dik davranış (R-T) araştırmaları sınırlıdır. Özellikle rutubete bağlı liflere dik (R-T) elastik özelliklerle ilgili sınırlı sayıda araştırma yapılmıştır. Şimdiye kadar, sadece birkaç çalışmada R ve T yönde ahşabın elastik özellikleri üzerine rutubetin etkisi incelenmiştir (McBurney ve Drow, 1962; Neuhaus, 1983; Hering vd., 2012a). Yaygın olan birçok ağaç türünde rutubete bağlı direnç özellikleri, özellikle R ve T yönlerdeki çekme direnci değerleri bilinmemektedir. Literatürdeki veriler birkaç referansla sınırlıdır (Kufner, 1978; Östman, 1985; Kretschmann ve Green, 1996). Liflere dik çekme gerilmesi kerestedeki en zayıf noktayı temsil eder (Kollmann, 1951; Bodig ve Jayne, 1993; Niemi, 1993), özellikle ahşap yapıların yük taşıma kapasitesi ve kırılma tahmini ile ilgili bilgi birikimi büyük önem taşır. Ağaç malzemenin kırılma tokluğu birçok yazar tarafından araştırılmış olmasına rağmen (Schniewind ve Pozniak, 1971; Schachner vd., 2000; Frühmann vd., 2002; Smith ve Vasic, 2003), rutubete bağlı çekme kırılma tokluğunu kapsayan referanslar sınırlıdır (Prokopski, 1996; Ewing ve Williams, 1979; Reiterer ve Tschegg, 2002; Scheffler vd., 2004; Vasic ve Stanzl-Tschegg, 2007).

Rutubet miktarı değişiminin, liflere paralel elastikiyet modülü ve çekme direnci üzerine en az etkiye sahipken liflere paralel basma direnci üzerine en fazla etkiye sahiptir. Rutubet miktarı, kesme modülü ve liflere paralel kesme direnci ve liflere dik elastikiyet modülü üzerine benzer etkiye sahiptir. Aynı şekilde eğilme direnci ve orantılılık sınırındaki liflere dik basma direnci üzerine benzer

etkiye sahiptir (Gerhards, 1982).

Ellwood (1954), Greenhill (1936), Kadita vd., (1961), Kunesh (1968), Schniewind (1962), Siimes (1967) ve Youngs (1957)'un çalışma sonuçlarına göre yaklaşık oda sıcaklığında rutubet miktarının liflere dik elastikiyet modülüne etkisini incelemişlerdir. Rutubet miktarı %12' nin üzerinde artarken elastikiyet modülü azalmış, %12'nin altında azalırken elastikiyet modülünde artış gözlenmiştir.

Drow (1957), James (1964), Leont'ev (1960), Sulzberger (1953) ve Wilson (1932) tarafından yapılan çalışmalarda rutubet miktarı %12 nin üzerinde artarken eğilme direncinde azalma, rutubet miktarı %12'nin altında azalırken eğilme direncinde artış olduğu ortaya konulmuştur.

Sulzberger (1953), Kollmann (1940), James (1964), Drow (1957), Ishida (1954), Leont'ev (1960), Matejek ve Starecka (1971), Schneider (1971) ve Wilson (1932) rutubetin basma direncine etkisini araştırmıştır. Bu çalışmalara göre yaklaşık 20°C'de, rutubet miktarı %12 nin üzerinde artarken liflere paralel basma direnci değerleri azalmış, %12 nin altında düştükçe liflere paralel basma direnci artmıştır.

Matan ve Kyokong (2003) tarafından yapılan çalışmada lif doygunluğu noktasının altında rutubet miktarı azalırken liflere paralel basma direnci, liflere paralel kesme direnci, lif yönündeki basmada elastikiyet modülü, kesme modülü değerlerinin arttığını, lif doygunluğu noktasının üstünde ise hemen hemen bu özelliklerin sabit kaldığını belirtmiştir.

Kretschmann ve Green (1996) Güney Amerika çamında liflere paralel ve dik yönlerdeki basma dirençleri ve tüm elastikiyet modülleri, liflere paralel kesme direnci değerlerine rutubet miktarının etkisi araştırmışlardır. Rutubet miktarının taze kesilmiş halden %4 rutubet seviyesine kadar azalırken bahsedilen değerlerin arttığını gözlemlemişlerdir. Bu özelliklerden bazılarının artışı düşük rutubet seviyelerinde doğrusal değildir. Çünkü özgül ağırlığın odun

özelliklerini etkilediği bilinmektedir.

Ozyhar vd. (2014) %50, 65, 85 ve 95 bağıl nem seviyelerinde meşe odunun Young modülü, kesme modülü, poisson oranlarını ve direnç parametrelerini incelemiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre rutubet miktarının young modülü ve direnç özellikleri üzerine ciddi etkisi olduğu görülmüşken poisson oranlarına etkisi kanıtlanamamıştır.

Hering vd. (2012a) Avrupa kayını odununun rutubete bağlı (%35, 65, 85 ve 95 bağıl nem) ortotropik elastik özelliklerini incelemiştir. Bazı poisson oranları hariç tüm elastik parametreler (young modülü, poisson oranları, kesme modülü) rutubet miktarının artışı ile birlikte azalış göstermiştir.

Hering vd. (2012b) Avrupa kayınının L, R ve T yönlerindeki direnç özelliklerinin rutubet miktarına (%8.7, 12.4, 16.2 ve 18 seviyelerinde) bağlı değişimini belirlemiştir ve rutubet miktarının hem elastik hem de plastik bölgede gerilme şekil değiştirme davranışına etki ettiğini belirtmiştir.

2.6.2.2. Sıcaklık

Genel olarak, ağaç malzemenin mekanik özellikleri malzeme ısıtıldığında düşerken soğutulduğunda yükselir. Mekanik özellikler, sabit bir rutubet değerinde ve yaklaşık 150 °C'nin altındaki sıcaklıklarda sıcaklık ile yaklaşık doğrusal ilişkilidir. Ağaç malzeme hızlı bir şekilde ısıtıldığı ya da soğutulduğu zaman özelliklerde değişimler meydana gelir. Ağaç malzemenin bu koşullarda test edilmesi ani tepki olarak adlandırılır. 100°C altındaki sıcaklıklarda ani etkiler gerçekte tersine döner. Eğer sıcaklık değişimi ani-hızlı ise özellik başlangıç sıcaklığındaki değerlere dönecektir. %12 rutubet miktarına sahip kuru kerestenin direnci, sıcaklığın -29°C'den 38°C'ye kadar çıkması durumunda çok az değişebilir. Yaş kerestede ise direnç genellikle sıcaklık artışı ile düşer. Fakat 7°C ile 38°C arasındaki sıcaklıklardaki değişim oda sıcaklığından önemli derecede farklılık göstermez (Kretschmann, 2010).

Ağaç malzemede, sıcaklığın geri döndürülebilir etkilerin yanında yüksek sıcaklıklarda geri döndürülemez etkiler vardır. Bu kalıcı etki, ağaç malzemenin ağırlık ve direnç kaybına neden olan yıkıcı etkenlerdendir. Meydan gelen kayıplar, rutubet miktarı, ısıtma maddesi, sıcaklık, maruziyet süresi, tür ve işlem gören parça boyutu gibi etkenlere bağlıdır (Kretschmann, 2010).

Genel olarak, MOR zamana bağlı olarak yüksek sıcaklıklarda daha fazla düşer. Hemiselulozun ve bilhassa arabinözün asit hidrolizi termal degradasyondan kaynaklanan direnç kaybının esas sebebi olarak görülmektedir (Green vd., 2005). Çizelge 2.3'de farklı rutubet değerlerindeki odunda sıcaklığın mekanik değerler üzerine etkisi gösterilmiştir (Gerhards, 1982).

Çizelge 2.3. Farklı rutubet değerlerindeki odunda sıcaklığın mekanik değerler üzerine etkisi

Özellikler	Rutubet miktarı		
		-50°C	+50°C
	%	%	%
Liflere paralel elastikiyet modülü	0	+11	-6
	12	+17	-7
	>LDN	+50	-
Liflere dik elastikiyet modülü	6	-	-20
	12	-	-35
	≥20	-	-38
Kesme modülü Eğilme direnci	>LDN	-	-25
	≤4	+18	-20
	11-15	+35	-20
	18-20	+60	-25
	>LDN	+110	-25
Liflere paralel çekme direnci	0-12	-	-4
Liflere paralel basma direnci	0	+20	-10
	12-45	+50	-25
Liflere paralel kesme direnci	>LDN	-	-25
Liflere dik çekme direnci	4-6	-	-10
	11-16	-	-20
	≥18	-	-30
Liflere dik basma direnci	0-6	-	-20
Orantılılık sınırında	≥10	-	-35

Odun örneklerinin boyutu ve şekli, sıcaklığın etkisini incelemeye önemlidir. Dolayısı ile sıcaklığa maruz kalma süresi az ise büyük parçaların içine sıcaklık

nüfuz edemeyecek ve dış katmanın direnç özellikleri daha fazla etkilenecektir. Bununla birlikte yükleme tipi de göz önünde bulundurulmalıdır. Eğer parça eğilmede gerilmiş ise dış lifler en yüksek gerilmeye maruz kalacaktır ve normal olarak parçanın nihai direncini etkileyecektir (Kretschmann, 2010).

Birçok mekanik özellik ağaç malzeme ısıtıldığında azalırken soğutulduğunda yükselir. Sıcaklığın 100°C yi aşmadığı durumlarda ahşabın direncinde küçük ya da çok az kalıcı kayıplar meydana gelir. Uzun süreli yüksek sıcaklıklara maruz kalan odunun direnç değerleri kalıcı olarak kaybolabilir. Genellikle odunda ne kadar fazla rutubet miktarı varsa yüksek sıcaklığa daha fazla hassas olmaktadır. Bu durum çok yüksek kurutma sıcaklıklarında özellikle kritik yapısal elemanlarda göz önünde bulundurulmalıdır. Odunun yüksek sıcaklığa maruz kalması kümülatif etkiye neden olur (Haygreen ve Bowyer, 1982).

Sabit rutubet miktarında +200°C ve -200°C arasındaki sıcaklıklarda sıcaklığın artmasıyla direnç özellikleri hemen hemen lineer olarak azalır. Fakat kısa ve uzun süre etkileri arasında ayırım yapılmalıdır. Ahşap malzeme 95°C'nin altındaki sıcaklıklara kısa süreli maruz kaldığında dirençteki değişiklikler geri döndürülebilir (Dinwoodie, 2000).

Schaffer (1970)'a göre elastikiyet modülü, 225°C üzerindeki sıcaklıklarda daha şiddetli bir biçimde etkilenmektedir. %11-15 rutubet miktarındaki odunun elastikiyet modülü değerine sıcaklığın etkisi %0'a göre daha fazladır (Comben 1964; Ishida, 1954; James, 1961; Kitahara ve Matsumoto, 1974; Noack ve Geissen, 1976; Preusser, 1968; Sano, 1961; Sellevold vd., 1975; Sulzberger, 1953). Taze kesilmiş ya da ıslak haldeki oduna sıcaklığın etkisi LDN noktasının üstünde daha fazla olmaktadır (Gerhards, 1982).

Comben (1964), Knudson (1973), Knudson ve Schnlewind (1975), Kollmann (1952), Sano (1961) ve Schaffer (1973) sıcaklığın liflere paralel çekme direncine etkisini araştırmışlardır. Bu çalışmalara göre liflere paralel çekme direnci en yüksek seviyeye yaklaşık oda sıcaklığı ve %0-10MC değerleri arasında ulaşmaktadır. Schaffer (1973), %0 rutubet miktarı ve 150°C'deki

sonuçlarına göre kayıp sadece %15'dir. 200°C üzeri sıcaklıklardaki yüksek kayıp ise hızlı gelişen termal degradasyonla alakalı olabilir.

Byvshykh (1959), Ellwood (1954), Greenhill (1936), Kitahara ve Suematsu (1955), Noack ve Geissen (1976), Okuyama vd. (1977), Siimes (1967) ve Youngs (1957) sıcaklığın liflere dik (R, T) young modülü değerlerine etkisini incelemişlerdir. Noack ve Geissen tarafından yapılan çalışmada %6-12 ve 20 rutubet seviyelerinde 20°C nin altındaki sıcaklıklarda, sıcaklığın azalmasıyla birlikte elastikiyet modülü değerlerinde artış gözlenmiştir. Siimes, Ellwood, Youngs, Kitahara ve Suematsu, Greenhill, Byvshykh tarafından yapılan çalışmalarda %6-12 ve 20 rutubet seviyelerinde 20°C nin üzerindeki sıcaklıklarda, sıcaklığın artmasıyla birlikte elastikiyet modülü değerlerinde azalma gözlenmiştir. LDN üzerindeki rutubet seviyesinde de sıcaklığın artmasıyla elastikiyet modülünde azalma görülmüştür (Okuyama vd., 1977, Siimes, 1967, Ellwood, 1954; Youngs, 1957).

Comben (1964), Okuyama (1974; 1975), Partl ve Strassler (1977), Sulzberger (1953) ve Tsuzuki vd. (1976) sıcaklığın eğilme direncine etkisi araştırmıştır. Tsuzuki vd., Partl ve Strassler, Sulzberger ve Okuyama sırası ile %4, %0, %0 ve %0 rutubet seviyesine sahip farklı türlerin eğilme direncinin (20°C referans noktasındaki) sıcaklıkla ters ilişkili olduğunu belirtmiştir. Partl ve Strassler'in %75 MC verisine göre 20°C altındaki sıcaklıklar yaş odunun eğilme direnci üzerine daha fazla etki etmektedir. Comben, Partl ve Strassler, Partl ve Strassler ve Sulzberger %11MC üzerindeki odunda sıcaklığın eğilme direncine daha fazla etki yaptığını belirtmiştir.

Ishida (1954), Kitahara ve Suematsu (1955), Knudson ve Schniewind (1975), Kollmann (1940), Schaffer (1973) ve Sulzberger (1953) sıcaklığın basma direncine etkisini araştırmıştır. Bu çalışmalara göre %0, %12 ve LDN üzerindeki rutubet seviyelerinde, 20°C nin üzerinde sıcaklık artarken liflere paralel basma direnci azalmış, 20°C nin altında sıcaklık azalırken liflere paralel basma direnci değerlerinde artış meydana gelmiştir.

Bernier ve Kline (1968), Ishida (1954), Kitahara ve Matsumoto (1974), Schaffer (1970), Sellevold vd. (1975), Kollmann (1960), Partl ve Strassler (1977), Okuyama (1974; 1975), Comben (1964), Sulzberger (1953), James (1961) ve Preusser (1968) sıcaklığın liflere paralel elastikiyet modülüne etkisini araştırmıştır. 25°C sıcaklığın üzerinde sıcaklık miktarı artarken elastikiyet modülü azalmış, 25°C nin altındaki sıcaklıklarda artma gözlenmiştir. Yapılan bu çalışmalara göre sıcaklığın elastikiyet modülüne etkisi rutubet miktarı arttıkça daha belirgin olmaktadır.

Bekhta ve Niemz (2003), yüksek sıcaklığın, ladin odununun renk değişimine, boyutsal kararlılığına ve mekanik özelliklere etkisini incelemiştir. Deney örneklerini 50, 65, 80 ve %95 bağıl nem seviyelerinde şartlandırdıktan sonra 200°C' de 2, 4, 8, 10 ve 24 saat ve 100, 150, 200°C'de 24 saat sıcaklığa maruz bırakmışlardır. Mekanik özelliklerden eğilme direnci ve elastikiyet modülündeki değişimi incelemiştir. Bu çalışmanın sonucuna göre sıcaklık 100°C' den 200°C' ye çıkarken eğilme direnci %44-50 azalırken elastikiyet modülüne bir etkisini bulamamışlardır. Çalışmaya göre en yüksek eğilme direncini 100°C bulunmuştur.

Zhong vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada Çin melez odununu 20, 75, 125, 175 ve 225°C sıcaklığa maruz bırakarak eğilme özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Sıcaklığa maruz bırakılan örneklerin bir grubu önce soğuması beklenmeden hemen test edilerek ani etki belirlenmiştir. Diğer grupta sıcaklığa maruz bırakılan örnekler kondisyonlandıktan sonra test edilerek kalıcı etki belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre sıcaklığın ani etkisi testinde, sıcaklık 20°C' den 225°C' ye artarken hem eğilme direnci hemde eğilmede elastikiyet modülü doğrusal olmayan bir şekilde azalmıştır. Sıcaklığın kalıcı etkisi testinde ise; eğilme direnci ve elastikiyet modülünde önce doğrusal olmayan artış gözlenirken daha sonra sıcaklığın artmasıyla değerlerin azaldığını ortaya koymuşlardır.

Zhao vd. (2015) huş ağacında dört farklı rutubet seviyesinde (suda bekletilmiş, taze kesilmiş, hava kurusu ve fırın kurusu), düşük sıcaklıklarda (20 ile -196°C)

eğilmede elastikiyet modülünü belirlemişlerdir. Dinamik mekanik analiz (DMA) ile düşük sıcaklık uygulamasının öncesi ve sonrasında dinamik viskoelastik özellikleri incelemişlerdir. Bunun yanında XRD kullanılarak kristal yapıyı incelemişlerdir. Sonuçlara göre düşük sıcaklık uygulamasından sonra eğilmede elastikiyet modülü arttığını görmüşlerdir.

Yang vd. (2016) Japon sedirinde sıcaklık (170, 190 ve 210°C) ve uygulama süresinin (1, 2 ve 4 saat) fiziksel, yüzey ve mekanik özelliklere etkisini incelemişlerdir. Mekanik özelliklerden eğilmede elastikiyet modülü, eğilme direnci, basma direnci ve kesme direnci değerlerindeki değişimlere bakmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre; eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin sıcaklığın artmasıyla azaldığını, basma direnci değerleri sıcaklığın artmasıyla kontrol gruplarına göre artma meydana geldiği, kesme direnci değerlerinde ise sıcaklığın artmasıyla birlikte azaldığını ortaya koymuşlardır.

Sıcaklık genellikle daha yüksek rutubet seviyelerinde daha fazla etkiye sahiptir. Bu etki soğukta sığa oranla daha belirgindir. Sıcaklık, görünürde liflere paralel çekme direncine en az etki etmektedir. Fakat %0 rutubet seviyesinde liflere paralel elastikiyet modülü sıcaklıktan daha fazla etkilenmez. Elastikiyet modülünün dik özellikleri ve orantılılık sınırındaki basma direnci sıcaklığa en duyarlı özellikler olarak görülmektedir. Sıcaklığın, eğilme direnci, liflere paralel basma direnci ve liflere dik çekme direnci üzerine hemen hemen benzer etkiye sahip olduğu görülmektedir (Gerhards, 1982).

Ahşap malzeme genellikle, ısıl işlem uygulamalarında yüksek derecede sıcaklığa maruz bırakılır. Yüksek derecedeki sıcaklıklar ağaç malzemenin mekanik özelliklerini genelde olumsuz anlamda etkilemektedir. Bu kısımda literatürde farklı derecelerde uygulanan sıcaklık (ısıl işlem) uygulamalarının mekanik özelliklere etkisinden bahsedilmiştir.

Sıcaklığa maruz bırakılmış ahşap malzemenin mekanik özelliklerinde azalma olmaktadır. Bu yüzden bu tür ahşap malzemeler çoğu yapısal uygulamalar için

uygun değildir. Mekanik özellikler statik ve dinamik testler kullanılarak belirlenir. Ancak statik eğilme ahşabın davranışını belirlemek için en çok kullanılan yöntemdir. Elastikiyet modülü çekme veya basma testi ile tespit edilir ve genellikle young modülü olarak adlandırılır. Yüksek derecedeki sıcaklıktan en çok etkilenen iki mekanik özellikten biri statik eğilme direnci diğeri de dinamik testlerden çarpma testidir. Azalma ahşap türü ve proses şartlarına bağlıdır. Elastikiyet modülü yavaş işlemlerde artıyor gibi görünür ve daha şiddetli işlemlerde azalma görülür. (Esteves ve Pereira, 2009).

Esteves vd. (2007b) tarafından yapılan çalışmada ısıl işlemin sahil çamında yaklaşık %4 oranında kütle kaybına neden olduğunu ortaya koymuştur. Benzer işlem koşulları, ısınma süresi ve sıcaklık yüksek koşullarda olduğunda MOE değerinde azalma meydana gelmektedir.

Kim vd. (1998) Radyata çamında statik eğilme testlerinde 120 °C, 150 °C ve 180 °C, 6 ile 96 saat boyunca ısıl işlemde eğilme özellikleri (MOR, MOE ve WML) ve proses koşulları (zaman ve sıcaklık) arasında yakın bir ilişki olduğunu göstermiştir. Work for the maximum load (WML) fazlasıyla düşüş olurken elastikiyet modülü az etkilenmiştir. Poncsak vd. (2006) özellikle Huş ağacında 200°C sıcaklığın artması ile MOR değerinin azaldığını göstermiştir. Araştırmacılar sertlik değerlerinde hafif bir artış gözlemlemiştir.

Stamm vd. tarafından 1946 yapılan ilk testler gösteriyor ki 160°C ve 280°C arasındaki ısıl işlemde eğilme direnci yaklaşık %20 azalmıştır. Inoue vd. (1993) Japon Cryptomeria sında 8 saat boyunca ve 220 °C, 200 °C ve 180 °C de yapılan ısıl işlemde sırasıyla %80, %45 ve %20 kadar direnç değerlerinde azalma olduğunu ortaya koymuştur. 180 °C ve 200 °C de MOE değerinde ahşapta ısıl işlemle yavaşça artar, daha sonra 180 °C-20 saat ve 200 °C 8 saat de %10 azalır. 220 °C ısıl işlemde sadece 7 saat de MOE değeri %60 azalmıştır. Bengtsson vd. (2002)'a göre 220°C ısıl işlemde de eğilme direncinde ladin için ortalama %50, sarıçamda %47 oranında azalma olmuştur. İşlemsiz ahşap da eğilme direnci 24 MPa iken ısıl işlem görmüş ladin de 8 MPa ve Sarıçamda 11 MPa' a düşmüştür. Elastikiyet modülü yaklaşık %3.5 oranında azalmıştır.

Shi vd. (2007) tarafından yapılan çalışmada thermowood işlemini kullanarak ısı işlem uygulanmış Quebec ağaç türlerinde mekanik özellikleri çalışmıştır. Isıl işlem sonrasında huş ağacında elastikiyet modülü yavaşça (%6) artarken ladin, çam ve titrek kavak'da eğilme direnci %0 ve %49 oranında azalmıştır. Isıl işlem görmüş ladin ve çamda elastikiyet modülü %4 ve %28 oranında azalmış fakat göknar, titrek kavak, huş ağacında elastikiyet modülü genellikle artmıştır. Mburu vd. (2008) *Grevillea robusta* da ısı işlem ile MOR ve MOE değerlerinde %65 ve %28 oranında azalma tespit etmiştir. Boonstra vd. (2007a) plato prosesi ile ısı işlem görmüş sarıçam da eğilme direncinde (%3) oranında azalma ortaya koymuş fakat ısı işlem görmüş Norveç ladininde (%31) daha fazla bir azalma bulmuştur.

Rusche (1973a,b) çam ve kayın malzemeye oksijenli ve oksijensiz ısı işlem gerçekleştirmiş ve %8-10 arası kütle kaybında elastikiyet modülünün önemli ölçüde azaldığı sonucuna varmıştır. Benzer sonuçlar Vital vd. (1983) tarafından *Eucalyptus saligna*'nın 105-155°C sıcaklıkta 10-160 saat muamele edildiği çalışma ile rapor edilmiştir. Mitchell (1988) 150°C sıcaklıkta 1, 2 4, 8 ve 16 saat süre boyunca %0, 12 ve yaş (taze kesilmiş) haldeki denge rutubetindeki *Pinus taeda* malzemeye oksijen, nitrojen ve hava ile ısı işlem gerçekleştirmiştir. Çalışma sonucunda MOE'nin ısı işlem süresi ile düzensiz olarak (taze kesilmiş malzemede daha fazla) düştüğünü bulmuşlardır. Hava ile gerçekleştirilen ısı işlemde taze kesilmiş ağaç malzemedeki MOE azalımı kuru ağaç malzemedekinden 14 kat daha fazladır. Nitrojen ile MOE'de düşme olmaz iken hava ile olan düşüş oksijenden daha azdır. Santos (2000) ısı işlem görmüş *Eucalyptus globulus* malzemenin elastikiyet modülünün 15.974 MPa'dan 27.646 MPa'ya dik bir yükseliş gösterdiğini belirtmişken süre ve sıcaklıktan bahsetmemiştir. Aynı ağacın 180 ve 210°C sıcaklıkta ısı işlem sonuçları Esteves vd. (2007a) tarafından farklı olarak belirtilmiştir. Isıl işlemin başında hafif bir artış ve bunu takiben düşüş olduğunu bulmuşlar. Sailer vd. (2000) 180, 200 ve 220°C sıcaklıklarda yağ ve hava ile gerçekleştirilen ısı işlem sonucunda elastikiyet modülünde değişiklik bulamamışken sadece çarpma direncinde yağ için %51'lik ve hava için %37'lik bir düşüş olduğu belirtilmiştir.

Kamdem vd. (2002) Fransız yöntemi ile 200 ve 260°C sıcaklıkta ladin ve kayın malzemeye ısı işlem gerçekleştirmiş ve anılan sıraya göre ladin ve kayın için MOE %11 ve 20, MOR %8 ve %40 düşüş gözlemlemişlerdir. Goroyias ve Hale (2002) OSB imalatı için sarıçam talaşlarına 200 ve 260°C arasındaki sıcaklıklarda 20 dk süre ile ısı işlem gerçekleştirmiştir. MOR 200 ve 210°C sıcaklıklarda önemli ölçüde düşmemiş, 220, 230 ve 240°C sıcaklıklarda hafif bir şekilde düşmüş iken 250 ve 260°C sıcaklıklarda önemli ölçüde düşmüştür. MOE'deki varyasyon 240°C üzerindeki sıcaklıklar için bir düşüş ile benzerdir.

Kim vd. (1998), MOR ile sıcaklık süresi arasında iyi bir ilişki olduğunu bulmuştur. En iyi eşitlikler 0.78 ve 0.95 arasındaki R^2 ile $\%MOR = ae -b(P)$ cinsindedir. Bununla birlikte bu eşitlikler sadece kısa zamanlı periyotlar için iyi sonuçlar vermektedir.

Kubojima vd. (2000a) kuru ve yaş odundaki ısı işlemin etkilerinin aynı olduğunu belirtmiştir. Kubojima ve diğ. (2000b) young modülü ve eğilme direnci ısı işlemin başında artmış ve sonrasında düşmüştür. Hava ile gerçekleştirilende düşüş nitrojen ile gerçekleştirilenden daha fazla olduğu belirtilmiştir. Malzemenin kırılması için gerekli çalışma (iş), ısı işlem süresi ile sabit bir şekilde (nitrojende havadakinden daha fazla olarak) azalmıştır. Darbe eğilimi (impact bending) de başlangıçta artmış ve sonrasında (havada nitrojenden daha fazla olacak şekilde) azalmıştır.

Ünsal ve Ayrılmış (2005) ısı işlem görmüş *Eucalyptus camaldulensis*'in liflere paralel basma direncinde bir azalma olduğunu belirtmiştir. Korkut vd. (2008a) ısı işlem görmüş sarıçam odununda liflere paralel basma direnci, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, janka sertlik, darbe eğilim direnci ve liflere dik gerilme direnci değerlerinin düştüğünü belirtmiştir. Benzer sonuçlar Korkut vd. (2008b) tarafından kayın gövdeli akçaağaç (*Acer trautvetteri*) için sunulmuştur. Boonstra vd. (2007a) tarafından ise sonuçlar biraz farklı belirtilmiştir. Zira Plato yöntemi ile ısı işlem görmüş sarıçamda liflere paralel basma direncinin %28 ve teğet basma direncinin ise %8 arttığı fakat radyal basma direncinin %43 azaldığı belirtilmiştir. Ayrıca çekme direncinin (tensile)

%39 ve eğilme direncinin (MOR) %3 düştüğünü belirtmişler. Liflere paralel Brinell sertliğin %48 ile önemli derecede artarken liflere dik sertliğin %5 ile hafifçe arttığı belirtilmiştir.

Nakano ve Miyazaki (2003) ısıtma işlem süresi ile ısıtma işlem görmüş ağaç malzeme yüzeyindeki çatlakların ölçüsel değişimini incelemiş ve çatlakların yüksek sıcaklıklar için dik bir artış ile 250°C sıcaklığa kadar sürekli arttığını belirtmiştir.

Fransız yöntemi ile 200 ile 260°C arasında muamele edilmiş ladin ve kayın odunun yoğunluğu sırasıyla %15'lik değişim ile 447 kg/m³ ten 381 kg/m³ ve %1'lik değişim ile 623 kg/m³ ten 617 kg/m³ ye düşmüştür. Yıldız (2002) 130°C sıcaklıkta 2 saat ısıtma işlem görmüş kayın ve ladin odunları için sırasıyla %2,25 ve %1,73 oranlarında hafif bir yoğunluk artışı olduğunu fakat daha yüksek sıcaklıklarda (200°C ve 10 saat süre ile) yoğunluğun %18,37 ve %10,53 oranında azaldığını belirtmiştir. Korkut ve Güller (2008) kayın gövdeli akçaağaç (*Acer trautvetteri*) ile gerçekleştirdikleri çalışma ile yoğunluk düşüşünü teyit etmiştir. Boonstra vd. (2007a) ısıtma işlem görmüş sarıçam ve Norveç ladinini yoğunluğunun sırası ile %10 ve %8,5 düştüğünü belirtmiştir.

Boonstra vd. (2007b) ye göre yapılarda meydana gelen gerilmeler dikkate alınır ise ısıtma işlem görmüş ağaç malzeme yapısal konstrüksiyonlarda kullanılabilir. Boonstra vd. (2007b), yapısal amaçlı Norveç ladinini odununu sıcaklıkla muamele etmişler ve eğilme direncinde %6'lık azalma ve MOE'de %17'lik artış elde etmişler. Yazarlar ayrıca büyük budaklar ve normal olmayan lif açısı gibi birçok kusurun kombinasyonunun eğilme direncini ve MOE'yi düşüreceğine değinmişlerdir.

Reiter ve Sinn (2002) otoklav ısıtma işlem görmüş ladin odunun kırılma özelliklerini kama ile yarma (bölme, ayırma) testini kullanarak incelemiş ve çatlak oluşumuna karşı direncin daha küçük ve harcanan enerjinin daha büyük olduğu sonucuna varmıştır. Ayrıca, Nitrojen ile ısıtma işlem görmüş ağaç malzemenin kırılma özellikleri de otoklav ile muamele edilmiş olandan daha az

düşmüştür. Isıl işlem görmüş ağaç malzemenin gevrekliği kırılma yüzeyinin mikroskop ile gözlemlenmesi ile teyit edilmiştir. Phuong vd. (2007) *Styrax tonkinensis* odununun gevrekliği üzerine ısıl işlemin etkisini incelemiş ve gevrekliği etkileyen temel etkenin degradasyon nedeni ile polisakkaritlerin kaybolması olduğu sonucuna varmıştır.

Ateş vd. (2009) 130, 180 ve 230°C sıcaklık ve 2-5 saat sürede ısıl işlem uygulanmış kızılçam odununun bazı fiziksel, mekaniksel ve kimyasal özelliklerini araştırmışlardır. Mekanik özelliklerden sıcaklığın liflere paralel basma direnci, eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerlerine etkisini incelemişlerdir. Bu çalışmada bütün mekanik özelliklerde en fazla azalma 230°C'de 2 ve 8 saat sürede bulunmuştur. Kontrol örneklerine göre toplam azalma miktarını basma direnci, MOE, eğilme direnci, teğet sertlik, radyal sertlik ve enine kesit sertlik değerlerinde sırasıyla 57.1, 30.3, 67.7, 34.0, 26.1 ve %16.6 olarak bulmuşlardır.

Korkut ve Budakçı (2009) yüksek sıcaklığın kuş üvezi odununun basma direnci, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, çekme direnci, şok direnci, yarıma direnci ve sertlik değerlerine etkisini araştırmışlardır. Deney örneklerini 120, 150 ve 180 °C sıcaklığa 2, 6 ve 10 saat süreyle maruz bırakmışlardır. Çalışmanın sonuçlarına göre sıcaklık ve sürenin artmasıyla bütün mekanik özelliklerde azalmanın meydana geldiğini ortaya koymuşlardır. Değerlerdeki en fazla azalmayı 180°C sıcaklık ve 10 saat işlem grubunda bulmuşlardır.

Korkut vd. (2010) sapsız meşe odununa 120, 150 ve 180°C sıcaklıkta 2, 6 ve 10 saat ısıl işlem uygulayarak MOE, MOR, liflere paralel basma direnci, çekme direnci, çekme direnci, sertlik, çarpma direnci ve bazı yüzey özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Bu çalışmaya göre sıcaklık ve uygulama süresinin artmasıyla bütün mekanik özelliklerde azalma olduğunu ve en fazla azalmanın 180°C sıcaklık ve 10 saat işlem süresinde olduğunu ifade etmişlerdir.

Kubojima vd. (1998), Sitka ladininde ısıl işlemin eğilme direnci ve sertliğe etkisini araştırmışlardır. 160°C sıcaklıkta 0.5-16.0 saat sıcaklığa maruz

bırakılmış Sitka ladini odununun dinamik young modülü, statik young modülü, eğilme direnci, şok direnci değerlerini incelemişlerdir. Çalışmanın sonucuna göre statik young modülü, eğilme direnci ve şok direnci başlangıç aşamasında sıcaklıkla beraber önce artarken daha sonra azalmıştır. Statik eğilme testlerinde ısı işleme maruz bırakılmış odunun daha kırılğan olduğunu ifade etmişlerdir. Bütün testlerde havada nitrojenden daha fazla azalma olduğunu ortaya koymuşlardır.

Mekanik özelliklerin değişim nedenleri geniş çaplı olarak Boonstra vd. (2007a) tarafından tartışılmıştır. Hemiselülozun degradasyonu mekanik özelliklerin kaybolmasındaki, özellikle eğilme ve çekme direncini etkileyen, temel etken olarak ileri sürülmektedir. Fakat amorfoz selülozun kristalleşmesi de bunda önemli bir rol oynayabilir. Çapraz bağa neden olan ligninin polikondenzasyon reaksiyonunun esasen boyuna (longitudinal) yönde pozitif bir etkiye sahip olduğuna değinilmektedir. Liflere paralel basma direnci (artan) ile radyal basma direnci (azalan) arasındaki farklılık selüloz kristalinin anizotropisine atfedilmektedir. Daha düşük denge rutubeti içeriği ısı işlem görmüş ağaç malzemenin mukavemet özelliklerini olumlu yönde etkileyebilir fakat bu etki kimyasal bileşenlerin degradasyonu tarafından geçersiz hale gelmektedir. Yoğunluk azalmasıyla ilgili, degradasyon sonucu hemiselülozun üçüncü ürünlere dönüşümü ve ekstarktiflerin buharlaşmasının temel nedenler olduğuna inanılmaktadır. Hemiselüloz içeriği ve eğilme direnci arasındaki yakın ilişki Winandy ve Lebow (2001) ve Esteves vd. (2008a) tarafından da belirtilmiştir.

Isıl işlem sonrasında (oda sıcaklığı ve %7-12 rutubet miktarı sağlanacak şekilde kondisyon olarak) örneklerin soğutulmadan sıcak halde test edilmesi, kalıcı etkilerden dolayı direnç değerlerinin düşük elde edilmesine neden olur (Kretschmann, 2010).

Isıl işlemin ağaç malzemenin orta lamelinde ya da ince yapısında S₁ ve S₂ tabakaları arasında bazı mikro çatlaklara neden olabildiği Esteves ve Pereira (2009) tarafından belirtilmiştir. Gözenek ya da porozitenin artması gibi bazı

anatomik değişimler ısı işlem sonrasında beklenebilir.

2.6.2.3. Yükleme süresi

Ahşap genellikle elastik malzeme olarak kabul edilir. Kısa yüklenme sürelerinde elastikiyet varsayımı kabul görebilir, anlık gerilme yüklemelerine karşı şekil değiştirme tepkileri gösterir. Ağaç malzemenin mekanik davranışı gerçekte sabit kalmaz ancak zamanla değişir. Uygulanan yükün süresi olarak zaman, ağaç malzemenin mekanik davranışını tanımlamada göz önünde bulundurulması gereken önemli bir etkidir. Hem elastik hem de zamana bağlı özelliklere bağlı mekanik özellikleri kapsayan viskoelastisite, ağaç malzemenin davranışını tanımlamada daha uygundur (Schniewind ve Barrett, 1972; Lakes, 2009).

İster sürekli isterse de aralıklı yüklenen ağaç malzemede yükleme süresi malzemenin güvenle taşıyabileceği yükü belirleme adına önemlidir. Yükleme süresi sıcaklık ve bağlı nem değişikliklerinden etkilenebilir. Ağaç malzemenin dayanabileceği sabit-sürekli bir gerilim, kırılma zamanının yaklaşık bir üstel fonksiyonudur. Bu bağıntı, sabit bir sıcaklık ve bağlı nemde küçük kusursuz odun örnekleriyle gerçekleştirilen çalışma sonuçlarının bileşkesidir (Kretschmann, 2010).

2.6.2.4. Yükleme hızı

Statik direnç testleri tipik olarak belli bir yükleme hızında ya da 5dk içerisinde maksimum yüke ulaşan deformasyon hızı ile gerçekleştirilir. Yüksek direnç değerleri, ağaç malzemenin daha yüksek hızlarda yüklenmesi ile elde edilmişken düşük değerler daha düşük hızlarda elde edilmiştir. Yani ağaç malzemede 1sn içinde kırılmaya neden olan yük standart statik direnç testiyle elde edilenden %10 daha fazladır (Kretschmann, 2010).

2.6.2.5. Sünme

Ahşap malzemenin bazı mekanik özellikleri zamana bağlı olarak değişir.

Malzemelerin sabit yük altında zamana bağlı şekil değiştirmelerine sünme denilir. Ahşap uzun süre yüke maruz kaldığında sünme meydana gelir. Sünme moleküler yapıda meydana gelen değişimler sonucu oluşur. Yüklemenin ilk yapıldığı anda sünme hızlıdır ve azalan bir eğilim gösterir ve bir süre sonra sabit bir hıza ulaşır. Sünme deneyi yeteri kadar uzun tutulursa sünme hızlanır ve kırılda kırılma olur (Güntekin, 2003).

2.6.2.6. Yorulma

Tekrarlı yüklere maruz kalan malzemede meydana gelen ve gittikçe artan hasar olarak tanımlanmaktadır. Yeterince fazla ve tekrarlı olduğunda tekrarlı yükleme gerilmesi yorulma kırılması ile sonuçlanabilir. Yorulma ömrü, kırılma öncesine kadar olan çevrim sayısıdır. Yorulma direnci-dayanımı yorulma ömrünü belirlemek için kullanılan gerilme döngüsünde erişilmiş en yüksek gerilmedir. Yorulma direnci, döngü sayısı logaritmik arttıkça yaklaşık doğrusal olarak düşer. Yorulma direnci ve ömrü, döngü sıklığı, tekrar ya da yüklemenin terse döndürülmesi, çevrimdeki en düşük ve en yüksek gerilme oranı, sıcaklık, rutubet miktarı ve örnek boyutu gibi birçok etkene bağlıdır. Negatif aralık etkileri tekrarlı tersine yüklemeleri ima ederken pozitifler tek yönlü yüklemeleri ima eder. Ufak budaklar içeren odunda yorulma direnci daha düşüktür. Yorulma direnci liflere paralel çekmede kesmeye göre biraz daha yüksektir. Ağaç malzemede yorulma direncini etkileyebilecek etkenler hakkında çok az bilgi vardır (Kretschmann, 2010).

2.6.2.7. Kimyasallara maruz kalma

Odunun direnci asidik ya da alkali çevre koşullarına maruz kaldığında düşebilir. Buna rağmen odun asidik koşullara çeliğe oranla daha dirençlidir. Direnç kaybına neden olan hücre duvarının kimyasal bozunumu selulozun hidrolizi oksidasyon ve alkaliler tarafından delignifikasyon sonucu meydana gelir (Haygreen ve Bowyer, 1982).

Petrol ürünleri ve kreozot gibi şişmeye karşı dayanıklı sıvılar, özellikler üzerine

kayda değer etkisi yoktur. Özellikler, su, alkol, ya da ağaç malzemeyi kimyasal olarak parçalamasa bile odunu şişiren organik sıvıların varlığı ile azalır. Susuz amonyak ağaç malzemenin direnç ve katılığını ciddi oranda düşürür. Kimyasalların yaptığı etkiler aşağıdaki gibi özetlenebilir (Kretschmann, 2010).

- Bazı türler seyreltik mineraller ve organik asitlerin saldırılarına karşı daha dirençlidir.
- Nitrik asit gibi yükseltgen (okside edici) asitler ağaç malzemeyi yükseltgen olmayanlara göre daha fazla parçalanmaktadır.
- Alkali çözeltiler asidik çözeltilerden daha fazla tahribata neden olur.
- Sert ağaçlar yumuşak ağaçlara göre asit ve alkalilerin saldırılarına daha fazla duyarlıdır.
- Öz odun diri oduna göre asit ve alkalilerin saldırılarına daha az duyarlıdır.

2.6.2.8. Yaşlandırma

Ağaç malzemenin çürüme gibi olumsuzluklardan korumak için saklandığı görece kuru ve orta sıcaklıklardaki koşullarda ağaç malzemenin mekanik özellikleri zamanla çok az değişim gösterir. Eski kerestelerle yapılan test sonuçları kusursuz ağaç malzemenin direncinde önemli kayıpların normal yaşlanma koşullarında sadece birkaç yüzyıl sonra gerçekleşeceğini göstermektedir. Dikili halde olan bazı asırlık ağaç odunlarının sağlamlığı da ağaç malzemenin dayanıklılığını onaylamaktadır (Kretschmann, 2010).

2.6.2.9. Kimyasal işlemler

Ağaç malzeme, kullanım aşamasında yanmaya karşı performansının ya da çürümeye karşı gösterdiği direncin iyileştirilmesi için sıklıkla kimyasallar ile muamele edilir. Her bir kimyasal muamele ve işlem, işlem görmüş ağaç malzemenin mekanik özellikleri üzerine özgün etki yapar. Yangın geciktirici muameleler ve muamele yöntemleri ağaç malzemenin mekanik özelliklerini belirgin bir şekilde düşürmektedir. Yangın geciktiriciler ile muamele edilmiş

(kontraplak çatı örtüsü ya da kereste çatı makası gibi) bazı ürünler kullanım yerinde yüksek sıcaklıklara maruz kaldıklarında kayda değer degradasyonlar sergilemişlerdir. Her ne kadar koruyucu muameleler ve muamele yöntemleri genellikle ağaç malzemenin mekanik özelliklerini düşürse de muamele ile meydana gelen direnç kaybı ağaç malzemenin ıslak koşullarda kullanılması durumunda uğrayacağı ve giderek artacak zararlar düşünüldüğünde dengelenmiş olur (Kretschmann, 2010).

2.6.2.10. Nükleer radyasyon

Ağaç malzeme nadiren nükleer ışıma maruz kalır. Nükleer reaktörlere yakın ahşap yapılar, nükleer ışımla odunun plastik polimerizasyonu, yoğunluk ve rutubet miktarının tahribatsız olarak tahmini ağaç malzemenin nükleer ışıma maruz kaldığı durumlara örnektir. Çok yoğun gama ışınları ya da nötronları ağaç malzemenin önemli derecede bozulmasına neden olabilir. Genel olarak 10 kGy' ye kadar olan gama ışını yayılımı ağaç malzemenin direnç özelliklerine çok az etki yapar. Bu değer üzerinde liflere paralel çekme direnci ve tokluk (toughness) azalır. 3 MGy dozunda çekme direnci yaklaşık %90 azalır. 10 kGy üstü gama ışınları liflere paralel basma direncini de etkiler fakat daha yüksek dozlar basma direncinden daha çok çekme direncine etki yapar. 3 MGy toplam dozda yaklaşık olarak basma direncinin 1/3' ü kaybolur. Gama ışınlarının eğilme ve kesme direncine etkisi çekme ve basma direnci etkisinin ortasındadır (Kretschmann, 2010).

2.6.2.11. Küf ve mantarlar

Küf ve leke mantarı ağaç malzemenin birçok mekanik özelliğini ciddi biçimde etkilemez çünkü mantarlar yapısal duvardan ziyade hücre duvarına ya da hücre boşluğuna bağlanır. Enfeksiyonun süresi ve mantar türü bozulmanın boyutunu belirlemede önemli etkenlerdir. Düşük seviyedeki biyolojik lekelenme dirençte az kayıplara neden olsa da yoğun lekelenmeler özgül ağırlığı %1-2, yüzey sertliğini %2-10, eğilme ve parçalanma direncini %1-5 ve tokluk veya şok direncini %15-30 düşürebilir. Her ne kadar küf ve leke mantarları genellikle

direnge fazla etki etmese de bu organizmalar için uygun olan koşullar, ağaç malzemeyi yıkıma uğratan ve yumuşak ürüklük oluşturan mantarların gelişmesini kolaylaştırır. Eğer yapısal amaçla kullanılacaksa küflü ve lekeli parçalar ürüklük bakımından dikkatlice incelenmelidir (Kretschmann, 2010).

2.6.2.12. Çürüklük

Çürüklük genel olarak yapısal amaçlı kullanılan keresteler için yasaklanmıştır. Çünkü hangi parçanın ne oranda kusurlu olduğunun gözle görülmesi mümkün değildir. Görünür olduğu zaman ise direnç kaybı çok ciddi boyutlara ulaşmış olur. Çürüklük sonucu meydana gelen şok direnci kaybı statik dirençten daha fazladır. Maviküf mantarı odunda direnç kaybına neden olmadığı için bazı kereste sınıflamalarında izin verilebilmektedir (Haygreen ve Bowyer, 1982).

Küf ve renk mantarından farklı olarak odunu yıkıma uğratan mantar, oduna direncini veren selülozun parçalanmasını katalizleyerek direnci ciddi bir şekilde düşürür. Çürüklük en fazla etkiyi tokluğa, darbe eğilmesine ve eğilmede içe yaparken en az etkiyi kesme ve sertliğe yapar. Diğer özelliklere ise orta derecede etki yapar (Kretschmann, 2010).

2.6.2.13. Böcek zararlıları

Böcek zararı dikili ağaçta, tomrukta ve kurutulmuş ya da kurutulmamış kerestede meydana gelebilir. Dikili ağaçta zararın kontrol edilmesi zor olsa da uygun kontrol yöntemleri ile böcek zararı büyük oranda engellenebilir. Böcek çukurları genellikle iğne deliği, grup delikler ve toz-un delikleri şeklinde sınıflandırılır. Düzensiz oyuk açtıkları için toz-un larvaları yüzeyde çok az ufak delik görünmesine rağmen parça iinin büyük bölümünü yıkıma uğratabilir ve parçanın direnci fiilen sıfıra düşebilir. Böcek zararlı odunun görünüşünden dirençte meydana gelen azalımın tahmini için bilinen bir yöntem yoktur. Direnç, göz önüne alınması gereken önemli bir etken olduğunda böcek deliği bulunan parçaların ıskartaya ayrılması bileşenleri emniyete alma için yapılması gerek işlemdir (Kretschmann, 2010).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmada ülkemizde yetişen önemli ağaç türlerinden iğne yapraklılardan sedir (*Cedrus libani*) ve kızılçam (*Pinus brutia* Ten.), yapraklı ağaç türlerinden ise sapsız meşe (*Quercus petraea* Lible) ve Doğu kayını (*Fagus orientalis*) kullanılmıştır. Sedir ve kızılçam odunları Burdur-Bucak orman işletme şefliğine bağlı kesim sahasından, meşe ve kayın odunları ise Zonguldak-Devrek Dorukhan tüneli mevki bölgesinden temin edilmiştir. Ağaç türleri belirtilen arazilerden her türden 5'er adet seçilerek tomrukların 1 ile 3 metre arasından deney örneklerinin hazırlanması için R ve T latalar kesilmiştir. Seçilen ağaçlarda görünür kusurlar olmamasına dikkat edilmiştir.

3.1.1. Toros sediri (*Cedrus libani* A.Rich.)

Toros sediri ülkemiz ağaç türleri arasında en geniş yayılış alanının Türkiye' de olması ve odun özelliklerinin iyi olması ile ayrıcalıklı bir yere sahiptir (Öktem ve Sözen, 1994).

Toros sediri (*Cedrus libani* A.Rich.) Lübnan'ın kuzeyi ve Suriye'de birkaç meşcerede yetişmekle birlikte asıl yayılışını Toros Dağları'nda göstermektedir (Boydak, 1986). Halk arasında "Katran " adı verilen bu ağaç dolgun gövdeli, 40 metre boylarında görkemli bir görünüme sahiptir. Toros sediri nem isteyen bir ışık ağacıdır (Anşin, 1988).

Ülkemizde toplam 463521 ha (hektar) yayılış alanına sahip olup, toplam orman alanının % 2.1'ini teşkil etmektedir (OGM, 2013).

Toros sediri 2 metreye kadar çap yapabilen düzgün gövdeli bir yapıya sahiptir. Gençlikte kabuğu düzgün ve gri renkte iken yaşlandıkça boyuna çatlakları olan pullu bir kabuk oluşarak rengi de siyahımsı griye dönüşmektedir. Ortalama kabuk kalınlığı 1.27 santimetredir. Toros sediri odunu yumuşak ve hafif, öz odunu güzel kokuludur (Öktem ve Sözen, 1994).

Diri odunu öz odundan daha açık renkte sarımsı kahverengidir. Öz odunu kırmızımsı kahverengidir. Yıllık halkaların sınırı belirgin, ilkbahar odununun genişliği 1.12 mm iken yaz odunu genişliği 0.70 mm ve yaz odunu katılım oranı %38.5' dir (Erdin, 1985).

Toros sedirinde reçine kanalları bulunmazken traumatik reçine kanalları bulunmaktadır. Toros sedirinin odunu düzgün lifli, yeknasak tekstürlüdür. Odun dokusunun yaklaşık % 91' ini boyuna traheidler oluşturmaktadır. Kenarlı geçit zarin orta kısmını oluşturan torus dişlidir ve bu özelliği sediri diğer iğne yapraklı türlerden ayırmaktadır. Öz ışınları genellikle tek sıralıdır. Öz ışınlarında hücre sayısı 15-50 arasında değişmektedir. Toros sedirinde odunsu paranzim hücresi nadir olarak bulunur, milimetrede odun paranzim hücre sayısı ortalama 1' dir (Öktem ve Sözen, 1994).

Toros sediri tel direği, çit direği, maden direği, iç ve dış mekanlarda kapı pencere doğramaları, labri, mobilya, parke, merdiven bahçe mobilyası, kurşun kalem, arı kovanı yapımında kullanılmaktadır. Ayrıca kendine özgü kokusu güve uzaklaştırıcı etkisi nedeniyle sandık yapımında kullanılmaktadır.

Sedir odununun bazı mekanik özellikleri çizelge 3.1'deki gibidir.

Çizelge 3.1. Toros sediri odunun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri

Kaynak	D_0 (g/cm ³)	D_{12} (g/cm ³)	Elastikiyet Modülü (N/mm ²)	Eğilme Direnci (N/mm ²)	Liflere Paralel Basma Direnci (N/mm ²)	Liflere Paralel Çekme Direnci (N/mm ²)	Makaslama Direnci (N/mm ²)
Berkel (1951)				75.20	44.00		
Demetçi (1986)	0.47	0.51	7184			44.81	7.30
Keskin (2001)	0.46	0.48	7802	86.80	52.50		7.20

D_0 = Tam kuru yoğunluk, D_{12} = hava kurusu yoğunluk

Çizelge 3.2'de sedir ve kızılçam ağaçlarının kesildiği ormanın meşçere özellikleri gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Sedir ve Kızılçam ağaçlarının alındığı ormanın meşcere özellikleri

Özellik	Değer
Yükseklik	1200m
Bakı	Kuzey-Doğu
Koordinat	38°-17'-07" Kuzey 30°-34'-03" Doğu
Meşcere Tipi	Scd3
Eğim	%25
Alan	16.9 hektar
Kızılçam (Yaş)	60 yaş
Sedir (Yaş)	70 yaş

3.1.2. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.)

Kızılçam ülkemizde en geniş yayılışını yapmaktadır. Marmara, Ege ve Akdeniz bölgesinde geniş yayılmakta, Karadeniz sahili boyunca da küçük adacıklar halinde bulunmaktadır (Anşin, 1988).

Kızılçam ülkemizde toplam 5854672.8 ha (hektar) yayılış alanına sahip olup, toplam orman alanının % 27' sini teşkil etmektedir (OGM, 2013).

Öz odun kırmızımsı kahverengi iken diri odun kırmızımsı beyaz renktedir. Kabuğu kalın ve derin yarıntılıdır. Yıllık halka içinde yaz odunu az bir yer kaplar. Reçine kanalları dağınık bir şekilde yıllık halka içerisindedir. Radyal kesitte, traheidler arasında bordürlü geçitler bulunmaktadır. Öz ışını paranzim hücrelerinde fazlaca basit geçitler bulundurur. Teğet kesitteki özışınları tek sıralı iken yatık reçine kanalı içeren özışınları birkaç sıralıdır (Berkel, 1957).

Ülkemizde yayılış gösteren çam türleri arasında odunu en ağır olan kızılçamdır. Tam kuru haldeki özgül ağırlığı $0.53\text{gr}/\text{cm}^3$, hava kurusu halde (% 12 rutubet) $0.57\text{gr}/\text{cm}^3$ tür (Berkel, 1957).

Kızılçam odunu tarım aletleri, ambalaj sandığı, inşaat malzemesi, tel ve maden direği, çit kazığı ve deniz taşıtlarının yapımında kullanılır (Erten ve Önal, 1987).

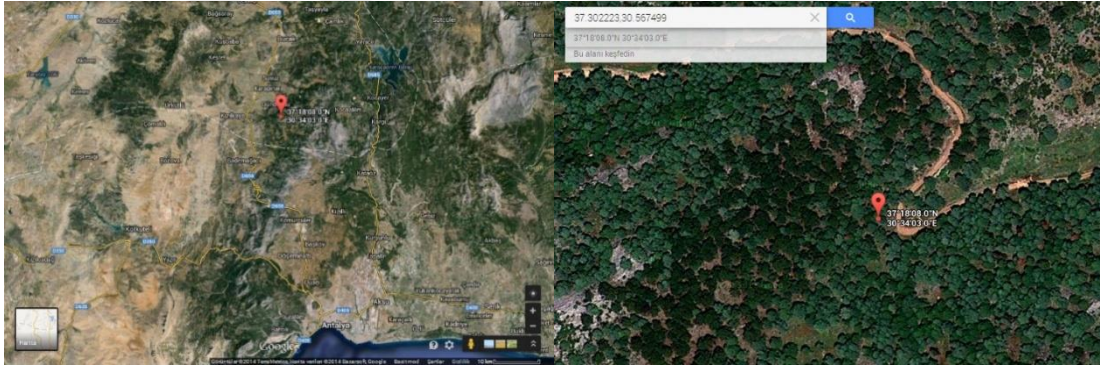
Kızılçam odununun bazı teknolojik özellikleri çizelge 3.3' deki gibidir.

Çizelge 3.3. Kızılçam odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri

Kaynak	D ₀ (g/cm ³)	D ₁₂ (g/cm ³)	Elastikiyet Modülü (N/mm ²)	Eğilme Direnci (N/mm ²)	Liflere Paralel Basma Direnci (N/mm ²)	Liflere Paralel Çekme Direnci (N/mm ²)	Makaslama Direnci (N/mm ²)
Özkaya (2013)	0.53	0.56	9650.75	95.89	60.57	81.69	6.61
İlter vd. (2008)	0.56	0.60		97.84	63.00	97.66	9.09
Erten ve Önal (1987); Toker (2007)	0.53	0.57		80.56	43.83		

D₀= Tam kuru yoğunluk, D₁₂ = hava kurusu yoğunluk

Şekil 3.1' de Burdur-Bucak bölgesinde sedir ve kızılçam ağaçlarının kesildiği lokasyonun koordinatları Google earth uydu görüntüsü ile gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Sedir ve kızılçam ağaçlarının kesim alanlarının Google earth uydu görüntüsü

3.1.3. Sapsız meşe (*Quercus Petraea* Lieble)

Ticari adı “European Oak” olan Sapsız Meşe, Avrupa genelinde yayılış gösteren yapraklı (Doğu vd., 2001) ve 30 m’ye kadar boylanabilen dar tepeli bir ağaç türü olup Türkiye’deki en önemli orman ağaç türlerinden biridir (Yaltırık, 1984). Anşin ve Özkan (1993)’a göre Türkiye’de yetişen 3 farklı Sapsız Meşe türü bulunmaktadır. Bunlar; *Quercus petraea* subsp. *petraea*; Kırklareli, Tekirdağ ve Bolu’da, *Quercus petraea* subsp. *iberica*; Marmara ve tüm Karadeniz, Artvin-Çoruh vadisi, Trabzon, Gümüşhane’de, *Quercus petraea* subsp. *pinnatiloba*; Doğu

ve Güneydoğu Anadolu'da, Amanos ile Antitoros'larda yayılım gösteren türleridir.

Sapsız Meşe, işlenme özelliği orta, kurutulması güç, dayanıklılığı orta ve emprenye edilmesi güç olan bir ağaç türü olarak; direk, travers, kaplama, yapı malzemesi, mobilya, doğrama, ev ve süs eşyası, alet sapı, odun kömürü, ağaç kabuğu ve meyve üretimi gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır (Doğu vd., 2001).

Odunu dekoratif, parlak, sert ve ağır olan Sapsız Meşe'nin diri odunu dar ve sarımsı beyaz iken öz odun koyu kahverengi tonlara sahiptir. Odun, halkalı traheli olup ilkbahar odununda traheler 1-2 sıralıdır. İlkbahar-yaz odununa geçiş *Quercus robur*dan hızlıdır. Yaz odunu traheleri radyal olarak sıralanmaktadır (As vd., 2001). Sapsız meşenin diri odunu 2-5 cm genişliğinde, sarımsı beyaz renkte iken öz odunu açık kahverengi ile sarımsı kahverenginde giderek koyulaşmaktadır. Tekstürü, kaba, iğne çizikli, genellikle düzgün fakat bazen düzensiz lifli olup yetiştirme koşullarına bağlı olarak çapraz liflilik görülebilmektedir. Parlak görünümünün sebebi radyal kesitler üzerinde geniş özışınların olmasıdır. Traheler, ilkbahar odununda çok miktarda tülle dolu ve çok büyük halka şeklinde sıralanmışken yaz odununda küçük, açık renkte radyal sıralı ve şule şeklinde görünüşe sahiptir (Bozkurt ve Erdin, 1989).

Trahelerin ortalama teğet çapı, ilkbahar odununda 400µm iken yaz odununda 30-140µm arasında olup ve trahelerin içleri genellikle fazla miktarda tüllerle doludur. Perforasyon tablaları basit tiptedir. Boyuna paransim hücreleri paratrahcal ve apotrahceal yapıda iken öz ışınları homojen tek ve çok sıralıdır (As vd., 2001). Halkalı büyük traheli olan sapsız meşenin ilkbahar odununda traheler çok sıralı iken yaz odununda radyal yönde ve genellikle çatal şeklinde sıralanmaktadır. İlkbahar odunundan yaz odununa geçiş anidir. Öz ışınları homojen olup geniş ve dar olmak üzere iki genişliğe sahiptir. Geniş öz ışınları 6-80mm yükseklik, 500-1000µ genişlikte iken dar öz ışınları 80-240µ veya 1 hücre genişliğindedir. Lifleri, libriform lifleri, lif traheidleri ve vassisentrik trahediler oluşturmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 1989). Esas doku kalın çeperli

libriform lifleri, lif trahedileri ve vasisentrik trahedilerden oluşmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 2000). Sapsız meşe odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 3.4' de gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. Sapsız Meşe odununun karşılaştırmalı bazı fiziksel ve mekanik özellikleri (Büyüksarı, 2011)

Kaynak	D_0 (g/cm ³)	D_{12} (g/cm ³)	Elastikiyet Modülü (N/mm ²)	Eğilme Direnci (N/mm ²)	Liflere Paralel Basma Direnci (N/mm ²)	Liflere Paralel Çekme Direnci (N/mm ²)	Dinamik Eğilme Direnci (kpm/cm ²)
Bozkurt ve Erdin, 2000	0.65	0.69	11500	86	60	88	0.59
Şanlı, 2008	0.716	-	13882.2	132.2	64.1	-	-
Gürsu, 1966	0.666	-	11300	118.5	60.6	-	0.68

D_0 = Tam kuru yoğunluk, D_{12} = hava kurusu yoğunluk

Meşe ve kayın ağaçlarının kesildiği ormanın meşcere özellikleri Çizelge 3.5' de gösterilmiştir.

Çizelge 3. 5. Meşe ve kayın ağaçlarının alındığı ormanın meşcere özellikleri

Özellik	Değer
Yükseklik	1055-1200 m
Bakı	Kuzey-Doğu
Koordinat	41°-00'-44,5" Kuzey / 32°-04'-25,9" Doğu
Meşcere Tipi	KnMCD2
Eğim	%60
Alan	25 hektar
Kayın (Yaş)	140 yaş
Meşe (Yaş)	170 yaş

3.1.4. Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.)

Doğu Kayını, Türkiye'de Karadeniz Sahilleri, Kocaeli, Marmara Kıyıları ve Batı Anadolu'da yayılış gösteren yapraklı ağaç türüdür (Doğu vd., 2001). Doğu Kayını 30-40m'ye kadar boylanabilen ve 1m'ye kadar çap yapabilen düzgün gövdeli bir

ağaç türüdür (Malkoçoğlu, 1994; Gören, 2013). Doğu Kayını, işlenme özelliği iyi, kurutulması güç, dayanıklılığı az ve emprenye edilmesi orta olan bir ağaç türü olarak; direk, travers, kaplama-kontrplak, ambalaj malzemesi, yapı malzemesi, mobilya, ev ve süs eşyası, alet sapı, lif-yonga levha ve odun kömürü gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır (Doğu vd., 2001).

Dağınık ve küçük çaplı traheli, kırmızımsı beyaz oduna sahip ve olgun odun özelliği götseren bir ağaç türüdür. Diri ve öz odun arasında renk farkı yoktur. Odunu sert ve ağır olan Doğu Kayını'nda 80 yaşından itibaren kırmızı yürek oluşumu olarak bilinen öz odun meydana gelir (Bozkurt ve Erdin, 2000). Yıllık halka sınırları belirgin olup geniş öz ışınları çıplak göz ile görülebilmekte (As vd., 2001) ve 0.5-0.1mm arasında uzanan kalın özışınları yıllık halka sınırlarında genişlemektedir (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Doğu kayını odununda ortalama olarak %33.9 trahe, %45.8 libriform lifleri ve %20.3 özışını hücreleri bulunmaktadır (Şanlı, 1977; Büyüksarı, 2011). İlkbahar ve yaz odununda lif uzunluğu, lif genişliği, lümen çapı ve lif çeper kalınlığı sırasıyla 1.24 mm ve 1.24 mm, 20.2 µm ve 17.9 µm, 9.75 µm ve 6.2 µm, 5.11 µm ve 5.66 µm değerlerindedir. Bozkurt ve Erdin (2000)'e göre 60-80µm arasında çapa sahip traheler mm²'de 80-180 adet ile fazlaca yer almakta ve şekillleri yuvarlak, oval ya da köşeli olmaktadır. Perforasyon tablası basit olup yaz odununda küçük çaplı trahelerde 20 bölmeye kadar merdivenimsi bir yapıya sahiptir. Boyuna paransim hücreleri apotracheal (vasküler traheidler ile bağlantılı ya da onların devamı olmayan) dağınık ve teğet sıralıdır. Öz ışınları genellikle homojen fakat bazen heterojen olabilirken genişlikleri 1-25 hücre genişliğinde olabilmektedir (As vd., 2001). Dar öz ışınları 1-5 hücre genişliğinde ve 500µm yüksekliğinde iken geniş öz ışınları birkaç mm yüksekliğinde olup libriform lifleri genellikle odunun esas dokusunu oluşturmakta ve odunda az miktarda lif trahedileri barındırmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 2000).

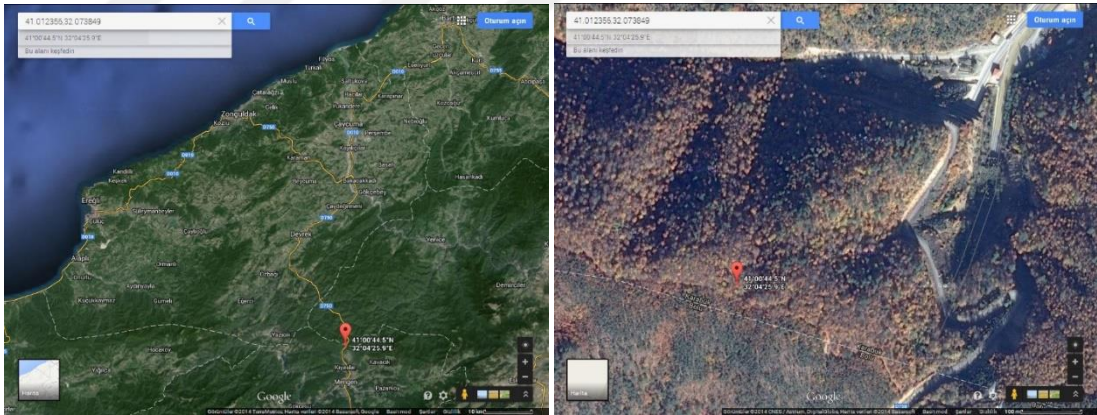
Doğu kayını odunununun karşılaştırmalı bazı fiziksel ve mekanik özellikleri çizelge 3.6' da gösterilmiştir.

Çizelge 3.6. Doğu kayını odununun karşılaştırmalı bazı fiziksel ve mekanik özellikleri (Büyüksarı, 2011)

Kaynak	D_0 (g/cm ³)	D_{12} (g/cm ³)	Elastikitey Modülü (N/mm ²)	Eğilme Direnci (N/mm ²)	Liflere Paralel Basma Direnci (N/mm ²)	Liflere Paralel Çekme Direnci (N/mm ²)	Dinamik Eğilme Direnci (kpm/cm ²)
Bozkurt ve Erdin, 2000	0.68	0.72	15700	120	60	132	0.98
Malkoçoğlu, 1994	0.645	0.669	13082.2	112.3	57.2	131.6	0.95
Güler ve Bektaş, 2000	-	-	12750	120.1	-	-	-
Erdinler, 1999	0.672	0.712	11621.7	96.04	62.9	-	0.91

D_0 = Tam kuru yoğunluk, D_{12} = hava kurusu yoğunluk

Şekil 3.2' de Zonguldak-Devrek Dorukhan Tüneli mevki bölgesinde Meşe ve kayın ağaçlarının kesildiği lokasyonun koordinatları Google earth uydu görüntüsü ile gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Meşe ve kayın ağaçlarının kesim alanlarının Google earth uydu görüntüsü

3.2. Yöntem

Bu çalışmada Türkiye' de yetişen önemli ağaç türlerinde (Toros sediri, kızılçam, sapsız meşe ve Doğu kayını) rutubet ve sıcaklığın bazı ortotropik mekanik özelliklere etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla çalışmanın ilk kısmında dört farklı bağıl nem seviyelerinde (50, 65, 85 ve %95) rutubetin bazı ortotropik mekanik

özelliklere etkisini araştırmak için belirlenen türlerde üç farklı yöde (L:Lif yönü, R: Radyal yön, T: Teğet yön) basma testleri yapılmış ve testlerden basma direnci, basmada elastikiyet modülü (Young modülü) ve Poisson oranları hesaplanmıştır.

Çalışmanın ikinci kısmında sıcaklığın bazı ortotropik mekanik özelliklere etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla deney örnekleri 2-5-8 saat, 120-150-180-210 °C sıcaklığa maruz bırakılmıştır. Hazırlanan deney örnekleri ile eğilme testi yapılarak eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü hesaplanmıştır. Üç farklı yöde (L, R, T) basma testi yapılan örneklerden de basma direnci, young modülü ve altı farklı poisson oranı (ν_{LR} , ν_{RL} , ν_{LT} , ν_{TL} , ν_{RT} , ν_{TR}) hesaplanmıştır.

3.2.1. Deney örneklerinin hazırlanması

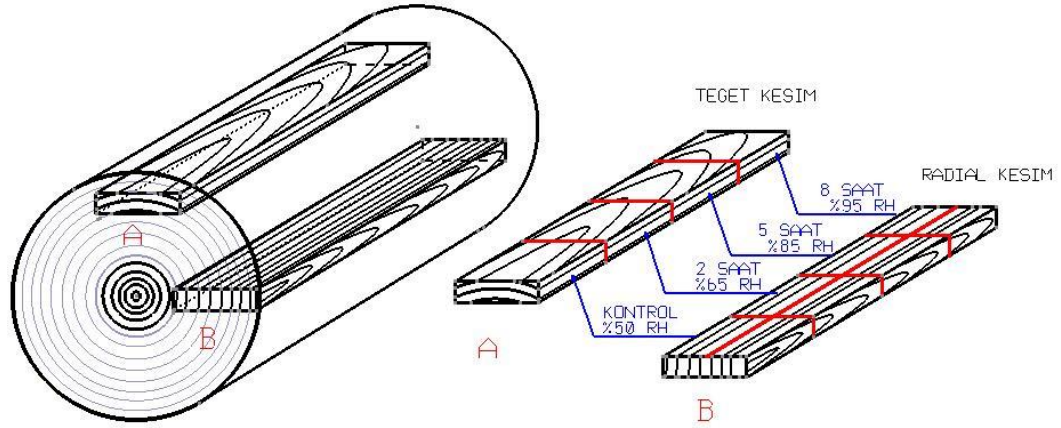
Zonguldak-Devrek Orman İşletme Őefliğı Dorukhan tüneli mevkiinden Doğu kayını ve sapsız meşe, Burdur-Bucak Orman İşletme Őefliğinden sedir ve kızılçam ağaçları yön, meyil, çap, yükselti, sıklık vb. yetişme ortamı özellikleri göz önüne alınarak seçilmiştir. Her ağaçta kuzey yönü işaretlenmiş 1.30 m'deki göğüs çapı, taç tabanı genişliğı ve ağaç boyu belirlendikten sonra ağaç gövdesinin kökten itibaren 1-3 m arasındaki kısım kesilerek ayrılmıştır. Ortalama 50 cm çapındaki her bir ağaç türünden 5 adet tomruk kesimi yapılmıştır. Çizelge 3.7'de deneme ağaçlarının çapları gösterilmiştir. Seçilen ağaçların düzgün gövdeli, silindirik ve az budaklı olmasına dikkat edilmiş, azman, cılız, reaksiyon odunu ya da çürüklük içeren ağaçların alınmasından kaçınılmıştır.

Çizelge 3.7. Deneme ağaçlarının çapları

Tür	Çap	Tür	Çap	Tür	Çap	Tür	Çap
Kızılçam-1	43	Sedir-1	45	Kayın-1	56	Meşe-1	54
Kızılçam-2	44	Sedir-2	43	Kayın-2	60	Meşe-2	60
Kızılçam-3	40	Sedir-3	46	Kayın-3	60	Meşe-3	61
Kızılçam-4	47	Sedir-4	45	Kayın-4	55	Meşe-4	56
Kızılçam-5	42	Sedir-5	41	Kayın-5	54	Meşe-5	54

Tomruklar hidrolik sistemli tomruk kesme makinesi ile 10 cm kalınlığında

keresteler haline getirilerek doğal kurumaya bırakılmıştır. Doğal kurumaya bırakılan kerestelerin rutubetleri kontrol edilerek lif doygunluğu noktasına (LDN) gelmeleri beklenmiştir. LDN'ye ulaştıktan sonra, keresteler 3 farklı yönde (lif yönü, radyal, teğet) kesitler (22x70 mm) elde edilecek şekilde latalar kesilmiştir. Bu latalar da weinig profil makinesinde dört yüzeyi istenilen kalınlıkta (20 mm) işlenmiştir. Daha sonra elde net kalınlık ölçüsündeki keresteler daire testere makinesinde lif yönü, radyal, teğet olacak şekilde söz konusu deneylerin standartlarına göre basma (20x20x60 mm) ve eğilme testi örnekleri (20x20x350 mm) hazırlanmıştır. Bütün deney örneklerine eşleştirme uygulanmıştır. Deney örneklerinin tomruklardan kesilme şekli şekil 3.3'de gösterilmiştir. Deney örnekleri hazırlanırken budaksız, düzgün lifli, çatlağı olmayan, mantar ve böceklerden zarar görmemiş olmasına dikkat edilmiştir. Çalışmada uygulanan deneme deseni aşağıda gösterilmiştir (Çizelge 3.8).



Şekil 3.3. Deney örneklerinin tomruklardan kesilmesi (üst), elde edilen test örnekleri (alt)

Çizelge 3.8. Yapılan çalışmaların deneme deseni

	Varyasyonlar	T.Ö.S.	B.D.	Y.M.	ν	E.M.	E.D.
Rutubet etkisi	%50 RH	180 B.T.	✓	✓	✓		
	%65 RH	180 B.T.	✓	✓	✓		
	%85 RH	180 B.T.	✓	✓	✓		
	%95 RH	180 B.T.	✓	✓	✓		
Sıcaklığın etkisi	120°C (0-2-5-8 Saat)	968 B.T. 179 E.T.	✓	✓	✓	✓	✓
	150°C (0-2-5-8 Saat)	1106 B.T. 179 E.T.	✓	✓	✓	✓	✓
	180°C (0-2-5-8 Saat)	1125 B.T. 171 E.T.	✓	✓	✓	✓	✓
	210°C (0-2-5-8 Saat)	1089 B.T. 183 E.T.	✓	✓	✓	✓	✓

T.Ö.S.: Test edilen örnek sayısı, B.D.: Basma direnci, Y.M.: Young modülü, ν: Poisson oranı, E.M.: Eğilmede elastikiyet modülü, E.D.: Eğilme direnci

3.2.2. Fiziksel özellikler

Çalışmada fiziksel özelliklerden, her bir ağaç türünün hava kuru ve tam kuru yoğunlukları ile rutubet miktarları ilgili standartlara uygun olarak hesaplanmıştır.

3.2.2.1. Hava kuru ve tam kuru yoğunluk değerlerinin bulunması

Yoğunluk denemeleri TS 2472 standardına göre yapılmıştır. Bunun için 20×20×30 mm ölçülerinde kare prizma şeklinde örnekler hazırlanmıştır. Hava kuru yoğunluğun tespiti için örnekler %65 ±1 bağıl nem ve 20 ±0.5 °C sıcaklıkta kondisyonlanarak, %12 (hava kuru) rutubete getirilmiştir. Örneklerin % 12 rutubetteki ağırlıklarının hacimlerine oranından hava kuru yoğunlukları hesaplanmıştır (Denklem 3.1).

Tam kuru yoğunluk denemeleri için örnekler 103 ±2 °C sıcaklıktaki kurutma fırınında değişmez ağırlığa gelene kadar bekletilmiştir. Kurutulan örnekler hassas terazide tartılarak ağırlıkları bulunmuştur. Tam kuru haldeki örnekler dijital kumpas ile ölçülerek hacimleri hesaplanmış ve ağırlıklarını hacimlerine oranlayarak tam kuru yoğunluk değerleri hesaplanmıştır (Denklem 3.2).

$$\delta_{12} = m_{12}/V_{12} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \quad (3.1)$$

$$\delta_0 = m_0 /V_0 \text{ (gr/cm}^3\text{)} \quad (3.2)$$

Burada δ_{12} hava kurusu yoğunluğu (gr/cm³), m_{12} Denge rutubet miktarındaki ağırlığı (gr), V_{12} denge rutubet miktarındaki hacimi (cm³), δ_{12} tam kuru yoğunluğu (gr/cm³), m_{12} tam kuru ağırlığı (g), V_{12} tam kuru hacimi (cm³) ifade etmektedir.

3.2.2.2. Rutubet tayini

Deney örneklerinin rutubet tayini kurutma metodu ile TS 2471 standardına göre yapılmıştır. 20x20x30 mm ölçülerinde hazırlanan örnekler %65 ±1 bağıl nem ve 20 ±0.5 °C sıcaklıkta kondisyonlandıktan sonra hemen tartılıp sonra 103 ±2 °C derecede kurutma dolabında kurutulmuştur. Örnekler kurutma dolabında ağırlıkları sabit kalıncaya kadar bekletilmiştir. Örnekler fırından alınarak hemen tartılmış ve denklem 3.3' e göre rutubet miktarı hesaplanmıştır.

$$\text{DRM (\%)} = [(M_r - M_o)/M_o] \times 100 \quad (3.3)$$

Burada, DRM (%) Denge rutubet miktarını, M_r = İklimlendirme odası şartlarında ulaşılan ve değişmeyen rutubetli ağırlığı (gr), M_o Tam kuru ağırlığı (gr), ifade etmektedir.

3.2.3. Rutubetin test edilen özellikler üzerine etkisi

Rutubetin bazı ortotoropik mekanik özelliklere etkisi İsviçre Zürih Federal Teknoloji Enstitüsü (ETH), odun fiziği laboratuvarında Zwick 100 üniversal test makinesi kullanılarak yapılmıştır. 20x20x600 mm ölçülerinde hazırlanan kusursuz deney örneklerinin test öncesinde iki bitişik yüzeyine yüksek zıtlık çözünürlüklü noktalı tekstür oluşturmak için önce akrilik beyaz boya, sonra siyah boya, hava tabancası yardımıyla püskürtülmüştür (Şekil 3.4). Hazırlanan deney örnekleri 20°C sıcaklık, 50, 65, 85 ve %95 bağıl nem seviyelerinde dört gruba ayrılarak iklimlendirme odalarında bekletilmiştir. Rutubet miktarı değişikliği etkisini en aza indirmek için deney örnekleri iklimlendirme

odasından çıkarılıp hemen test edilmiştir.



Şekil 3.4. Deney örneklerin boyanması

3.2.3.1. Basma direnci

Çalışmanın bu kısmında üç farklı yönde (L, R, T), dört farklı rutubet miktarında (50-65-85-%95) basma dirençleri hesaplanmıştır. Deney örnekleri kare prizma şeklinde 20x20x600 mm ölçülerinde hazırlanmıştır. Basma deneyi örneği ve test düzeneği şekil 3.5’de gösterilmiştir. Basma direnci %0.2 akma (yield) değeri kullanılarak denklem 3.4’ e göre hesaplanmıştır.

$$f_c = \frac{P_{\max}}{A} \quad (3.4)$$

Burada, f_c basma direncini (MPa), P_{\max} kırılma anındaki maksimum kuvveti (N), A Deney numunesinin kesit alanını (mm^2) ifade etmektedir.



Şekil 3.5. Basma testi deney örneği ve test düzeneği

3.2.3.2. Şekil değişimlerinin hesaplanması

Deney örneklerinin test öncesinde iki bitişik yüzeyi yüksek zıtlık çözünürlüklü noktalı tekstür oluşturmak için önce akrilik beyaz boya, sonra siyah boya kullanılarak hava tabancası ile püskürtme yöntemiyle boyanmıştır. Oluşturulan bu noktalı zıtlık DIC programında enine ve boyuna yönlerdeki şekil değiştirmelerin hesaplanmasında kullanılmıştır.

Basma testleri sırasında basma örneğinin bitişik iki yüzeyindeki noktalı tekstür iki adet CCD kameralar ile kaydedilmiştir. Kameralar örnek yüzeyine tam dik olacak şekilde yerleştirilmiştir. Test süresince resimler örneklerin yüzeyinden 4 Hz frekansında alınmıştır. Noktalı yüzeyden alınan görüntünün çözünürlüğü 650x830 pikseldir. Test sırasında saniyede dört resim karesi TIFF dosyası olarak kaydedilmiştir. Tekstür yüzeyi ayrıca bir ışık kaynağı ile ışıklandırılmıştır. Testler sırasında elde edilen resimler şekil değiştirme hesaplama programı (VIC 2D) ile hesaplanmıştır (DIC DigitalImageCorrelated). Şekil değişimleri çapraz korelasyon algoritması temel alınarak hesaplanmıştır. Bu algoritma bitişik yüzey arasındaki çapraz korelasyon maksimizasyonu ile deformasyon sonrası en uygun desenin (model) yerini göstermektedir.

Noktaların yer değiştirmesi ile Şekil değiştirme kesin olarak hesaplanmıştır. Yer değiştirmelerin çözünlüğü pikselin 1/100' ü kadardır. İki boyutlu yer değiştirmelerin hesaplanmasından sonra yük yönünde ortalama Şekil değiştirme ve ortalama enine yöndeki genişleme hesaplanmıştır.

3.2.3.3. Young modülü

Dört farklı rutubet seviyesinde (%50, 65, 85 ve 95 RH) klimatize edilen test örneklerinin üç farklı yönde (E_L , E_R , E_T) young modülünün belirlenmesinde basma direnci deney örneklerinden yararlanılmıştır. VIC 2D programı kullanılarak elde edilen Şekil değiştirme miktarları young modülünün hesaplanmasında kullanılmıştır. Young modülü malzemenin elastik davranış gösterdiği bölgedeki gerilmenin (σ) Şekil değiştirmeye (ϵ) oranından hesaplanmıştır (Denklem 3.5).

$$E = \frac{\Delta\sigma_i}{\Delta\epsilon_i} = \frac{\sigma_{i,2} - \sigma_{i,1}}{\epsilon_{i,2} - \epsilon_{i,1}} \text{ (MPa)} \quad i \in R, L, T \quad (3.5)$$

Burada, E Young modülünü, σ_i Şekil değiştirmeyi, ϵ_i Gerilmeyi temsil etmektedir.

3.2.3.4. Poisson oranı

Poisson oranı pasif Şekil değişikliğinin (genişleme) aktif Şekil değiştirmeye (kısalma) oranı olarak tanımlanmaktadır. Dört farklı rutubet miktarında (%50, 65, 85 ve 95 RH), üç farklı yöndeki (L, R, T) Poisson oranları (ν_{LR} , ν_{RL} , ν_{LT} , ν_{TL} , ν_{RT} , ν_{TR}) basma testlerinde örneğin enine yöndeki genişlemenin boyuna yöndeki kısılmaya oranından hesaplanmıştır. Poisson oranı denklem 3.6' ya göre hesaplanmıştır.

$$\nu_{ij} = -\frac{\epsilon_j}{\epsilon_i} \quad (3.6)$$

Burada; ϵ_j basma örneğindeki genişlemeyi, ϵ_i yükleme yönündeki kısılmayı

temsil etmektedir.

3.2.4. Sıcaklığın test edilen özellikler üzerine etkisi

Sıcaklığın ortotropik mekanik özellikler üzerine etkisi Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Mekanik Test Laboratuvarında bulunan 5 ton kapasiteli “Üniversal Test Cihazı” kullanılarak yapılmıştır. Deney örnekleri dört farklı sıcaklık (120-150-180-210 °C) ve üç farklı sürede (2-5-8 saat) atmosferik ortamda etüvde sıcaklığa maruz bırakılmıştır. Her sıcaklık grubuna ait kontrol örnekleri kullanılmıştır. Deney örnekleri sıcaklığa maruz bırakıldıktan sonra %65 ±1 bağıl nem ve 21 ±0.5 °C sıcaklıkta klimatize edilerek test edilmiştir. Yüzde değişim miktarları kontrol örneklerine göre hesaplanmıştır.

3.2.4.1. Eğilme direnci

Eğilme direncinin hesaplanmasında TS 2474’de belirtilen esaslara uyulmuştur. Örnek boyutları 20x20x350 mm olmak üzere hazırlanmıştır. Hazırlanan deney örnekleri %65 ±1 bağıl nem ve 20 ±0.5 °C sıcaklıkta klimatize edilerek, %12 (hava kurusu) rutubete getirilmiştir.

Deney örneklerinin üzerine konulduğu mesnet noktaları arasındaki açıklık 300 mm olarak ayarlanmıştır. Deneylerde yük örneklerin tam ortasında uygulanmıştır. Yükleme hızı 6 mm/dak olarak ayarlanmıştır. Eğilme direnci denklem 3.7’ye göre hesaplanmıştır.

$$E. D. = \frac{3PL}{2bh^2} \text{ (MPa)} \quad (3.7)$$

Burada, E.D. eğilme direncini, P kırılma anındaki maksimum kuvveti (N), L mesnet açıklığını (mm), b örnek genişliğini (mm), h örnek yüksekliğini (mm) ifade etmektedir.

3.2.4.2. Eğilmede elastikiyet modülü

Eğilmede elastikiyet modülü TS 2478' de belirtilen esaslara uyularak belirlenmiştir. Üniversal test makinesinde gerçekleştirilen deneylerden yükleme sırasındaki yük deformasyon grafikleri elde edilmiştir. Bu grafiklerden elastik bölgedeki birim yüklemeye karşılık gelen deformasyonlar belirlenerek elastikiyet modülü denklem 3.8' e göre hesaplanmıştır. Eğilme deney örneği ve test düzeneği şekil 3.6'da gösterilmiştir.

$$E. M. = \frac{\Delta F \times L^3}{\Delta d \times 4 \times b \times h^3} \text{ (MPa)} \quad (3.8)$$

Burada, E.M. eğilmede elastikiyet modülünü, ΔF yüklemeler arasındaki farkı (F_2-F_1), L dayanaklar (destek) arasındaki mesafeyi (mm), b deney parçalarının genişliğini, h deney parçasının kalınlığını, Δd ($F_2 - F_1$) kuvvet artışı nedeniyle deney parçası uzunluğunun ortasında meydana gelen sehim artışını (mm) ifade etmektedir.



Şekil 3.6. Eğilme deneyi örneği ve test düzeneği

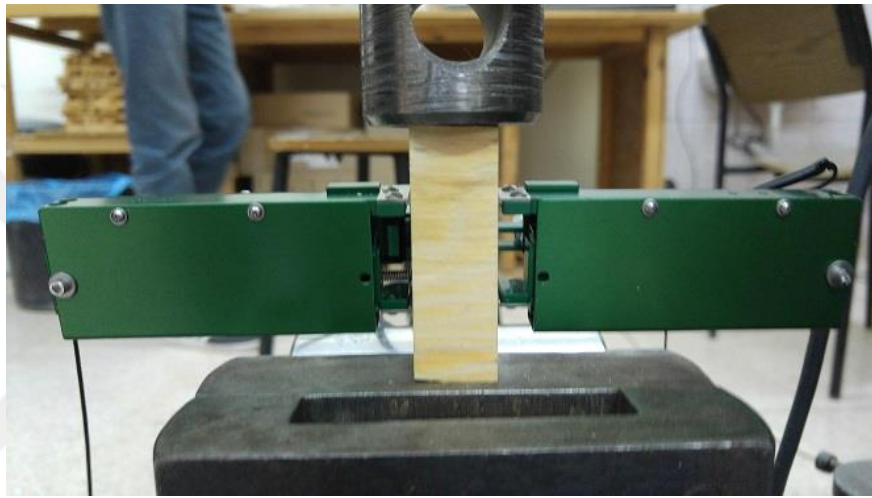
3.2.4.3. Basma direnci

Deney örnekleri kare prizma şeklinde 20x20x600 mm ölçülerinde hazırlanmıştır. Hazırlanan deney örnekleri %65 \pm 1 bağıl nem ve 20 \pm 0.5 °C

sıcaklıkta klimatize edilerek, %12 (hava kurusu) rutubete getirilmiştir.

Basma testi deneyleri 5 ton kapasiteli üniversal test makinesinde yapılmıştır. Deneylerde yükleme hızı 6 mm/dak olarak ayarlanmıştır. Basma deneyi örneği ve test düzeneği şekil 3.7’de gösterilmiştir. Basma direnci denklem 3.9’ a göre hesaplanmıştır.

$$f_c = \frac{P_{max}}{A} \quad (3.9)$$



Şekil 3.7. Basma testi örneği, test düzeneği ve bi-aksiyal ekstansometre

3.2.4.4. Young modülü

Young modülünün belirlenmesinde basma direnci deney örneklerinden yararlanılmıştır. Young modülünün hesaplanabilmesi için bi-aksiyal (çift eksenli) ekstansometre kullanılmıştır. Young modülü malzemenin elastik davranış gösterdiği bölgedeki gerilmenin (σ) şekil değiştirmeye (ϵ) oranından hesaplanmıştır (Denklem 3.10).

$$E = \frac{F \times L_0}{A_0 \times \Delta L} \quad (\text{MPa}) \quad (3.10)$$

Burada, E basma elastikiyet modülünü (Young modülü), F basma anındaki yükü (N), L_0 ekstansometre ölçüm aralığını (25 mm), A_0 enine kesit alanını, ΔL kısalmayı ifade etmektedir.

3.2.4.5. Poisson oranı

Basma testi sırasında bi-aksiyal ekstansometre ile yükleme sırasındaki örneklerdeki kısalma ve enine yöndeki genişleme ölçülmüştür. Poisson oranı basma örneğinde enine yöndeki genişlemenin boyuna yöndeki kısılmaya oranını ifade etmektedir. Poisson oranı denklem 3.11' e göre hesaplanmıştır.

$$\nu_{ij} = -\frac{\varepsilon_j}{\varepsilon_i} \quad (3.11)$$

3.2.5. İstatistiksel analiz

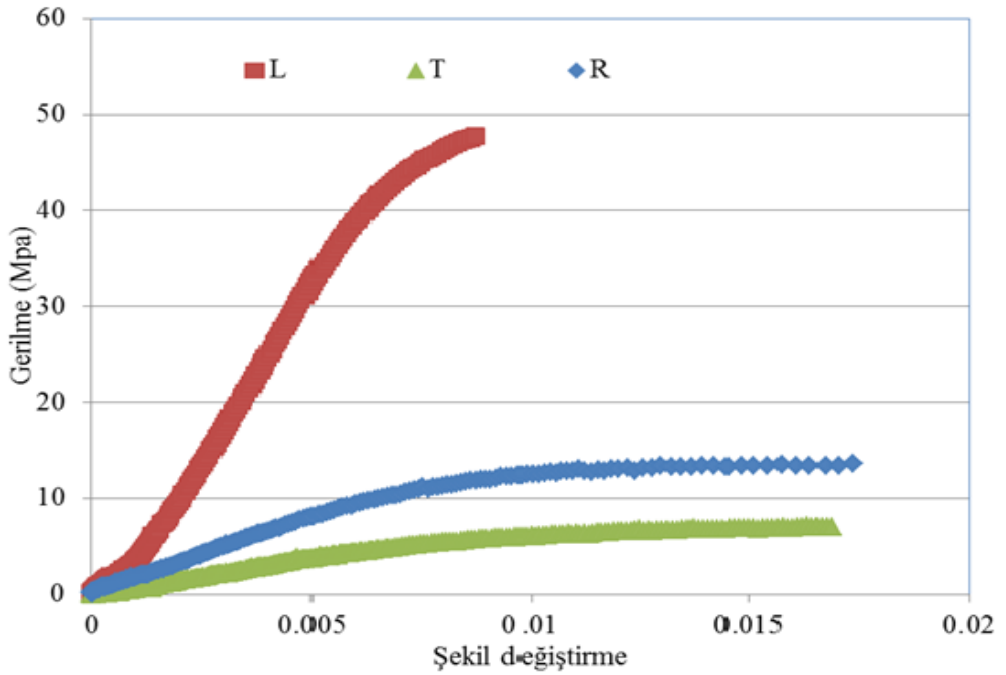
Çalışmada elde edilen veriler SPSS V20 paket programı kullanılarak ve % 95 güven düzeyi esas alınarak analiz edilmiştir. İstatistiksel çalışmada, testlerden elde edilen sonuçların kontrol örneklerine göre yüzde değişim miktarları kullanılmıştır. Kontrol örnekleri ile test edilen örneklerin arasında, araştırılan özelliklere ilişkili olarak istatistiksel anlamda bir fark olup olmadığı basit varyans analizi ile belirlenmiştir. Rutubet ve sıcaklığın odunun ortotropik mekanik özelliklere etkisi anlamlı çıkması halinde DUNCAN testi uygulanarak gruplar arası farklar ortaya konulmuştur.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Rutubetin Test Edilen Özellikler Üzerine Etkisi

Ahşabın genel mekanik davranışı bilinirken, rutubete bağlı ortotropik elastik ve direnç özellikleri ile ilgili çalışmalar kısıtlıdır. Ahşabın anizotropik ve higroskopik yapısı göz önüne alındığında, mekanik davranışının karakterize edilebilmesi için üç farklı anizotropik yönde rutubete bağlı özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Çalışmanın bu kısmında sedir, kızılçam, meşe ve kayın odununda farklı rutubet seviyelerinde anizotropik elastik ve direnç özellikleri sunulmuştur. Seçilen elastik ve direnç parametreleri anizotropik Young modülü, basma direnci ve poisson oranlarıdır. Bütün türlerde rutubete bağlı elastik ve direnç özelliklerinin farklı olduğu görülmüştür. Bazı poisson oranları hariç, rutubet seviyesinin artmasıyla elastik ve direnç özelliklerinde azalma olduğu görülmüştür.

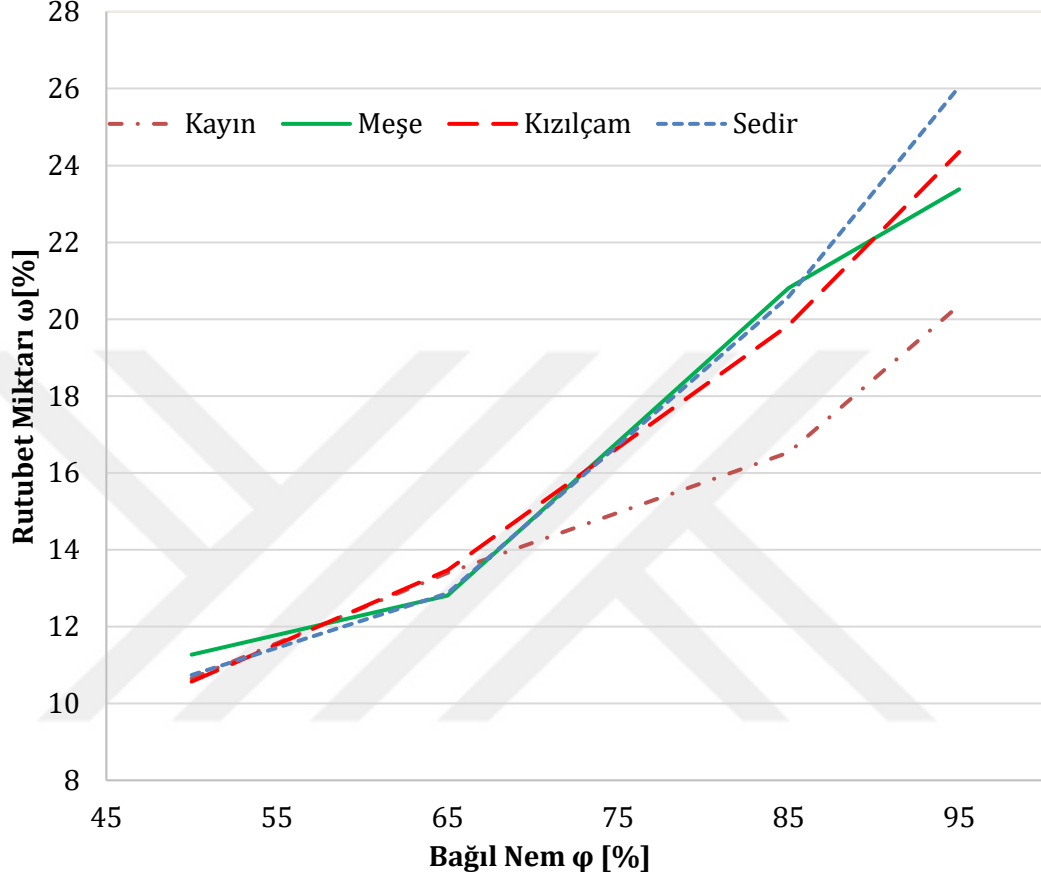
Şekil 4.1' de basma testlerinde elde edilen ortalama gerilme-şekil değiştirme eğrileri gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Testlerden elde edilen ortalama gerilme-şekil değiştirme eğrileri

4.1.1. Fizksel özellikler

50-65-85 ve %95 bağıl nem seviyelerinde şartlandırılmış deney örneklerinin rutubet miktarının bağıl nem seviyeleriyle ilişkisi Şekil 4.2' de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Bağıl nem ve rutubet miktarı arasındaki ilişki

50-65-85 ve %95 bağıl nem seviyelerinde şartlandırılmış odun örneklerinin tam kuru yoğunluk, hava kuru yoğunluk ve rutubet miktarı değerleri Çizelge 4.1' de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Test edilen örneklerin fiziksel özelliklerine ait bulgular

	φ [%]	N [-]		d_0 [g/cm ³]	d_{12} [g/cm ³]	ω [%]
Sedir	50	15	\bar{x}	0.49	0.53	10.74
			V[%]	2.76	2.76	2.76
	65	15	\bar{x}	0.47	0.56	12.87
			V[%]	7.80	5.96	7.80
	85	15	\bar{x}	0.46	0.56	20.59
			V[%]	8.52	5.25	8.52
	95	15	\bar{x}	0.45	0.59	26.05
			V[%]	8.14	7.54	8.14
Kızılçam	50	15	\bar{x}	0.48	0.53	10.57
			V[%]	5.88	3.76	5.88
	65	15	\bar{x}	0.45	0.54	13.47
			V[%]	3.79	2.72	3.79
	85	15	\bar{x}	0.44	0.54	19.85
			V[%]	3.32	3.24	3.22
	95	15	\bar{x}	0.43	0.56	24.35
			V[%]	2.18	2.29	2.18
Meşe	50	15	\bar{x}	0.58	0.64	11.27
			V[%]	2.79	2.72	2.79
	65	15	\bar{x}	0.57	0.66	12.81
			V[%]	4.43	4.29	4.43
	85	15	\bar{x}	0.56	0.68	20.81
			V[%]	3.33	2.47	3.33
	95	15	\bar{x}	0.55	0.69	23.38
			V[%]	2.55	3.15	2.55
Kayın	50	15	\bar{x}	0.61	0.65	10.65
			V[%]	4.34	3.56	4.34
	65	15	\bar{x}	0.60	0.66	13.4
			V[%]	4.51	2.96	4.51
	85	15	\bar{x}	0.58	0.66	16.53
			V[%]	5.21	3.44	5.21
	95	15	\bar{x}	0.55	0.67	20.36
			V[%]	4.13	2.04	4.13

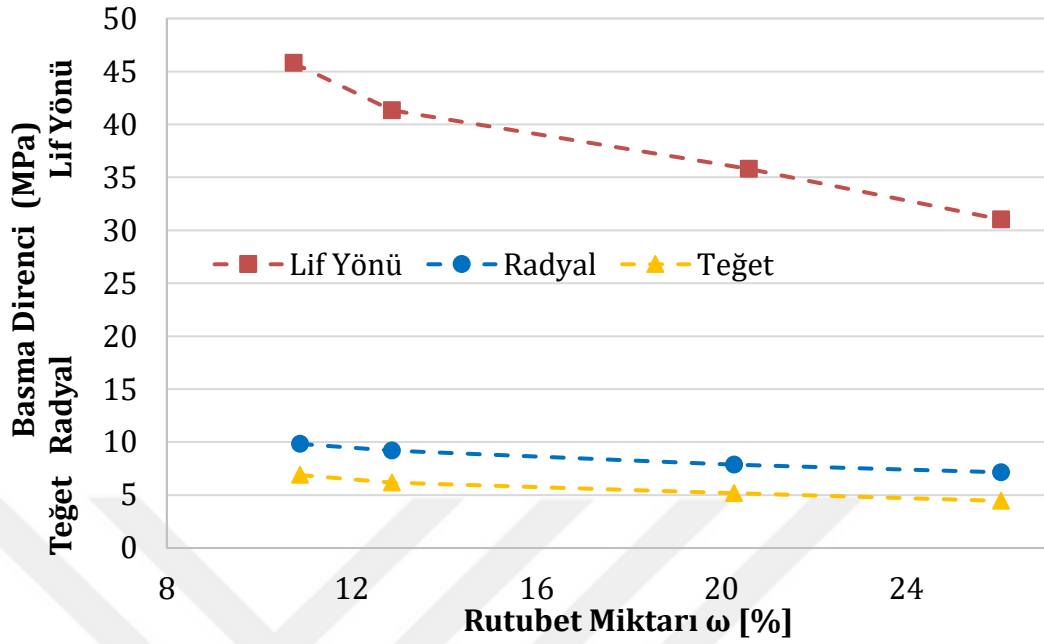
V(%): Varyasyon katsayısı, ω (%): Rutubet miktarı, φ (%): Bağlı nem, N: Örnek sayısı, d_0 : Tam kuru yoğunluk, d_{12} : Hava kuru yoğunluk

4.1.2. Basma direnci

Basma testleri her odun türü için 50-65-85 ve %95 bağlı nem seviyelerinde ve lif yönü, radyal ve teğet yönlerde olmak üzere gerçekleştirilmiştir.

Sedir odununun lif yönü, radyal ve teğet yönlerdeki basma direnci değerlerinin rutubet miktarı arasındaki ilişki Şekil 4.3' de gösterilmiştir. Basma direnci ve

rutubet miktarı arasında doğrusala yakın bir ilişki olduğu görülmektedir.



Şekil 4.3. Sedir odununun L, R ve T yönlerdeki basma direnci ve rutubet miktarı arasındaki ilişki

Sedir odununun L, R ve T yönlerdeki odun örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı ($\omega\%$), basma direnci değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve DUNCAN grupları Çizelge 4.2' de gösterilmiştir. Lif yönündeki en yüksek basma direnci değeri %50 bağıl nem seviyesinde (45.79 MPa), en düşük basma direnci seviyesi de %95 bağıl nem seviyesinde (31.02 MPa) elde edilmiştir. Radyal yöndeki basma direnci değerleri 9.83-7.15 MPa arasında bulunmuştur. Teğet yönlerdeki basma direnci değerleri ise 6.89-4.45 MPa arasındadır. Her üç yönde de (L, R ve T) en yüksek basma direnci %50 bağıl nem seviyesinde bulunurken, en düşük basma direnci değeri %95 bağıl nem seviyesinde bulunmuştur. Bütün yönlerde rutubet miktarı artarken basma direnci değeri azalmıştır. L,R ve T yönlerinde sedir odununun basma direnci değerleri arasında yaklaşık 6.68:1.49:1 oran vardır. Sedir odununun basma direnci değerlerinin varyasyon katsayıları %1.50 ile %13.86 arasında değişmektedir. L, R ve T yönlerinde rutubet seviyesinde ki %1 lik değişimden dolayı basma direnci değerlerindeki değişim sırasıyla yaklaşık %1, %0.17 ve 0.17' (6:1:1) tir.

Çizelge 4.2. Sedir odununun L, R ve T yönlerdeki basma direnci değerlerine ilişkin bulgular ve DUNCAN grupları

φ [%]		N	L	D.G.	R	D.G.	T	D.G.
		[-]	[MPa]	L	[MPa]	R	[MPa]	T
50	\bar{x}		45.79		9.83		6.89	
	V[%]	15	6.21	4	1.50	2	12.27	4
	d(gr/cm ³)		0.54		0.56		0.53	
	ω (%)		10.74		10.88		10.50	
65	\bar{x}		41.32		9.21		6.18	
	V[%]	15	5.97	3	13.03	2	13.86	3
	d(gr/cm ³)		0.57		0.57		0.54	
	ω (%)		12.87		12.87		13.80	
85	\bar{x}		35.79		7.86		5.19	
	V[%]	15	7.17	2	11.62	1	10.42	2
	d(gr/cm ³)		0.59		0.58		0.56	
	ω (%)		20.59		20.27		20.72	
95	\bar{x}		31.02		7.15		4.45	
	V[%]	15	8.09	1	8.63	1	12.84	1
	d(gr/cm ³)		0.60		0.59		0.58	
	ω (%)		26.05		26.05		24.50	

V(%):Varyasyon katsayısı, ω (%):Rutubet seviyesi, φ [%]: Bağlı nem, N:Örnek sayısı, L:Lif yönü, R:Radyal yön, T:Teğet yön, D.G.:DUNCAN grubu, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

50-65-85 ve %95 bağıl nem seviyelerindeki basma dirençleri istatistiksel değerlendirilerek rutubet miktarının basma direncine etkisi araştırılmıştır. Sedir odununda lif yönü, radyal ve teğet yönlerde basma direncinin varyans analizleri Çizelge 4.3-4.4-4.5' de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre L, R, ve T yönlerinde, 50-65-85-%95 bağıl nem seviyelerinde basma direnci değerleri arasında 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir. Basma direnci ile rutubet miktarı arasında özellikle lif yönünde doğrusala yakın bir ilişki olduğu görülmektedir (Lif yönü R²:0.825, Radyal yön R²:0.563 Teğet yön R²:0.506). DUNCAN testi sonuçlarına göre basma direncinde L ve T yönünde dört farklı grup, R yönünde iki farklı grup oluşmuştur.

Çizelge 4.3. Sedir odununun basma direncinin lif yönündeki varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	1742.499	3	580.833	86.536	.000
Intercept	86878.321	1	86878.321	12943.664	.000
Rutubet	1742.499	3	580.833	86.536	.000
Hata	369.162	55	6.712		
Toplam	88528.000	59			
Düzeltilmiş Toplam	2111.661	58			
R²	0.825				

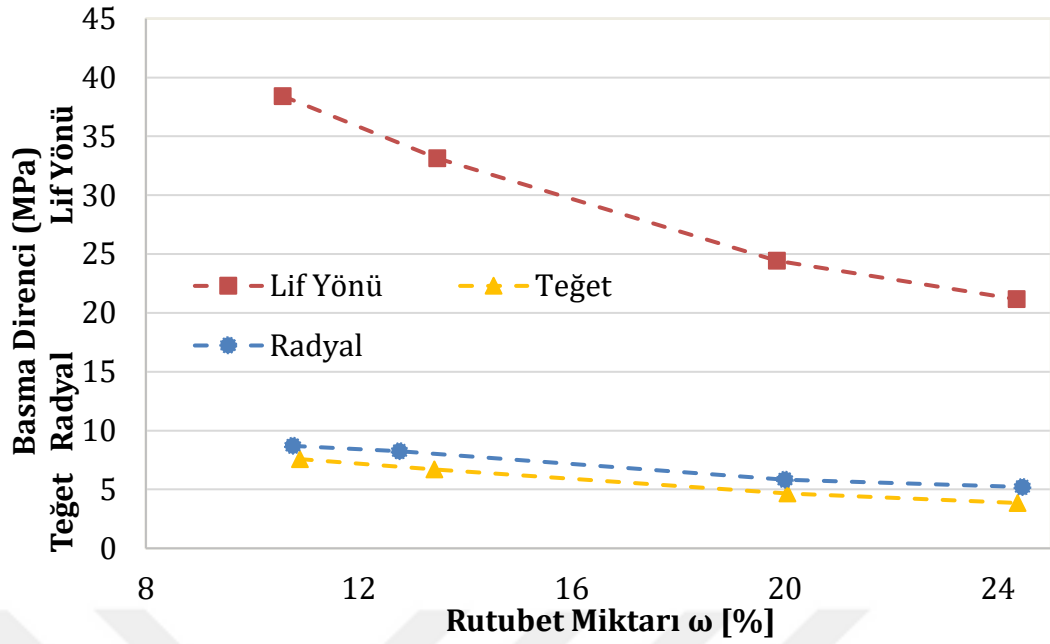
Çizelge 4.4. Sedir odununun basma direncinin radyal yöndeki varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	62.109	3	20.703	23.659	.000
Intercept	4375.453	1	4375.453	5000.146	.000
Rutubet	62.109	3	20.703	23.659	.000
Hata	48.129	55	.875		
Toplam	4467.000	59			
Düzeltilmiş Toplam	110.237	58			
R²	0.563				

Çizelge 4.5. Sedir odununun basma direncinin teğet yöndeki varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	53.019a	3	17.673	18.743	.000
Intercept	1914.400	1	1914.400	2030.238	.000
Rutubet	53.019	3	17.673	18.743	.000
Hata	51.862	55	.943		
Toplam	2007.000	59			
Düzeltilmiş Toplam	104.881	58			
R²	0.506				

Kızılçam odununun lif yönü, radyal ve teğet yönlerdeki basma direnci değerlerinin rutubet miktarı arasındaki ilişki Şekil 4.4' de gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Kızılçam odununun L, R ve T yönlerdeki basma direnci ve rutubet miktarı arasındaki ilişki

Kızılçam odununun L, R ve T yönlerdeki yoğunluk, rutubet miktarı ($\omega\%$), basma direnci değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve DUNCAN grupları Çizelge 4.6' da gösterilmiştir. Lif yönündeki en yüksek basma direnci değeri %50 bağıl nem seviyesinde (38.42 MPa), en düşük basma direnci seviyesi de %95 bağıl nem seviyesinde (21.16 MPa) elde edilmiştir. Radyal yöndeki basma direnci değerleri 8.70-5.21 MPa arasında bulunmuştur. Teğet yönlerdeki basma direnci değerleri ise 7.58-3.85 MPa arasındadır. Her üç yönde de (L, R ve T) en yüksek basma direnci %50 bağıl nem seviyesinde bulunurken, en düşük basma direnci değeri %95 bağıl nem seviyesinde bulunmuştur. Bütün yönlerde rutubet miktarı artarken basma direnci değeri azalmıştır. L,R ve T yönlerinde kızılçam odununun basma direnci değerleri arasında yaklaşık 4.93:1.22:1 oran vardır. Kızılçam odununun basma direnci değerlerinin varyasyon katsayıları %5.03 ile %12.23 arasında değişmektedir. L, R ve T yönlerinde rutubet seviyesinde ki %1 lik değişimden dolayı basma direnci değerlerindeki değişim sırasıyla yaklaşık %1.25, %0.25 ve 0.27' (5:1:1)'dir.

Çizelge 4.6. Kızılçam odununun L, R ve T yönlerdeki basma direnci değerlerine ilişkin bulgular ve DUNCAN grupları

φ [%]		N	L	D.G.	R	D.G.	T	D.G.
		[-]	[MPa]	L	[MPa]	R	[MPa]	T
50	\bar{x}		38.42		8.70		7.58	
	V[%]	15	6.66	4	12.23	3	5.38	4
	d(gr/cm ³)		0.52		0.53		0.54	
	ω (%)		10.57		10.76		10.89	
65	\bar{x}		33.14		8.25		6.71	
	V[%]	15	5.78	3	10.68	3	7.22	3
	d(gr/cm ³)		0.52		0.53		0.54	
	ω (%)		13.47		12.76		13.42	
85	\bar{x}		24.42		5.83		4.67	
	V[%]	15	6.71	2	9.20	2	5.03	2
	d(gr/cm ³)		0.53		0.54		0.55	
	ω (%)		19.85		20.00		20.05	
95	\bar{x}		21.16		5.21		3.85	
	V[%]	15	5.15	1	5.49	1	8.25	1
	d(gr/cm ³)		0.56		0.57		0.56	
	ω (%)		24.35		24.46		24.37	

V(%):Varyasyon katsayısı, ω (%):Rutubet seviyesi, φ [%]: Bağlı nem, N:Örnek sayısı, L:Lif yönü, R:Radyal yön, T:Teğet yön, D.G.:DUNCAN grubu, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

50-65-85 ve %95 bağlı nem seviyelerindeki basma dirençleri istatistiksel değerlendirilerek rutubet miktarının basma direncine etkisi araştırılmıştır. Kızılçam odununda lif yönü, radyal ve teğet yönlerde basma direncinin varyans analizleri Çizelge 4.7-4.8-4.9' da gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre L, R, ve T yönlerinde, 50-65-85-%95 bağlı nem seviyelerinde basma direnci değerleri 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir. Basma direnci ile rutubet miktarı arasında doğrusala yakın bir ilişki olduğu görülmektedir (Lif yönü R²:0.930, Radyal yön R²:0.798 Teğet yön R²: 0.943) . DUNCAN testi sonuçlarına göre basma direncinde L ve T yönünde dört farklı grup, R yönünde üç farklı grup oluşmuştur.

Çizelge 4.7. Kızılçam odununun basma direncinin lif yönündeki varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	2818.785	3	939.595	248.660	.000
Intercept	51454.554	1	51454.554	13617.244	.000
Rutubet	2818.785	3	939.595	248.660	.000
Hata	211.603	56	3.779		
Toplam	54484.943	60			
Düzeltilmiş Toplam	3030.389	59			
R²	0.930				

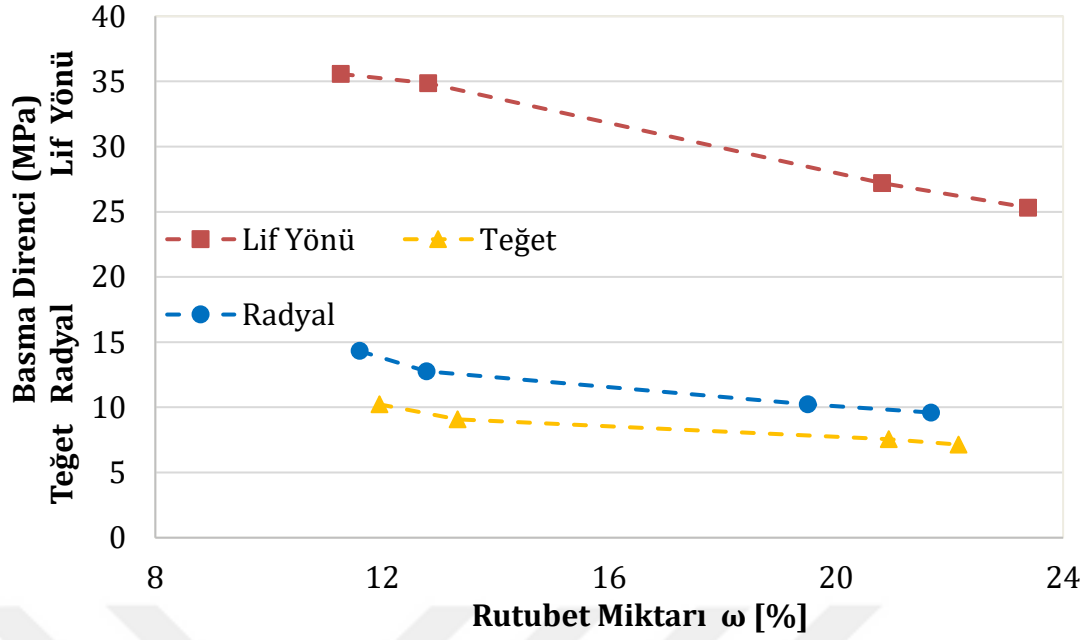
Çizelge 4.8. Kızılçam odununun basma direncinin radyal yöndeki varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	134.187 ^a	3	44.729	72.635	.000
Intercept	2893.692	1	2893.692	4699.066	.000
Rutubet	134.187	3	44.729	72.635	.000
Hata	33.869	55	.616		
Toplam	3040.170	59			
Düzeltilmiş Toplam	168.056	58			
R²	0.798				

Çizelge 4.9. Kızılçam odununun basma direncinin teğet yöndeki varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	129.271 ^a	3	43.090	301.334	.000
Intercept	1907.312	1	1907.312	13337.996	.000
Rutubet	129.271	3	43.090	301.334	.000
Hata	7.865	55	.143		
Toplam	2025.284	59			
Düzeltilmiş Toplam	137.136	58			
R²	0.943				

Meşe odununun lif yönü, radyal ve teğet yönlerdeki basma direnci değerlerinin rutubet miktarı arasındaki ilişki Şekil 4.5' de gösterilmiştir. L, R ve T yönlerinde basma direnci ve rutubet miktarı arasında doğrusala yakın bir ilişki olduğu görülmektedir.



Şekil 4 5. Meşe odununun L, R ve T yönlerdeki basma direnci ve rutubet miktarı arasındaki ilişki

Meşe odununun L, R ve T yönlerdeki odun örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı ($\omega\%$), basma direnci değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve DUNCAN grupları Çizelge 4.10' da gösterilmiştir. Lif yönündeki en yüksek basma direnci değeri %50 bağıl nem seviyesinde (35.57 MPa), en düşük basma direnci seviyesi de %95 bağıl nem seviyesinde (25.32 MPa) elde edilmiştir. Radyal yöndeki basma direnci değerleri 14.32-9.60 MPa arasında bulunmuştur. Teğet yönlerdeki basma direnci değerleri ise 10.23-7.14 MPa arasındadır. Her üç yönde de (L, R ve T) en yüksek basma direnci %50 bağıl nem seviyesinde bulunurken, en düşük basma direnci değeri %95 bağıl nem seviyesinde bulunmuştur. Bütün yönlerde rutubet miktarı artarken basma direnci değeri azalmıştır. L,R ve T yönlerinde basma direnci değerleri arasında yaklaşık 3.84:1.4 :1 oran vardır. Meşe odununun basma direnci değerlerinin varyasyon katsayıları %3.08 ile %7.91 arasında değişmektedir. L, R ve T yönlerinde rutubet seviyesinde ki %1 lik değişimden dolayı basma direnci değerlerindeki değişim sırasıyla yaklaşık %0.8, 0.5 ve 0.3' dir. Bu testlerde kullanılan meşe odunun L yönündeki basma direnci Merela ve Cufar (2013) tarafından belirtilen ortalama değerlerden daha düşük görülmektedir.

Çizelge 4.10. Meşe odununun L, R ve T yönlerdeki basma direnci değerlerine ilişkin bulgular ve DUNCAN grupları

φ [%]		N	L	D.G.	R	D.G.	T	D.G.
		[-]	[MPa]	L	[MPa]	L	[MPa]	L
50	\bar{x}		35.57		14.32		10.23	
	V[%]	15	5.01	4	7.91	4	4.69	4
	d(gr/cm ³)		0.65		0.72		0.67	
	ω (%)		11.27		11.60		11.95	
65	\bar{x}		34.86		12.76		9.08	
	V[%]	15	4.35	3	6.39	3	5.29	3
	d(gr/cm ³)		0.66		0.73		0.67	
	ω (%)		12.81		12.78		13.33	
85	\bar{x}		27.20		10.23		7.55	
	V[%]	15	6.72	2	5.13	2	3.10	2
	d(gr/cm ³)		0.68		0.74		0.68	
	ω (%)		20.81		19.50		20.93	
95	\bar{x}		25.32		9.60		7.14	
	V[%]	15	7.60	1	3.21	1	3.08	1
	d(gr/cm ³)		0.70		0.79		0.68	
	ω (%)		23.38		21.67		22.16	

V(%):Varyasyon katsayısı, ω (%):Rutubet seviyesi, φ [%]: Bağlı nem, N:Örnek sayısı, L:Lif yönü, R:Radyal yön, T:Teğet yön, D.G.:DUNCAN grubu, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

50-65-85 ve %95 bağlı nem seviyelerindeki basma dirençleri istatistiksel değerlendirilerek rutubet miktarının basma direncine etkisi araştırılmıştır. Meşe odununda lif yönü, radyal ve teğet yönlerde basma direncinin varyans analizleri Çizelge 4.11-4.12-4.13' de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre L, R ve T yönlerinde, %50-65-85 ve 95 bağlı nem seviyelerinde basma direnci değerleri 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir (≤ 0.05). Meşe odununda basma direnci ile rutubet miktarı arasında tüm yönlerde doğrusala yakın bir ilişki olduğu görülmektedir (Lif yönü $R^2:0.890$, Radyal yön $R^2:0.859$ Teğet yön $R^2:0.913$) . DUNCAN testi sonuçlarına göre basma direncinde L, R ve T yönlerinde dört farklı grup oluşmuştur.

Çizelge 4.11. Meşe odununun basma direncinin lif yönündeki varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	1547.092 ^a	3	515.697	148.276	.000
Intercept	57625.497	1	57625.497	16568.835	.000
Rutubet	1547.092	3	515.697	148.276	.000
Hata	191.287	55	3.478		
Toplam	59014.923	59			
Düzeltilmiş Toplam	1738.379	58			
R²	0.890				

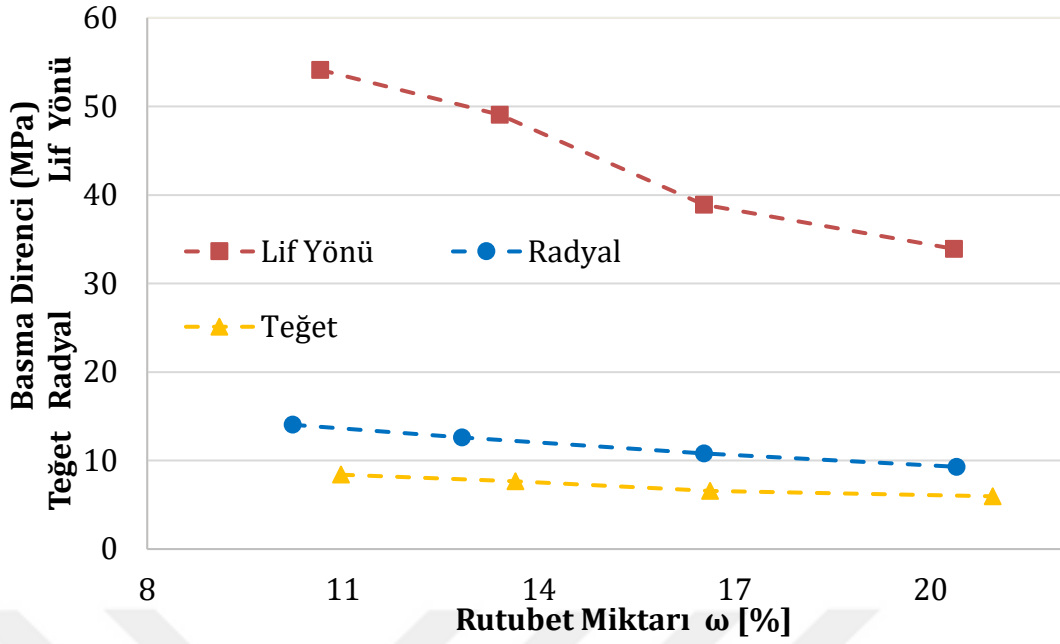
Çizelge 4.12. Meşe odununun basma direncinin radyal yöndeki varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	212.048 ^a	3	70.683	111.759	.000
Intercept	8111.540	1	8111.540	12825.449	.000
Rutubet	212.048	3	70.683	111.759	.000
Hata	34.785	55	.632		
Toplam	8304.719	59			
Düzeltilmiş Toplam	246.833	58			
R²	0.859				

Çizelge 4.13. Meşe odununun basma direncinin teğet yöndeki varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	87.226 ^a	3	29.075	191.931	.000
Intercept	4252.136	1	4252.136	28069.162	.000
Rutubet	87.226	3	29.075	191.931	.000
Hata	8.332	55	.151		
Toplam	4322.421	59			
Düzeltilmiş Toplam	95.557	58			
R²	0.913				

Kayın odununun lif yönü, radyal ve teğet yönlerdeki basma direnci değerlerinin rutubet miktarı arasındaki ilişki Şekil 4.6' da gösterilmiştir. L, R ve T yönlerinde basma direnci ve rutubet miktarı arasında doğrusala yakın bir ilişki olduğu görülmektedir.



Şekil 4.6. Kayın odununun L, R ve T yönlerdeki basma direnci ve rutubet miktarı arasındaki ilişki

Kayın odununun L, R ve T yönlerdeki odun örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı ($\omega\%$), basma direnci değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve DUNCAN grupları Çizelge 4.14' de gösterilmiştir. Lif yönündeki en yüksek basma direnci değeri %50 bağıl nem seviyesinde (54.13 MPa), en düşük basma direnci seviyesi de %95 bağıl nem seviyesinde (33.91 MPa) elde edilmiştir. Radyal yöndeki basma direnci değerleri 14.04-9.29 MPa arasında bulunmuştur. Teğet yönlerdeki basma direnci değerleri ise 8.40-5.96 MPa arasındadır. Her üç yönde de (L, R ve T) en yüksek basma direnci %50 bağıl nem seviyesinde bulunurken, en düşük basma direnci değeri %95 bağıl nem seviyesinde bulunmuştur. Kayın odununda bütün yönlerde rutubet miktarı artarken basma direnci değeri azalmıştır. L, R ve T yönlerinde kayın odununun basma direnci değerleri arasında yaklaşık 6.41:1.65:1 oran vardır. Kayın odununun basma direnci değerlerinin varyasyon katsayıları %3.46 ile %12.12 arasında değişmektedir. L, R ve T yönlerinde rutubet seviyesinde ki %1 lik değişimden dolayı basma direnci değerlerindeki değişim sırasıyla yaklaşık %2, %0.46 ve 0.24' (8:2:1) tir. Testlerde kullanılan doğu kayınının L yönündeki basma direnci değerleri Bektaş vd. (2002)'nin yaptığı çalışmadaki değerlerinden biraz daha düşük olduğu görülmektedir. Skarvelis ve Mantanis (2013) tarafından yapılan çalışmada bulunan değerlere yakın olduğu görülmektedir. Bu çalışmada Doğu kayını için L,

R, T yönlerindeki basma direnci değerleri, Ozyhar vd. (2013a) tarafından test edilen Avrupa kayınının basma direnci değerlerinden biraz daha yüksek çıkmıştır.

Çizelge 4.14. Kayın odununun L, R ve T yönlerdeki basma direnci değerlerine ilişkin bulgular ve DUNCAN grupları

ϕ [%]		N	L	D.G.	R	D.G.	T	D.G.
		[-]	[MPa]	L	[MPa]	R	[MPa]	T
50	\bar{x}		54.13		14.04		8.40	
	V[%]	15	5.87	4	7.39	4	10.40	4
	d(gr/cm ³)		0.67		0.66		0.64	
	ω (%)		10.65		10.23		10.97	
65	\bar{x}		49.07		12.60		7.65	
	V[%]	15	8.10	3	3.59	3	5.72	3
	d(gr/cm ³)		0.68		0.67		0.64	
	ω (%)		13.40		12.82		13.64	
85	\bar{x}		38.88		10.81		6.58	
	V[%]	15	7.21	2	3.46	2	10.53	2
	d(gr/cm ³)		0.68		0.68		0.65	
	ω (%)		16.53		16.53		16.62	
95	\bar{x}		33.91		9.29		5.96	
	V[%]	15	5.50	1	4.16	1	12.12	1
	d(gr/cm ³)		0.69		0.68		0.65	
	ω (%)		20.36		20.40		20.95	

V(%):Varyasyon katsayısı, ω (%):Rutubet seviyesi, ϕ [%]: Bağıl nem, N:Örnek sayısı, L:Lif yönü, R:Radyal yön, T:Teğet yön, D.G.:DUNCAN grubu, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

50-65-85 ve %95 bağıl nem seviyelerindeki basma dirençleri istatistiksel değerlendirilerek rutubet miktarının basma direncine etkisi araştırılmıştır. Kayın odununda lif yönü, radyal ve teğet yönlerde basma direncinin varyans analizleri Çizelge 4.15-4.16-4.17' de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre L, R ve T yönlerinde, 50-65-85-%95 bağıl nem seviyelerinde basma direnci değerleri 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir(≤ 0.05). Basma direnci ile rutubet miktarı arasında özellikle lif yönü ve radyal yönde doğrusala yakın bir ilişki olduğu görülmektedir (Lif yönü $R^2:0.872$, Radyal yön $R^2:0.891$ Teğet yön $R^2: 0.591$) . DUNCAN testi sonuçlarına göre basma direncinde L, R ve T yönlerinde dört farklı grup oluşmuştur.

Çizelge 4.15. Kayın odununun basma direncinin lif yönündeki varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	3689.146 ^a	3	1229.715	125.033	.000
Intercept	113871.528	1	113871.528	11578.043	.000
Rutubet	3689.146	3	1229.715	125.033	.000
Hata	540.932	55	9.835		
Toplam	117326.070	59			
Düzeltilmiş Toplam	4230.078	58			
R²	0.872				

Çizelge 4.16. Kayın odununun basma direncinin radyal yönündeki varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	183.691 ^a	3	61.230	149.937	.000
Intercept	8026.319	1	8026.319	19654.358	.000
Rutubet	183.691	3	61.230	149.937	.000
Hata	22.461	55	.408		
Toplam	8185.874	59			
Düzeltilmiş Toplam	206.151	58			
R²	0.891				

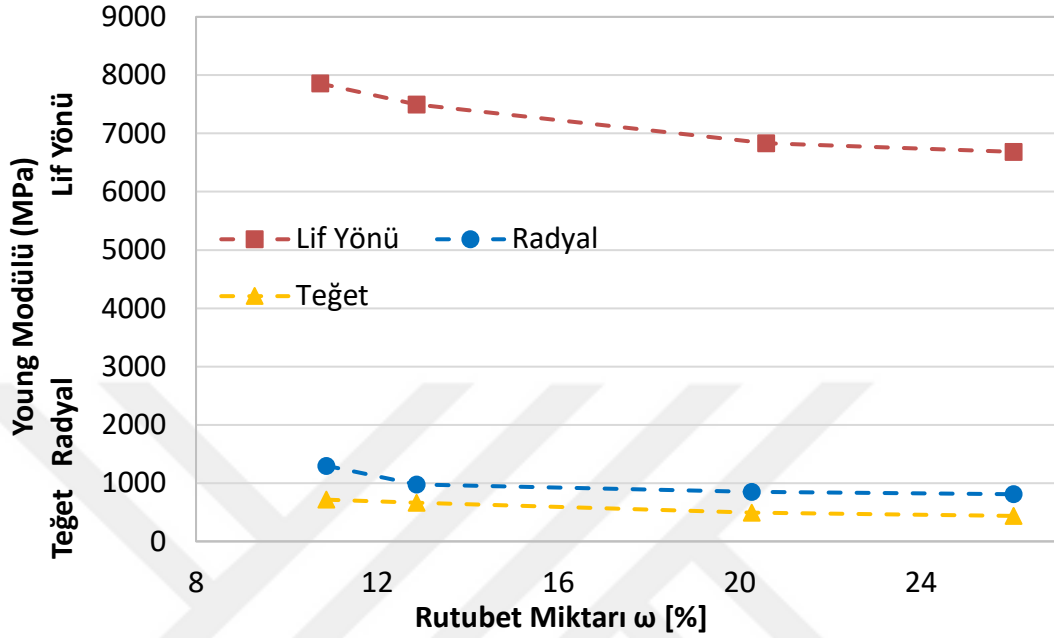
Çizelge 4.17. Kayın odununun basma direncinin teğet yönündeki varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	47.542 ^a	3	15.847	26.455	.000
Intercept	2986.316	1	2986.316	4985.165	.000
Rutubet	47.542	3	15.847	26.455	.000
Hata	32.947	55	.599		
Toplam	3052.940	59			
Düzeltilmiş Toplam	80.489	58			
R²	0.591				

4.1.3. Young Modülü

Young modülü değerleri basma testlerinden hesaplanmıştır. Her odun türü için 50-65-85 ve %95 bağıl nem seviyelerinde ve lif yönü, radyal ve teğet yönlerde olmak üzere deneyler yapılmıştır.

Sedir odununun lif yönü, radyal ve teğet yönlerdeki Young modülü değerleri ile rutubet miktarı arasındaki ilişki Şekil 4.7' de gösterilmiştir. Young modülü ve rutubet miktarı arasında doğrusala yakın bir ilişki olduğu görülmektedir.



Şekil 4.7. Sedir odununun L, R ve T yönlerdeki Young modülü ve rutubet miktarı arasındaki ilişki

Sedir odununun L, R ve T yönlerdeki yoğunluk, rutubet miktarı (ω %), Young modülü değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve DUNCAN grupları Çizelge 4.18' de gösterilmiştir. Lif yönündeki en yüksek Young modülü değeri %50 bağıl nem seviyesinde (7856.53 MPa), en düşük Young modülü seviyesi de %95 bağıl nem seviyesinde (6683.53 MPa) elde edilmiştir. Radyal yöndeki Young modülü değerleri 1297.53-809.56 MPa arasında bulunmuştur. Teğet yönlerdeki Young modülü değerleri ise 716.00-437.06 MPa arasındadır. Her üç yönde de (L, R ve T) en yüksek Young modülü %50 bağıl nem seviyesinde bulunurken, en düşük Young modülü değeri %95 bağıl nem seviyesinde bulunmuştur. Bütün yönlerde rutubet miktarı artarken Young modülü değeri azalmıştır. L,R ve T yönlerinde sedir odununun Young modülü değerleri arasında yaklaşık 11.29:1.46:1 oran vardır. Sedir odununun Young modülü değerlerinin varyasyon katsayıları %10.47 ile %16.45 arasında değişmektedir. Literatürde sedir odununun eğilmede elastikiyet modülü değerleri ile

karşılaştırıldığında Demetçi (1986) tarafından yapılan çalışmada 72260 kg/cm² olarak hesaplanmışken Bal vd. (2011) sedir odununun olgun odununda eğilmede elastikiyet modülünü 8963.3 N/mm² olarak bulmuşlardır.

Çizelge 4.18. Sedir odununun L, R ve T yönlerdeki Young modülü değerlerine ilişkin bulgular ve DUNCAN grupları

φ [%]		N [-]	E _L [MPa]	D.G. E _L	R [MPa]	D.G. E _R	T [MPa]	D.G. E _T
50	\bar{x}		7856.53		1297.53		716.00	
	V[%]	15	13.80	3	16.31	3	16.45	2
	d(gr/cm ³)		0.54		0.56		0.53	
	ω (%)		10.74		10.88		10.50	
\bar{x}	7496.36		974.63		663.5			
65	V[%]	15	11.56	3-2	15.19	2	13.73	2
	d(gr/cm ³)		0.57		0.57		0.54	
	ω (%)		12.87		12.87		13.80	
	\bar{x}		6831.50		850.40		490.83	
85	V[%]	15	13.52	2-1	12.92	1	13.46	1
	d(gr/cm ³)		0.59		0.58		0.56	
	ω (%)		20.59		20.27		20.72	
	\bar{x}		6683.53		809.56		437.06	
95	V[%]	15	10.47	1	14.89	1	13.13	1
	d(gr/cm ³)		0.60		0.59		0.58	
	ω (%)		26.05		26.05		24.50	

V(%):Varyasyon katsayısı, ω (%):Rutubet seviyesi, φ [%]: Bağlı nem, N:Örnek sayısı, E_L:Lif yönündeki Young modülü, E_R:Radyal yöndeki Young modülü, E_T:Teğet yöndeki Young modülü, D.G.:DUNCAN grubu, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

50-65-85 ve %95 bağlı nem seviyelerindeki Young modülü istatistiksel değerlendirilerek rutubet miktarının Young modülüne etkisi araştırılmıştır. Sedir odununda lif yönü, radyal ve teğet yönlerde Young modülünün varyans analizleri Çizelge 4.19-4.20-4.21' de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre L, R ve T yönlerinde, 50-65-85-%95 bağlı nem seviyelerinde Young modülü değerleri 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir. Young modülü ile rutubet miktarı arasında (lif yönünde R²:0.223, radyal yönde R²:0.603, teğet yönde R²: 0.637) bir ilişki olduğu görülmektedir DUNCAN testi sonuçlarına göre Young modülü L ve R yönünde üç farklı grup, T yönünde iki farklı grup oluşmuştur.

Çizelge 4.19. Sedir odununun Young modülünün lif yönündeki varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	13029297.12	3	4343099.04	5.276	.003
Intercept	3066064636.70	1	3066064636	3724.76	.000
Rutubet	13029297.12	3	4343099.04	5.276	.003
Hata	45273645.52	55	823157.19		
Toplam	3118101468	59			
Düzeltilmiş Toplam	58302942.64	58			
R²	0.223				

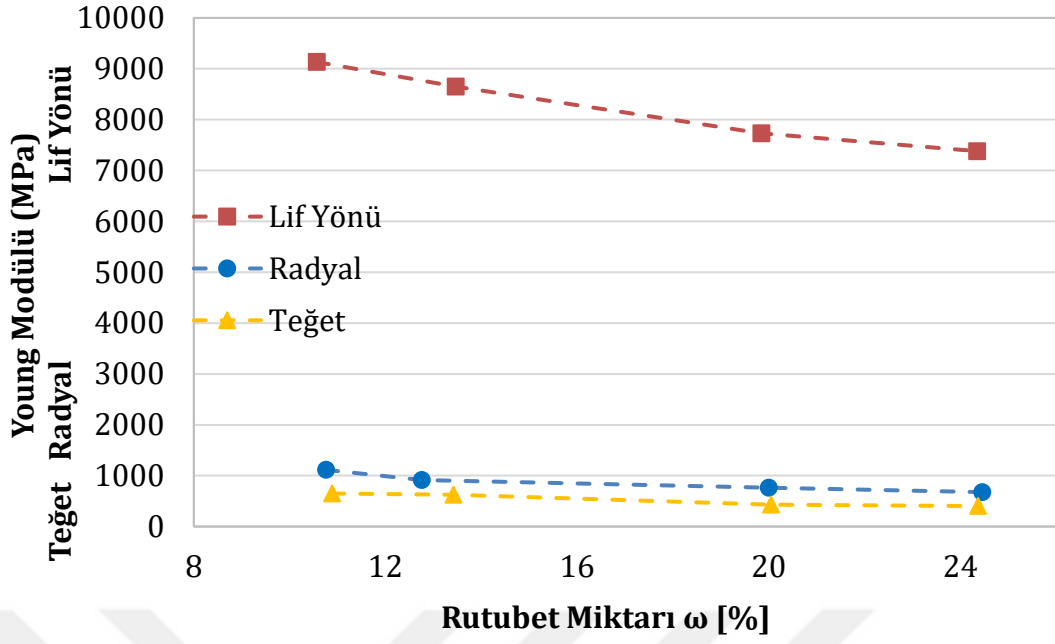
Çizelge 4.20. Sedir odununun Young modülünün radyal yönündeki varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	1918032.17	3	639344.05	27.79	.000
Intercept	56356686.68	1	56356686	2450.32	.000
Rutubet	1918032.17	3	639344.05	27.79	.000
Hata	1264983.92	55	22999.70		
Toplam	59006950.00	59			
Düzeltilmiş Toplam	3183016.10	58			
R²	0.603				

Çizelge 4.21. Sedir odununun Young modülünün teğet yönündeki varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	783029.69	3	261009.89	32.11	.000
Intercept	19594608	1	19594608	2410.97	.000
Rutubet	783029.69	3	261009.89	32.11	.000
Hata	446999.86	55	8127.27		
Toplam	20682892	59			
Düzeltilmiş Toplam	1230029.55	58			
R²	0.637				

Kızılçam odununun lif yönü, radyal ve teğet yönlerdeki Young modülü değerleri ile rutubet miktarı arasındaki ilişki Şekil 4.8' de gösterilmiştir. Young modülü ve rutubet miktarı arasında doğrusala yakın bir ilişki olduğu görülmektedir.



Şekil 4.8. Kızılçam odununun L, R ve T yönlerdeki Young modülü ve rutubet miktarı arasındaki ilişki

Kızılçam odununun L, R ve T yönlerdeki odun örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı ($\omega\%$), Young modülü değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve DUNCAN grupları Çizelge 4.22' de gösterilmiştir. Lif yönündeki en yüksek Young modülü değeri %50 bağıl nem seviyesinde (9131.33 MPa), en düşük Young modülü değeri de %95 bağıl nem seviyesinde (7380.53 MPa) elde edilmiştir. Radyal yöndeki Young modülü değerleri 1114.03-676.57 MPa arasında bulunmuştur. Teğet yönlerdeki Young modülü değerleri ise 649.30-402.00 MPa arasındadır. Her üç yönde de (L, R ve T) en yüksek Young modülü %50 bağıl nem seviyesinde bulunurken, en düşük Young modülü değeri %95 bağıl nem seviyesinde bulunmuştur. Bütün yönlerde rutubet miktarı artarken Young modülü değeri azalmıştır. L,R ve T yönlerinde kızılçam odununun Young modülü değerleri arasında yaklaşık 13.86:1.46:1 oran vardır. Kızılçam odununun Young modülü değerlerinin varyasyon katsayıları %8.75 ile %15.60 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.22. Kızılçam odununun L, R ve T yönlerdeki Young modülü değerlerine ilişkin bulgular ve DUNCAN grupları

φ [%]		N [-]	E_L [MPa]	D.G. E_L	E_R [MPa]	D.G. E_R	E_T [MPa]	D.G. E_T
50	\bar{x}	15	9131.33		1114.03		649.30	
	V[%]		13.43	2	8.75	4	10.80	2
	d(gr/cm ³)		0.52		0.53		0.54	
	ω (%)		10.57		10.76		10.89	
65	\bar{x}	15	8650.73		916.80		623.90	
	V[%]		12.00	2	13.94	3	14.38	2
	d(gr/cm ³)		0.52		0.53		0.54	
	ω (%)		13.47		12.76		13.42	
85	\bar{x}	15	7731.03		765.93		431.67	
	V[%]		12.14	1	9.21	2	11.84	1
	d(gr/cm ³)		0.53		0.54		0.55	
	ω (%)		19.85		20.00		20.05	
95	\bar{x}	15	7380.53		676.57		402.00	
	V[%]		12.77	1	14.59	1	15.60	1
	d(gr/cm ³)		0.56		0.57		0.56	
	ω (%)		24.35		24.46		24.37	

V(%):Varyasyon katsayısı, ω (%):Rutubet seviyesi, φ [%]: Bağlı nem, N:Örnek sayısı, E_L :Lif yönündeki Young modülü, E_R :Radyal yöndeki Young modülü, E_T :Teğet yöndeki Young modülü, D.G.:DUNCAN grubu, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

50-65-85 ve %95 bağlı nem seviyelerindeki Young modülü istatistiksel değerlendirilerek rutubet miktarının Young modülüne etkisi araştırılmıştır. Kızılçam odununda lif yönü, radyal ve teğet yönlerde Young modülünün varyans analizleri Çizelge 4.23-4.24-4.25' de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre L, R ve T yönlerinde, 50-65-85-%95 bağlı nem seviyelerinde Young modülü değerleri 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir (≤ 0.05). Young modülü ile rutubet miktarı arasında özellikle radyal ve teğet yönde doğrusala yakın bir ilişki olduğu görülmektedir (Lif yönü $R^2:0.312$, Radyal yön $R^2:0.723$ Teğet yön $R^2: 0.712$) . DUNCAN testi sonuçlarına göre Young modülü L ve T yönünde iki farklı grup, R yönünde dört farklı grup oluşmuştur.

Çizelge 4.23. Kızılçam odununun Young modülünün lif yönündeki varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	29475678.14	3	9825226.04	8.30	.000
Intercept	3994792611	1	3994792611	3378.30	.000
Rutubet	29475678.14	3	9825226.04	8.30	.000
Hata	65034901.48	55	1182452.75		
Toplam	4077504146.7	59			
Düzeltilmiş Toplam	94510579.62	58			
R²	0.312				

Çizelge 4.24. Kızılçam odununun Young modülünün radyal yöndeki varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	1588330.39	3	529443.46	47.89	.000
Intercept	44444042.10	1	44444042.10	4020.10	.000
Rutubet	1588330.39	3	529443.46	47.89	.000
Hata	608049.12	55	11055.43		
Toplam	46254332.70	59			
Düzeltilmiş Toplam	2196379.52	58			
R²	0.723				

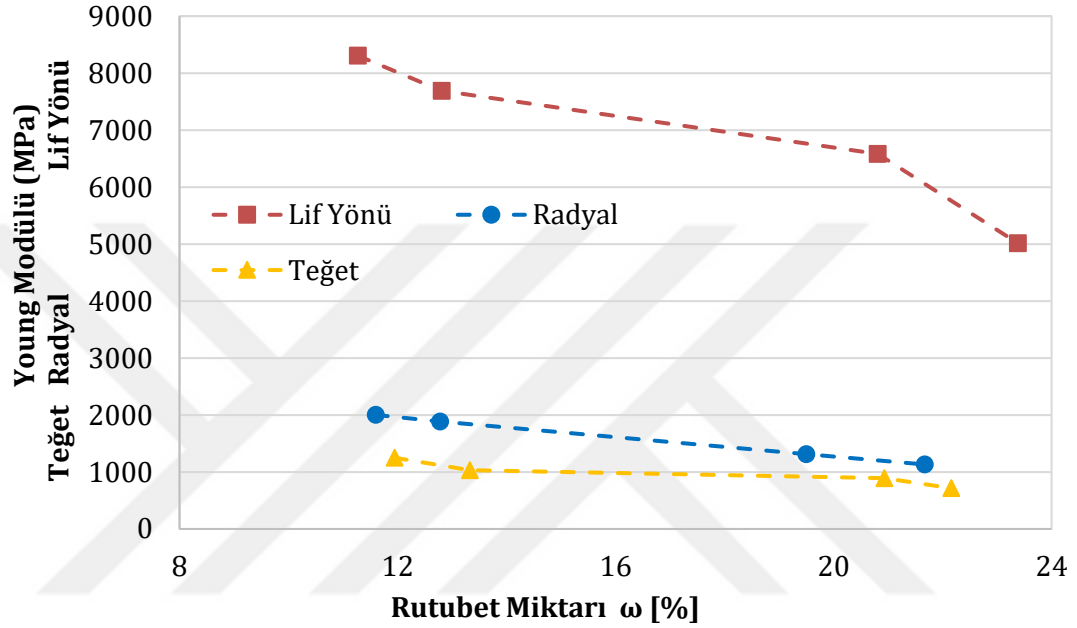
Çizelge 4. 25. Kızılçam odununun Young modülünün teğet yöndeki varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	695419.38	3	231806.46	45.42	.000
Intercept	16237312	1	16237312	3182.07	.000
Rutubet	695419.38	3	231806.46	45.42	.000
Hata	280651.14	55	5102.74		
Toplam	17105391.70	59			
Düzeltilmiş Toplam	976070.52	58			
R²	0.712				

Kızılçam odunundaki anizotropi sedir odunundan daha fazladır. Baradit ve Niemz (2012) Avrupa' daki yumuşak ağaçların anizotropisinin sert ağaçlardan daha fazla olduğunu belirtmiştir. Boding ve Jayne (1993) yumuşak ağaçlarda

EL:ET oranını 24:1 olarak vermiş iken Bucur (2006) sarıçam için bu oranın 28:1 olduğunu göstermiştir.

Meşe odununun lif yönü, radyal ve teğet yönlerdeki Young modülü değerleri ile rutubet miktarı arasındaki ilişki Şekil 4.9' da gösterilmiştir. Young modülü ve rutubet miktarı arasında doğrusala yakın bir ilişki olduğu görülmektedir.



Şekil 4.9. Meşe odununun L, R ve T yönlerdeki Young modülü ve rutubet miktarı arasındaki ilişki

Meşe odununun L, R ve T yönlerdeki örneklerin yoğunluk, rutubet miktarı (ω %), Young modülü değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve DUNCAN grupları Çizelge 4.26' da gösterilmiştir. Lif yönündeki en yüksek Young modülü değeri %50 bağıl nem seviyesinde (8305.53 MPa), en düşük Young modülü değeri de %95 bağıl nem seviyesinde (5016.33 MPa) elde edilmiştir. Radyal yöndeki Young modülü değerleri 2001.47-1132.37 MPa arasında bulunmuştur. Teğet yönlerdeki Young modülü değerleri ise 1249.20-715.77 MPa arasındadır. Her üç yönde de (L, R ve T) en yüksek Young modülü %50 bağıl nem seviyesinde bulunurken, en düşük Young modülü değeri %95 bağıl nem seviyesinde bulunmuştur. Bütün yönlerde rutubet miktarı artarken Young modülü değeri azalmıştır. L,R ve T yönlerinde meşe odununun Young modülü değerleri arasında yaklaşık 4.46:1.82:1 oran vardır. Meşe odununun Young

modülü değerlerinin varyasyon katsayıları %11.82 ile %18.24 arasında değişmektedir. L, R ve T yönlerinde rutubet seviyesinde ki %1 lik değişimden dolayı Young modülü değerlerindeki değişim sırasıyla yaklaşık %3.6, 4.3 ve 4.2' dir. Liflere dik yöndeki (R, T) Young modülü değişimleri rutubet miktarına bağlı olarak daha yüksek oranlarda değişmiştir. Rutubet miktarı değişimine bağlı olarak mekanik özelliklerdeki benzer eğilim Gerhards (1982), Ross (2010), Hering vd., (2012a) ve Ozyhar vd., (2013a) tarafından belirtilmiştir.

Çizelge 4.26. Meşe odununun L, R ve T yönlerdeki Young modülü değerlerine ilişkin bulgular ve DUNCAN grupları

φ [%]	N [-]	E_L [MPa]	D.G. E_L	E_R [MPa]	D.G. E_R	E_T [MPa]	D.G. E_T
50	15	8305.53		2001.47		1249.20	
		13.60	3	13.80	3	11.82	4
		0.65		0.72		0.67	
		11.27		11.60		11.95	
65	15	7691.37		1883.33		1033.07	
		16.47	3	16.56	3	12.80	3
		0.66		0.73		0.67	
		12.81		12.78		13.33	
85	15	6583.57		1312.93		892.43	
		18.24	2	13.38	2	14.47	2
		0.68		0.74		0.68	
		20.81		19.50		20.93	
95	15	5016.33		1132.37		715.77	
		15.02	1	15.35	1	16.25	1
		0.70		0.79		0.68	
		23.38		21.67		22.16	

V(%):Varyasyon katsayısı, ω (%):Rutubet seviyesi, φ [%]: Bağıl nem, N:Örnek sayısı, E_L :Lif yönündeki Young modülü, E_R :Radyal yöndeki Young modülü, E_T :Teğet yöndeki Young modülü, D.G.:DUNCAN grubu, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

50-65-85 ve %95 bağıl nem seviyelerindeki Young modülü istatistiksel değerlendirilerek rutubet miktarının Young modülüne etkisi araştırılmıştır. Meşe odununda lif yönü, radyal ve teğet yönlerde Young modülünün varyans analizleri Çizelge 4.27-4.28-4.29' da gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre L, R, ve T yönlerinde, 50-65-85-%95 bağıl nem seviyelerinde Young modülü değerleri 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir(≤ 0.05). Young modülü ile rutubet miktarı arasında özellikle

radyal ve teğet yönde doğrusala yakın bir ilişki olduğu görülmektedir (Lif yönü $R^2:0.548$, Radyal yön $R^2:0.701$ Teğet yön $R^2: 0.707$) . DUNCAN testi sonuçlarına göre Young modülü L ve R yönünde üç farklı grup, T yönünde dört farklı grup oluşmuştur.

Çizelge 4.27. Meşe odununun Young modülünün lif yönündeki varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	90668476	3	30222825.33	22.27	.000
Intercept	2800353583.2	1	2800353583	2063.5	.000
Rutubet	90668476.004	3	30222825.33	22.27	.000
Hata	74638757.929	55	1357068.32		
Toplam	2949086257.0	59			
Düzeltilmiş Toplam	165307233.9	58			
R^2	0.548				

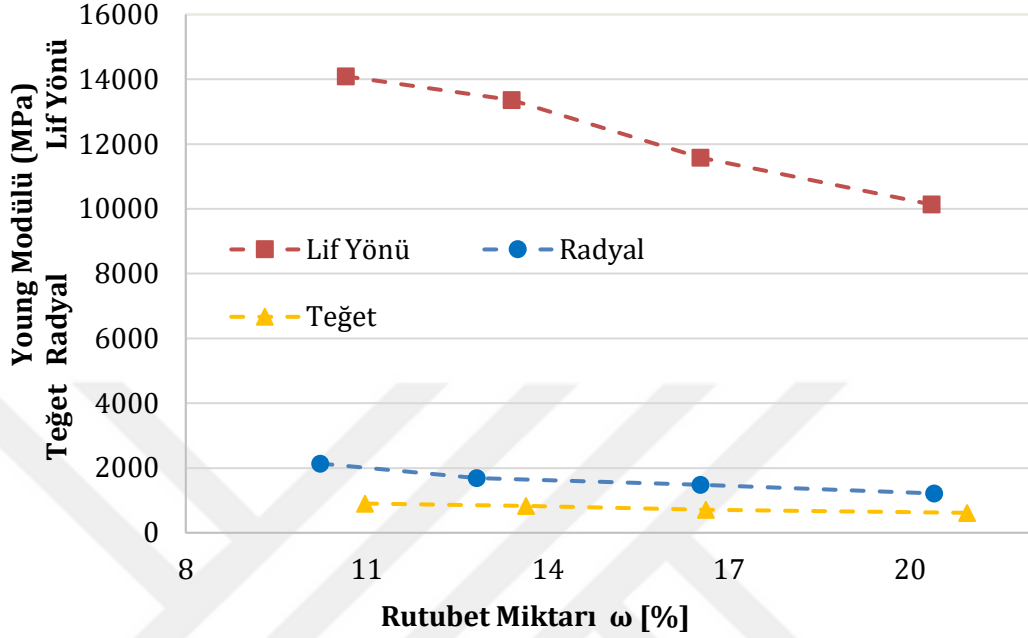
Çizelge 4.28. Meşe odununun Young modülünün radyal yönündeki varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	7675831.55	3	2558610.51	43.07	.000
Intercept	146569258.7	1	146569258.7	2467.22	.000
Rutubet	7675831.557	3	2558610.51	43.07	.000
Hata	3267352.87	55	59406.41		
Toplam	156378564.5	59			
Düzeltilmiş Toplam	10943184.43	58			
R^2	0.701				

Çizelge 4.29. Meşe odununun Young modülünün teğet yönündeki varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	2354081.32	3	784693.77	44.19	.000
Intercept	56274651.77	1	56274651.77	3169.29	.000
Rutubet	2354081.32	3	784693.77	44.19	.000
Hata	976590.80	55	17756.19		
Toplam	59090425.50	59			
Düzeltilmiş Toplam	3330672.12	58			
R^2	0.707				

Kayın odununun lif yönü, radyal ve teğet yönlerdeki Young modülü değerleri ile rutubet miktarı arasındaki ilişki Şekil 4.10' da gösterilmiştir. Young modülü ve rutubet miktarı arasında doğrusala yakın bir ilişki olduğu görülmektedir.



Şekil 4.10. Kayın odununun L, R ve T yönlerdeki Young modülü ve rutubet miktarı arasındaki ilişki

Kayın odununun L, R ve T yönlerdeki örneklerin yoğunluk, rutubet miktarı (ω %), Young modülü değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve DUNCAN grupları Çizelge 4.30' da gösterilmiştir. Lif yönündeki en yüksek Young modülü değeri %50 bağıl nem seviyesinde (14091.97 MPa), en düşük Young modülü değeri de %95 bağıl nem seviyesinde (10135.10 MPa) elde edilmiştir. Radyal yöndeki Young modülü değerleri 2137.06-1214.23 MPa arasında bulunmuştur. Teğet yönlerdeki Young modülü değerleri ise 902.13-615.9 MPa arasındadır. Her üç yönde de (L, R ve T) en yüksek Young modülü %50 bağıl nem seviyesinde bulunurken, en düşük Young modülü değeri %95 bağıl nem seviyesinde bulunmuştur. Bütün yönlerde rutubet miktarı artarken Young modülü değeri azalmıştır. L,R ve T yönlerinde sedir odununun Young modülü değerleri arasında yaklaşık 16.20:2.04:1 oran vardır. Sedir odununun Young modülü değerlerinin varyasyon katsayıları %10.43 ile %18.76 arasında değişmektedir. Tüm ağaç türlerinde Young modülü değerlerinin varyasyon katsayıları, basma direnci değerlerinin varyasyon katsayılarından yüksek

bulunmuştur. L, R ve T yönlerinde rutubet seviyesinde ki her %1 lik değişimden dolayı Young modülü değerlerindeki değişim sırasıyla yaklaşık %2.8, %4.3 ve %3.2 değişmektedir. Gerhards (1982), Ross (2010), Hering vd. (2012a) ve Ozyhar vd. (2013a) rutubet seviyelerindeki değişimlerin mekanik özellikleri benzer şekilde etkilediğini göstermiştir. Türkiye’de yetişen doğu kayını için elastikiyet modülü değeri literatürde 11621 ile 16000 Mpa arasındadır (Bektaş vd., 2002). Güntekin vd. (2014) Doğu kayını odununun eğilmede elastikiyet modülünü 10110 N/mm² olarak hesaplamışlardır. Ülkemizde yapılan çalışmalarda elastikiyet modülü eğilme testlerinden hesaplanmaktadır. Eğilme testlerinde örnekler kesme (makaslama) deformasyonu içerdiğinden olması gerekenden daha düşük elastikiyet modülü değerleri elde edilebilmektedir.

Çizelge 4.30. Kayın odununun L, R ve T yönlerdeki Young modülü değerlerine ilişkin bulgular ve DUNCAN grupları

ϕ [%]	N	E_L	D.G.	E_R	D.G.	E_T	D.G.
	[-]	[MPa]	E_L	[MPa]	E_R	[MPa]	E_T
50	\bar{x}	14091.97		2137.06		902.13	
	V[%]	10.43	3	17.31	4	13.95	3
	d(gr/cm ³)	0.67		0.66		0.64	
	ω (%)	10.65		10.23		10.97	
65	\bar{x}	13360.47		1684.46		824.40	
	V[%]	13.22	3	14.41	3	13.90	3
	d(gr/cm ³)	0.68		0.67		0.64	
	ω (%)	13.40		12.82		13.64	
85	\bar{x}	11586.07		1481.43		706.26	
	V[%]	18.76	2	16.67	2	13.72	2
	d(gr/cm ³)	0.68		0.68		0.65	
	ω (%)	16.53		16.53		16.62	
95	\bar{x}	10135.10		1214.23		615.9	
	V[%]	12.49	1	14.27	1	14.16	1
	d(gr/cm ³)	0.69		0.68		0.65	
	ω (%)	20.36		20.40		20.95	

V(%):Varyasyon katsayısı, ω (%):Rutubet seviyesi, ϕ [%]: Bağıl nem, N:Örnek sayısı, E_L :Lif yönündeki Young modülü, E_R :Radyal yöndeki Young modülü, E_T :Teğet yöndeki Young modülü, D.G.:DUNCAN grubu, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

Dik yönlerdeki (R, T) Young modülü değerleri lif yönüne (L) göre daha fazla oranda değişiklik göstermektedir. 50-65-85 ve %95 bağıl nem seviyelerindeki Young modülü istatistiksel değerlendirilerek rutubet miktarının Young

modülüne etkisi araştırılmıştır. Kayın odununda lif yönü, radyal ve teğet yönlerde Young modülünün varyans analizleri Çizelge 4.31-4.32-4.33' de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre L, R ve T yönlerinde, 50-65-85-%95 bağıl nem seviyelerinde Young modülü değerleri 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir (≤ 0.05). Young modülü ile rutubet miktarı arasında doğrusala yakın bir ilişki olduğu görülmektedir (Lif yönü $R^2:0.456$, Radyal yön $R^2:0.630$ Teğet yön $R^2: 0.508$). DUNCAN testi sonuçlarına göre Young modülü L ve T yönünde üç farklı grup, R yönünde dört farklı grup oluşmuştur.

Çizelge 4.31. Kayın odununun Young modülünün lif yönündeki varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	140636076.20	3	46878692.06	15.365	.000
Intercept	8915283640.4	1	8915283640	2922.1	.000
Rutubet	140636076.20	3	46878692	15.36	.000
Hata	167802538.30	55	3050955.24		
Toplam	9187158283	59			
Düzeltilmiş Toplam	308438614.50	58			
R^2	0.456				

Çizelge 4.32. Kayın odununun Young modülünün radyal yöndeki varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	6936239.868	3	2312079.956	31.213	.000
Intercept	157689745.5	1	157689745.5	2128.79	.000
Rutubet	6936239.868	3	2312079.956	31.213	.000
Hata	4074107.657	55	74074.685		
Toplam	167122632.0	59			
Düzeltilmiş Toplam	11010347.52	58			
R^2	0.630				

Çizelge 4.33. Kayın odununun Young modülünün teğet yöndeki varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	664725.763	3	221575.254	18.954	.000
Intercept	34048320.00	1	34048320	2912.532	.000
Rutubet	664725.763	3	221575.254	18.954	.000
Hata	642965.424	55	11690.280		
Toplam	35184231.00	59			
Düzeltilmiş Toplam	1307691.18	58			
R²	0.508				

Rutubet miktarının artmasıyla bütün ortotropik yönlerde Young modülünün azaldığı görülmüştür. Ölçülen Young modülü değerleriyle rutubet miktarı arasında doğrusala yakın bir ilişki olduğu görülmektedir. Rutubet miktarının artmasıyla Young modülü değeri azalırken E_L , E_R , E_T değerleri rutubet miktarından farklı derecede etkilenmektedir.

Benzer bir eğilim Hering vd. (2012a) tarafından rapor edilmiştir, bazı ağaç türlerinin rutubete bağlı Young modülü değerleri için literatür verileri özetlenmiştir. Hering vd. (2012a) liflere dik yönlerdeki Young modülü değerlerinde E_R ve E_T arasında ayrım olmadığını gösterirken genellikle E_L için rutubet miktarından daha az etkilendiğini göstermektedir. Douglas göknarı liflere dik yöndeki Young modülü değerleri rutubet miktarından E_L değerine göre 8-10 kat daha fazla etkilendiği görülmüştür (McBurney ve Drow, 1962).

Bu oranlar, bu çalışmada bulunan ilişkiden daha yüksek olmasına rağmen rutubet miktarının E_R ve E_T üzerine E_L 'den daha fazla etkisi olduğu görülmektedir.

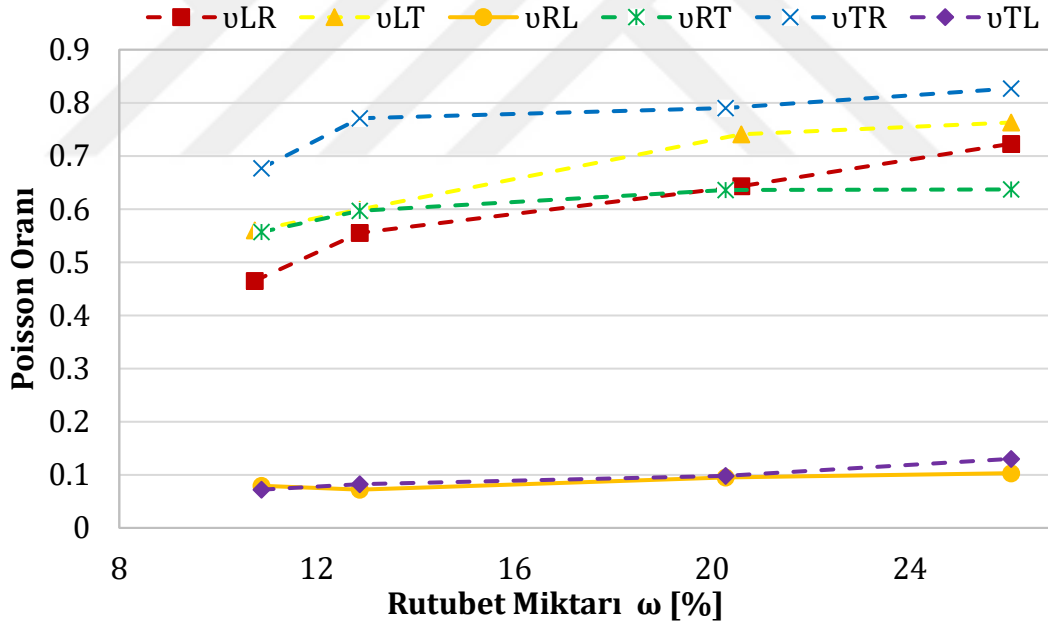
Avrupa kayınının anizotropik Young modülü sadece birkaç çalışmaya konu olmuştur (Stamer ve Sieglerschmidt, 1933); Hearmon ve Barkas, 1941; Wommelsdorf, 1966; Pozgaj vd., 1993). Young Modülünün rutubete bağlı davranışı hakkında az bilgi olmasına rağmen, şimdiye kadar Avrupa kayınının tüm ortotropik yönleri için rutubete bağlı Young modülünü anlatan tek çalışma Hering vd. (2012a) tarafından yayınlanmıştır.

Bodig ve Jayne (1993)'ye göre sert ağaçlarda, Young modülü oranları EL→ ER→ ET≈20:1.6:1 olarak belirtilmiştir.

4.1.4. Poisson oranı

Poisson oranları basma testlerinden iki eksenli ekstensometre kullanılarak hesaplanmıştır. Yapılan testlerden altı farklı düzlemde poisson oranları hesaplanmıştır (ν_{LR} , ν_{LT} , ν_{RL} , ν_{RT} , ν_{TR} , ν_{TL}). Ahşap yapılar, ahşap çerçeveler ve mobilya çerçevelerinin yapısal analizinde ülkemizde yetişen ağaç türleri için poisson oranı ortalama 0.3 olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde yetişen ağaç türlerinin Poisson oranı değerleri henüz belirlenmemiştir.

Sedir odununun poisson oranı değerleri (ν_{LR} , ν_{LT} , ν_{RL} , ν_{RT} , ν_{TR} , ν_{TL}) ile rutubet miktarı arasındaki ilişki Şekil 4.11' de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Sedir odununun Poisson oranları ve rutubet miktarı arasındaki ilişki

Sedir odunu örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı ($\omega\%$), poisson oranı değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve DUNCAN grupları Çizelge 4.34' de gösterilmiştir. Poisson oranı değeri LR düzleminde 0.465, LT düzleminde 0.560, RL düzleminde 0.079, RT düzleminde 0.557, TL düzleminde 0.072, TR düzleminde 0.677 olarak bulunmuştur. Poisson oranının varyasyon

katsayısı değeri %9.22 ile %29.89 arasında değişmektedir. Poisson oranı değeri en düşük RL ve TL düzleminde olduğu görülmüştür. Genellikle rutubet miktarı artarken poisson oranı değeri artmıştır.

Çizelge 4.34. Sedir odununun poisson oranları değerlerine ilişkin bulgular ve DUNCAN grupları

φ [%]		N [-]	U_{LR}	U_{LT}	U_{RL}	U_{RT}	U_{TL}	U_{TR}
50	\bar{x}	15	0.465	0.560	0.079	0.557	0.072	0.677
	V [%]		23.92	21.18	18.43	11.94	23.27	23.80
	d(gr/cm ³)		0.54	0.54	0.56	0.56	0.53	0.53
	ω (%)		10.74	10.74	10.88	10.88	10.50	10.50
	D.G.		1	1	1-2	1	1	1
65	\bar{x}	15	0.555	0.599	0.072	0.597	0.082	0.771
	V [%]		18.15	21.41	23.32	16.05	23.94	15.24
	d(gr/cm ³)		0.57	0.57	0.57	0.57	0.54	0.54
	ω (%)		12.87	12.87	12.87	12.87	13.80	13.80
	D.G.		2	1	1	1	1-2	1-2
85	\bar{x}	15	0.643	0.741	0.095	0.636	0.098	0.790
	V [%]		18.76	15.16	25.15	11.63	21.41	17.85
	d(gr/cm ³)		0.59	0.59	0.58	0.58	0.56	0.56
	ω (%)		20.59	20.59	20.27	20.27	20.72	20.72
	D.G.		2-3	2	2-3	2	2	2
95	\bar{x}	15	0.723	0.763	0.103	0.637	0.130	0.827
	V [%]		18.62	17.25	29.89	11.55	26.64	9.22
	d(gr/cm ³)		0.60	0.60	0.59	0.59	0.58	0.58
	ω (%)		26.05	26.05	26.05	26.05	24.50	24.50
	D.G.		3	2	4	2	3	2

V(%):Varyasyon katsayısı, ω (%):Rutubet seviyesi, φ [%]: Bağıl nem, N:Örnek sayısı, D.G.:DUNCAN grubu, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk, v:Poisson oranı

Sedir odununda %50-65-85 ve 95 bağıl nem seviyelerindeki poisson oranları istatistiksel değerlendirilerek rutubet miktarının poisson oranına etkisi araştırılmıştır. Sedir odununda rutubetin poisson oranı değerlerine etkisinin varyans analizleri Çizelge 4.35-4.36-4.37-4.38-4.39-4.40' de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre 50-65-85-%95 bağıl nem seviyelerinde poisson oranı değerleri 0.05 güven düzeyinde bütün düzlemlerde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir(≤ 0.05). Sedir odununda poisson oranı ile rutubet miktarı arasında bir ilişki olduğu görülmektedir ($U_{LR} R^2:0.403$, $U_{LT} R^2:0.337$, $U_{RL} R^2: 0.228$, $U_{RT} R^2:0.151$, $U_{TL} R^2:0.454$ $U_{TR} R^2:0.157$) . DUNCAN testi sonuçlarına göre poisson oranları LR, TL düzlemlerinde üç farklı grup oluşurken, LT, RT, TR

düzleminde iki, RL düzleminde dört farklı grup oluşmuştur.

Çizelge 4.35. Sedir odununda rutubetin poisson oranı (ν_{LR}) değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	0.559	3	0.186	12.597	.000
Intercept	21.337	1	21.337	1443.464	.000
Rutubet	0.559	3	0.186	12.597	.000
Hata	0.828	56	0.015		
Toplam	22.723	60			
Düzeltilmiş Toplam	1.386	59			
R²	0.403				

Çizelge 4.36. Sedir odununda rutubetin poisson oranı (ν_{LT}) değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	0.460	3	0.153	9.476	.000
Intercept	26.573	1	26.573	1641.130	.000
Rutubet	0.460	3	0.153	9.476	.000
Hata	0.907	56	0.016		
Toplam	27.941	60			
Düzeltilmiş Toplam	1.367	59			
R²	0.337				

Çizelge 4.37. Sedir odununda rutubetin poisson oranı (ν_{RL}) değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	0.009	3	0.003	5.516	.002
Intercept	0.458	1	0.458	847.789	.000
Rutubet	0.009	3	0.003	5.516	.002
Hata	0.030	56	0.001		
Toplam	0.497	60			
Düzeltilmiş Toplam	0.039	59			
R²	0.228				

Çizelge 4.38. Sedir odununda rutubetin poisson oranı (ν_{RT}) değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	0.065	3	0.022	3.312	.026
Intercept	22.083	1	22.083	3364.795	.000
Rutubet	0.065	3	0.022	3.312	.026
Hata	0.368	56	0.007		
Toplam	22.515	60			
Düzeltilmiş Toplam	0.433	59			
R^2	0.151				

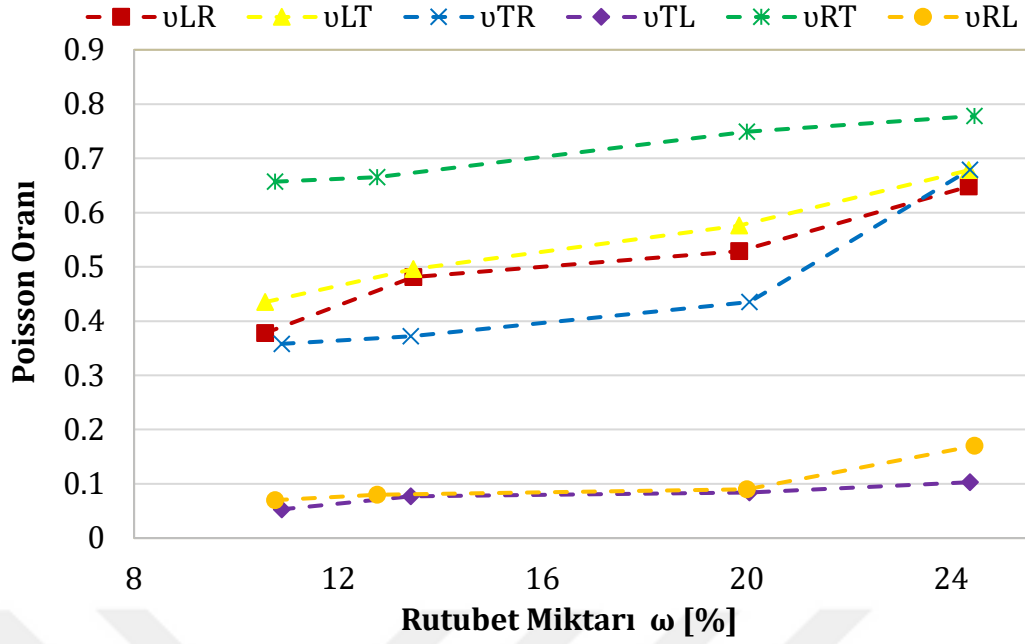
Çizelge 4.39. Sedir odununda rutubetin poisson oranı (ν_{TL}) değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	0.029	3	0.010	15.513	.000
Intercept	0.545	1	0.545	886.947	.000
Rutubet	0.029	3	0.010	15.513	.000
Hata	0.034	56	0.001		
Toplam	0.608	60			
Düzeltilmiş Toplam	.063	59			
R^2	0.454				

Çizelge 4.40. Sedir odununda rutubetin poisson oranı (ν_{TR}) değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	0.183	3	0.061	3.481	.022
Intercept	35.233	1	35.233	2007.568	.000
Rutubet	0.183	3	0.061	3.481	.022
Hata	0.983	56	0.018		
Toplam	36.399	60			
Düzeltilmiş Toplam	1.166	59			
R^2	0.157				

Kızılçam odununun poisson oranı değerleri (ν_{LR} , ν_{LT} , ν_{RL} , ν_{RT} , ν_{TR} , ν_{TL}) ile rutubet miktarı arasındaki ilişki Şekil 4.12' de gösterilmiştir.



Şekil 4.12. Kızılçam odununun Poisson oranları ve rutubet miktarı arasındaki ilişki

Çizelge 4.41. Kızılçam odununun poisson oranları değerlerine ilişkin bulgular ve DUNCAN grupları

φ [%]	N [-]	υ _{LR}	υ _{LT}	υ _{RL}	υ _{RT}	υ _{TL}	υ _{TR}	
50	\bar{x}	0.378	0.435	0.07	0.657	0.053	0.358	
	V[%]	18.65	19.19	24.09	9.69	22.41	16.76	
	d(gr/cm ³)	15	0.52	0.52	0.53	0.53	0.54	0.54
	ω(%)		10.57	10.57	10.76	10.76	10.89	10.89
	D.G.		1	1	1	1	1	1
65	\bar{x}	0.481	0.496	0.08	0.665	0.077	0.372	
	V[%]	16.49	19.75	17.58	14.62	19.42	8.36	
	d(gr/cm ³)	15	0.52	0.52	0.53	0.53	0.54	0.54
	ω(%)		13.47	13.47	12.76	12.76	13.42	13.42
	D.G.		2	1-2	1	1	2	1
85	\bar{x}	0.529	0.576	0.09	0.749	0.084	0.435	
	V[%]	17.07	22.01	22.00	5.93	21.93	17.52	
	d(gr/cm ³)	15	0.53	0.53	0.54	0.54	0.55	0.55
	ω(%)		19.85	19.85	20.00	20.00	20.05	20.05
	D.G.		2	2	1	2	2	2
95	\bar{x}	0.648	0.678	0.17	0.778	0.103	0.679	
	V[%]	16.67	17.90	24.94	6.96	25.92	14.73	
	d(gr/cm ³)	15	0.56	0.56	0.57	0.57	0.56	0.56
	ω(%)		24.35	24.35	24.46	24.46	24.37	24.37
	D.G.		3	3	2	2	3	3

V(%):Varyasyon katsayısı, ω(%):Rutubet seviyesi, φ [%]: Bağıl nem, N:Örnek sayısı, D.G.:DUNCAN grubu, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk, υ:Poisson oranı

Kızılçam odunu örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı ($\omega\%$), poisson oranı değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve DUNCAN grupları Çizelge 4.41’ de gösterilmiştir. Poisson oranı değeri LR düzleminde 0.378, LT düzleminde 0.435, RL düzleminde 0.07, RT düzleminde 0.657, TL düzleminde 0.053, TR düzleminde 0.358 olarak bulunmuştur. Poisson oranının varyasyon katsayısı değeri %5.93 ile %25.92 arasında değişmektedir. Poisson oranı değeri en düşük RL ve TL düzleminde olduğu görülmüştür. Genellikle rutubet miktarı artarken poisson oranı değeri de artmıştır.

Kızılçam odununda 50-65-85 ve %95 bağıl nem seviyelerindeki poisson oranları istatistiksel değerlendirilerek rutubet miktarının poisson oranına etkisi araştırılmıştır. Rutubetin poisson oranı değerlerine etkisinin varyans analizleri Çizelge 4.42-4.43-4.44-4.45-4.46-4.47’ de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre 50-65-85-%95 bağıl nem seviyelerinde poisson oranı değerleri 0.05 güven düzeyinde bütün düzlemlerde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir (≤ 0.05). Kızılçam odununda poisson oranı ile rutubet miktarı arasında bir ilişki olduğu görülmektedir ($U_{LR} R^2:0.548$, $U_{LT} R^2:0.411$, $U_{RL} R^2:0.591$, $U_{RT} R^2:0.373$, $U_{TL} R^2:0.472$ $U_{TR} R^2:0.762$). DUNCAN testi sonuçlarına göre poisson oranları RL, RT, düzlemlerinde iki farklı grup oluşurken, LR, LT, TL, TR düzleminde üç farklı grup oluşmuştur.

Çizelge 4.42. Kızılçam odununda rutubetin poisson oranı (U_{LR}) değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	0.565 ^a	3	0.188	22.641	.000
Intercept	15.534	1	15.534	1866.291	.000
Rutubet	0.565	3	0.188	22.641	.000
Hata	0.466	56	0.008		
Toplam	16.565	60			
Düzeltilmiş Toplam	1.031	59			
R²	0.548				

Çizelge 4.43. Kızılçam odununda rutubetin poisson oranı (ν_{LT}) değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	0.496 ^a	3	0.165	13.025	.000
Intercept	17.909	1	17.909	1410.671	.000
Rutubet	0.496	3	0.165	13.025	.000
Hata	0.711	56	0.013		
Toplam	19.116	60			
Düzeltilmiş Toplam	1.207	59			
R²	0.411				

Çizelge 4.44. Kızılçam odununda rutubetin poisson oranı (ν_{RL}) değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	0.091 ^a	3	0.030	26.498	.000
Intercept	0.651	1	0.651	566.706	.000
Rutubet	0.091	3	0.030	26.498	.000
Hata	0.063	55	0.001		
Toplam	0.809	59			
Düzeltilmiş Toplam	0.155	58			
R²	0.591				

Çizelge 4.45. Kızılçam odununda rutubetin poisson oranı (ν_{RT}) değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	0.165 ^a	3	0.055	11.121	.000
Intercept	30.445	1	30.445	6168.332	.000
Rutubet	0.165	3	0.055	11.121	.000
Hata	0.276	56	0.005		
Toplam	30.886	60			
Düzeltilmiş Toplam	0.441	59			
R²	0.373				

Çizelge 4.46. Kızılçam odununda rutubetin poisson oranı (ν_{TL}) değerine etkisinin varyans analizi

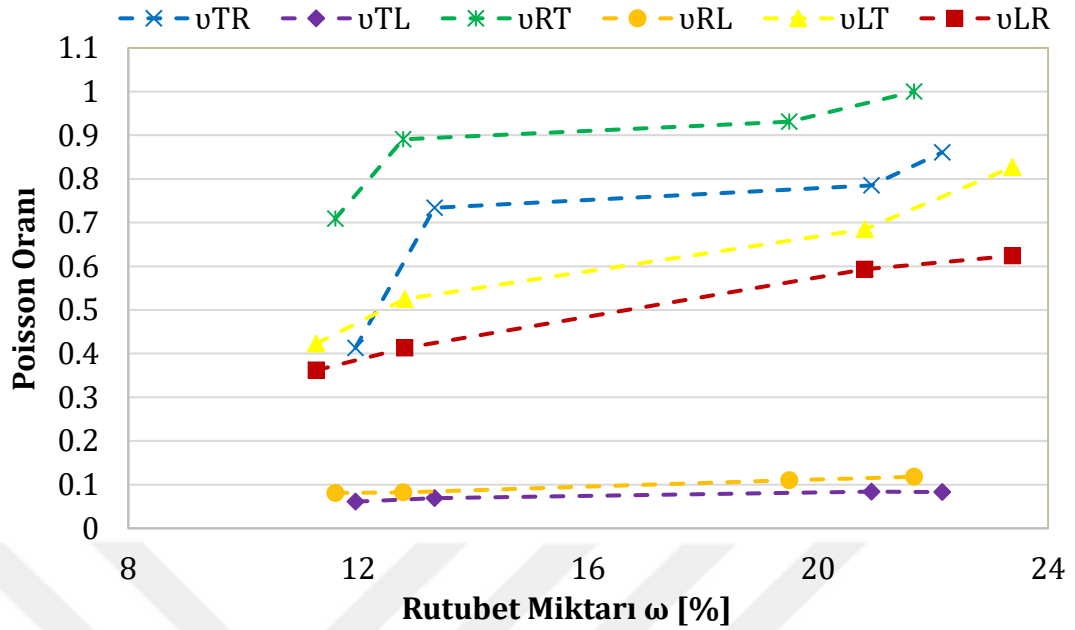
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	0.019 ^a	3	0.006	16.664	.000
Intercept	0.376	1	0.376	993.149	.000
Rutubet	0.019	3	0.006	16.664	.000
Hata	0.021	56	0.000		
Toplam	0.416	60			
Düzeltilmiş Toplam	0.040	59			
R²	0.472				

Çizelge 4.47. Kızılçam odununda rutubetin poisson oranı (ν_{TR}) değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	0.999 ^a	3	0.333	59.857	.000
Intercept	12.747	1	12.747	2290.283	.000
Rutubet	0.999	3	0.333	59.857	.000
Hata	0.312	56	0.006		
Toplam	14.058	60			
Düzeltilmiş Toplam	1.311	59			
R²	0.762				

Meşe odununun poisson oranı değerleri (ν_{LR} , ν_{LT} , ν_{RL} , ν_{RT} , ν_{TR} , ν_{TL}) ile rutubet miktarı arasındaki ilişki Şekil 4.13' de gösterilmiştir.

Meşe odunu örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı ($\omega\%$), poisson oranı değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve DUNCAN grupları Çizelge 4.48' de gösterilmiştir. Poisson oranı değeri LR düzleminde 0.362, LT düzleminde 0.423, RL düzleminde 0.081, RT düzleminde 0.709, TL düzleminde 0.061, TR düzleminde 0.413 olarak bulunmuştur. Poisson oranının varyasyon katsayısı değeri %7.49 ile %23.95 arasında değişmektedir. Poisson oranı değeri en düşük RL ve TL düzleminde olduğu görülmüştür. Genellikle rutubet miktarı artarken poisson oranı değeri artmıştır. Sapsız meşe odunu için elde edilen poisson oranları, Ross (2010) tarafından ak meşe ve kırmızı meşe için belirtilen değerlerle benzerlik göstermektedir.



Şekil 4.13. Meşe odununun Poisson oranları ve rutubet miktarı arasındaki ilişki

Çizelge 4.48. Meşe odununun poisson oranları değerlerine ilişkin bulgular ve DUNCAN grupları

φ [%]	N [-]	U_{LR}	U_{LT}	U_{RL}	U_{RT}	U_{TL}	U_{TR}
50	\bar{x}	0.362	0.423	0.081	0.709	0.061	0.413
	V[%]	20.72	17.71	18.39	17.35	21.07	11.84
	d(gr/cm ³)	15	0.65	0.65	0.72	0.72	0.67
	ω (%)	11.27	11.27	11.60	11.60	11.95	11.95
	D.G.	1	1	1	1	1	1
65	\bar{x}	0.413	0.525	0.082	0.891	0.069	0.734
	V[%]	17.14	22.28	22.79	7.49	22.63	13.15
	d(gr/cm ³)	15	0.66	0.66	0.73	0.73	0.67
	ω (%)	12.81	12.81	12.78	12.78	13.33	13.33
	D.G.	1	2	1	2	1	2
85	\bar{x}	0.593	0.685	0.110	0.931	0.084	0.785
	V[%]	18.06	19.47	21.57	23.95	20.68	19.69
	d(gr/cm ³)	15	0.68	0.68	0.74	0.74	0.68
	ω (%)	20.81	20.81	19.50	19.50	20.93	20.93
	D.G.	2	3	2	2	2	2-3
95	\bar{x}	0.624	0.827	0.118	1.00	0.083	0.861
	V[%]	18.39	14.92	21.05	18.54	21.60	15.62
	d(gr/cm ³)	15	0.70	0.70	0.79	0.79	0.68
	ω (%)	23.38	23.38	21.67	21.67	22.16	22.16
	D.G.	2	4	2	2	2	3

V(%):Varyasyon katsayısı, ω (%):Rutubet seviyesi, φ [%]: Bağlı nem, N:Örnek sayısı, D.G.:DUNCAN grubu, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk, u:Poisson oranı

50-65-85 ve %95 bağıl nem seviyelerindeki poisson oranları istatistiksel değerlendirilerek rutubet miktarının poisson oranına etkisi araştırılmıştır. Meşe odununda rutubetin poisson oranı değerlerine etkisinin varyans analizleri Çizelge 4.49-4.50-4.51-4.52-4.53-4.54'de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre 50-65-85-%95 bağıl nem seviyelerinde poisson oranı değerleri 0.05 güven düzeyinde bütün düzlemlerde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir (≤ 0.05). Meşe odununda poisson oranı ile rutubet miktarı arasında bir ilişki olduğu görülmektedir ($U_{LR} R^2:0.589$, $U_{LT} R^2:0.644$, $U_{RL} R^2:0.383$, $U_{RT} R^2:0.315$, $U_{TL} R^2:0.272$ $U_{TR} R^2:0.677$) . DUNCAN testi sonuçlarına göre poisson oranları LR, RL, RT, TL düzlemlerinde iki farklı grup oluşurken, LT düzleminde 4, TR düzleminde üç farklı grup oluşmuştur.

Çizelge 4.49. Meşe odununda rutubetin poisson oranı (U_{LR}) değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	0.759	3	0.253	26.724	.000
Intercept	14.890	1	14.890	1571.920	.000
Rutubet	0.759	3	0.253	26.724	.000
Hata	0.530	56	0.009		
Toplam	16.180	60			
Düzeltilmiş Toplam	1.290	59			
R^2	0.589				

Çizelge 4.50. Meşe odununda rutubetin poisson oranı (U_{LT}) değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	1.422	3	0.474	33.800	.000
Intercept	22.694	1	22.694	1618.542	.000
Rutubet	1.422	3	0.474	33.800	.000
Hata	0.785	56	0.014		
Toplam	24.900	60			
Düzeltilmiş Toplam	2.207	59			
R^2	0.644				

Çizelge 4.51. Meşe odununda rutubetin poisson oranı (U_{RL}) değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	0.017	3	0.006	11.999	.000
Intercept	0.592	1	0.592	1266.441	.000
Rutubet	0.017	3	0.006	11.999	.000
Hata	0.027	58	0.000		
Toplam	0.637	62			
Düzeltilmiş Toplam	0.044	61			
R²	0.383				

Çizelge 4.52. Meşe odununda rutubetin poisson oranı (U_{RT}) değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	0.737	3	0.246	8.878	.000
Intercept	48.273	1	48.273	1744.065	.000
Rutubet	0.737	3	0.246	8.878	.000
Hata	1.605	58	0.028		
Toplam	50.567	62			
Düzeltilmiş Toplam	2.343	61			
R²	0.315				

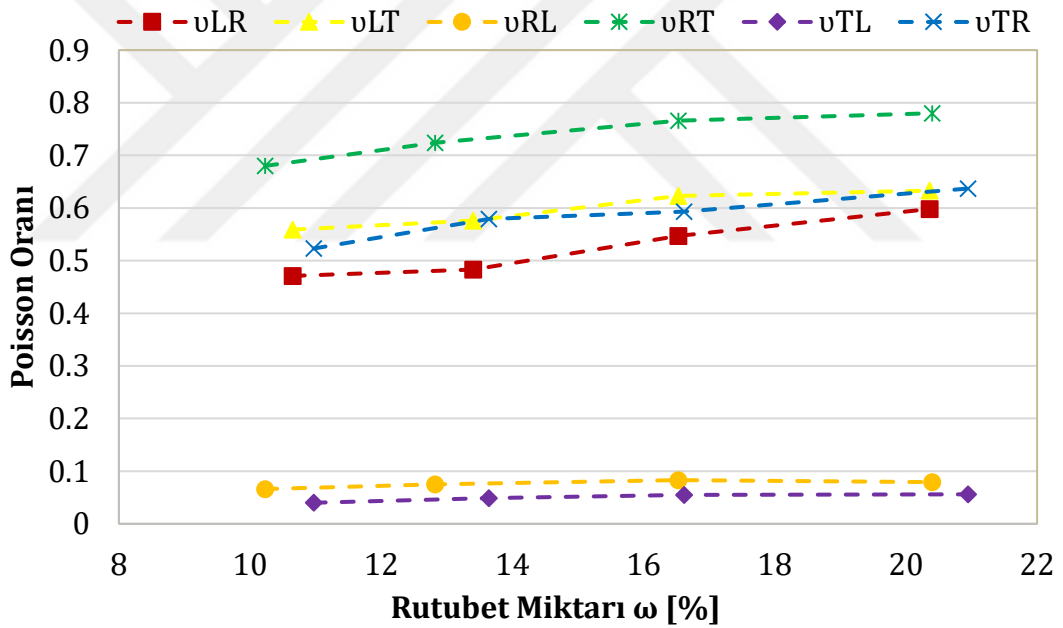
Çizelge 4.53. Meşe odununda rutubetin poisson oranı (U_{TL}) değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	0.006 ^a	3	0.002	6.729	.001
Intercept	0.321	1	0.321	1148.496	.000
Rutubet	0.006	3	0.002	6.729	.001
Hata	0.015	54	0.000		
Toplam	0.343	58			
Düzeltilmiş Toplam	0.021	57			
R²	0.272				

Çizelge 4.54. Meşe odununda rutubetin poisson oranı (ν_{TR}) değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	1.642 ^a	3	0.547	37.647	.000
Intercept	28.243	1	28.243	1942.026	.000
Rutubet	1.642	3	0.547	37.647	.000
Hata	0.785	54	0.015		
Toplam	30.876	58			
Düzeltilmiş Toplam	2.428	57			
R^2	0.677				

Kayın odununun poisson oranı değerleri (ν_{LR} , ν_{LT} , ν_{RL} , ν_{RT} , ν_{TR} , ν_{TL}) ile rutubet miktarı arasındaki ilişki Şekil 4.14’de gösterilmiştir.



Şekil 4.14. Kayın odununun Poisson oranları ve rutubet miktarı arasındaki ilişki

Kayın odunu örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı ($\omega\%$), poisson oranı değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve DUNCAN grupları Çizelge 4.55’de gösterilmiştir. Poisson oranı değeri LR düzleminde 0.471, LT düzleminde 0.559, RL düzleminde 0.066, RT düzleminde 0.680, TL düzleminde 0.040, TR düzleminde 0.523 olarak bulunmuştur. Poisson oranının varyasyon katsayısı değeri %12.63 ile %23.90 arasında değişmektedir. RL ve TL

düzleminde varyasyon katsayıları genellikle diğer düzlemlere göre yüksek çıkmıştır. Hering vd., de (2012a), LT ve LR düzlemlerinde poisson oranı değerlerinin varyasyon katsayılarının yüksek olduğunu belirtmiştir. Poisson oranı değeri en düşük RL ve TL düzleminde olduğu görülmüştür. Genellikle rutubet miktarı artarken poisson oranı değeri artmıştır. Genellikle poisson oranı değeri avrupa kayını ve bazı sert ağaç türlerinde LR düzleminde tanımlanmıştır.

Çizelge 4.55. Kayın odununun poisson oranları değerlerine ilişkin bulgular ve DUNCAN grupları

ϕ [%]	N [-]	U_{LR}	U_{LT}	U_{RL}	U_{RT}	U_{TL}	U_{TR}	
50	\bar{x}	0.471	0.559	0.066	0.680	0.040	0.523	
	V[%]	22.80	17.53	20.69	16.80	22.86	16.39	
	d(gr/cm ³)	15	0.67	0.67	0.66	0.66	0.64	0.64
	ω (%)	10.65	10.65	10.23	10.23	10.97	10.97	
	D.G.	1	1	1	1	1	1	
65	\bar{x}	0.483	0.576	0.075	0.724	0.049	0.579	
	V[%]	17.43	15.71	21.85	9.93	23.12	14.93	
	d(gr/cm ³)	15	0.68	0.68	0.67	0.67	0.64	0.64
	ω (%)	13.40	13.40	12.82	12.82	13.64	13.64	
	D.G.	1	1	1-2	1-2	1-2	1-2	
85	\bar{x}	0.547	0.623	0.083	0.766	0.055	0.593	
	V[%]	15.40	16.09	22.23	12.63	23.90	18.66	
	d(gr/cm ³)	15	0.68	0.68	0.68	0.68	0.65	0.65
	ω (%)	16.53	16.53	16.53	16.53	16.62	16.62	
	D.G.	1-2	1	2	2	2	1-2	
95	\bar{x}	0.598	0.633	0.079	0.780	0.056	0.637	
	V[%]	19.08	14.66	21.93	14.90	22.55	15.38	
	d(gr/cm ³)	15	0.69	0.69	0.68	0.68	0.65	0.65
	ω (%)	20.36	20.36	20.40	20.40	20.95	20.95	
	D.G.	2	1	2	2	2	2	

V(%):Varyasyon katsayısı, ω (%):Rutubet seviyesi, ϕ [%]: Bağlı nem, N:Örnek sayısı, D.G.:DUNCAN grubu, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk, u :Poisson oranı

50-65-85 ve %95 bağlı nem seviyelerindeki poisson oranları istatistiksel değerlendirilerek rutubet miktarının poisson oranına etkisi araştırılmıştır. Kayın odununda rutubetin poisson oranı değerlerine etkisinin varyans analizleri Çizelge 4.56-4.57-4.58-4.59-4.60-4.61' de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre 50-65-85-%95 bağlı nem seviyelerinde poisson oranı değerleri 0.05 güven düzeyinde LT düzleminde anlamlı bir farklılık görülmezken (0.129>0.05), LR, RL, RT, TL, TR anlamlı bir farklılık olduğu

görülmektedir (≤ 0.05). Poisson oranı ile rutubet miktarı arasında çok zayıf bir ilişki olduğu görülmektedir ($U_{LR} R^2: 0.212$, $U_{RL} R^2: 0.129$, $U_{RT} R^2: 0.129$, $U_{TL} R^2: 0.235$, $U_{TR} R^2: 0.153$). DUNCAN testi sonuçlarına göre poisson oranları LR, RL, RT, TL, TR düzlemlerinde iki farklı grup oluşmuştur.

Çizelge 4.56. Kayın odununda rutubetin poisson oranı (U_{LR}) değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	0.156 ^a	3	0.052	5.013	.004
Intercept	16.527	1	16.527	1591.102	.000
Rutubet	0.156	3	0.052	5.013	.004
Hata	0.582	56	0.010		
Toplam	17.265	60			
Düzeltilmiş Toplam	0.738	59			
R²	0.212				

Çizelge 4.57. Kayın odununda rutubetin poisson oranı (U_{LT}) değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	0.058 ^a	3	0.019	1.967	.129
Intercept	21.420	1	21.420	2194.068	.000
Rutubet	0.058	3	0.019	1.967	.129
Hata	0.547	56	0.010		
Toplam	22.025	60			
Düzeltilmiş Toplam	0.604	59			
R²	0.095				

Çizelge 4.58. Kayın odununda rutubetin poisson oranı (U_{RL}) değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	0.002 ^a	3	0.001	2.764	.050
Intercept	0.343	1	0.343	1172.627	.000
Rutubet	0.002	3	0.001	2.764	.050
Hata	0.016	56	0.000		
Toplam	0.361	60			
Düzeltilmiş Toplam	0.019	59			
R²	0.129				

Çizelge 4.59. Kayın odununda rutubetin poisson oranı (U_{RT}) değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	0.091 ^a	3	0.030	2.769	.050
Intercept	32.640	1	32.640	2962.955	.000
Rutubet	0.091	3	0.030	2.769	.050
Hata	0.617	56	0.011		
Toplam	33.349	60			
Düzeltilmiş Toplam	0.708	59			
R²	0.129				

Çizelge 4.60. Kayın odununda rutubetin poisson oranı (U_{TL}) değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	0.003 ^a	3	0.001	5.731	.002
Intercept	0.151	1	0.151	1027.638	.000
Rutubet	0.003	3	0.001	5.731	.002
Hata	0.008	56	0.000		
Toplam	0.162	60			
Düzeltilmiş Toplam	0.011	59			
R²	0.235				

Çizelge 4.61. Kayın odununda rutubetin poisson oranı (ν_{TR}) değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	0.100 ^a	3	0.033	3.379	.024
Intercept	20.393	1	20.393	2075.457	.000
Rutubet	0.100	3	0.033	3.379	.024
Hata	0.550	56	0.010		
Toplam	21.043	60			
Düzeltilmiş Toplam	0.650	59			
R^2	0.153				

Hücre duvarındaki su, ilk önce çoğunluğu hidrojen bağı olan adsorbsiyon kuvvetleri ile tutulur. Adsorbsiyon, su molekülleri ile selüloz, hemiseluloz ve lignindeki hidrojen bağı yapabilen kısımlar (OH) arasında gerçekleşir. Bağ yapabilen her bir kısma 6-10 su molekülü yerleşebilmektedir (Shmulsky ve Jones, 2011). Daha fazla su molekülünün eklenmesi, mikrofibrilleri birbirinden uzaklaştırarak bağlanma enerjilerini düşürür. Bu da odunun mekanik özelliklerine etki eder. Rutubet miktarının artması ile odunun direnç ve elastikiyet modülü değerlerinin azalma nedeni buna bağlanabilir.

4.2. Sıcaklığın Test Edilen Özellikler Üzerine Etkisi

Deney örnekleri her ağaç türü için dört farklı sıcaklık (120-150-180-210°C) ve üç farklı sürede (2-5-8 saat) etüvde atmosferik ortamda sıcaklığa maruz bırakılmış ve sonrasında %65 bağıl nem ve 20°C sıcaklıkta yaklaşık 8 hafta kondüsyonlanmıştır. Örneklerin eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, L, R ve T yönlerinde basma direnci, L, R ve T yönlerinde Young modülü ve 6 farklı düzlemde (ν_{LR} , ν_{LT} , ν_{RL} , ν_{RT} , ν_{TR} , ν_{TL}) poisson oranı değerleri hesaplanarak, kontrol gruplarına göre yüzde değişim miktarları hesaplanmıştır.

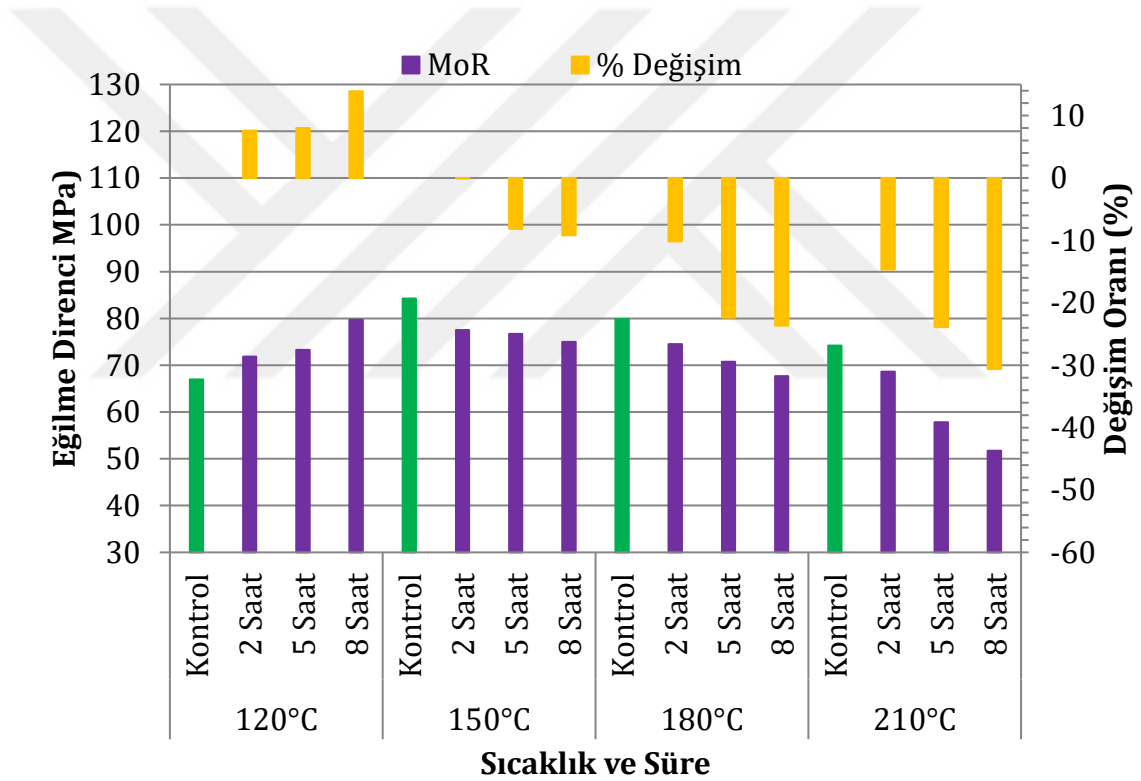
4.2.1. Eğilme direnci

Eğilme testi örnekleri her bir ağaç türü için 120-150-180 ve 210 °C olmak üzere dört gruba ayrılarak sıcaklığa maruz bırakılmıştır. Her sıcaklık grubunun işlem

süresi 2-5-8 saat olarak uygulanmıştır. Farklı sıcaklık gruplarının her birinden kontrol örnekleri dört grup olarak ayrılmış ve herhangi bir işlem yapılmamıştır.

I.GRUP 120°C	II. GRUP 150°C	III. GRUP 180°C	IV.GRUP 210°C
0 Saat	0 Saat	0 Saat	0 Saat
2 Saat	2 Saat	2 Saat	2 Saat
5 Saat	5 Saat	5 Saat	5 Saat
8 Saat	8 Saat	8 Saat	8 Saat

Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre eğilme direnci değerlerindeki değişimi Şekil 4.15' de gösterilmiştir.



Şekil 4.15. Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre eğilme direnci değerlerindeki değişimi

Sedir odunu örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı ($\omega\%$), denemelerden elde edilen eğilme direnci değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve kontrol gruplarına göre yüzde değişim miktarı Çizelge 4.62' de gösterilmiştir. 120°C grubu eğilme örneklerinde en yüksek eğilme direnci 8 saat işlem süresinde (79.68 MPa) bulunurken, en düşük eğilme direnci kontrol örneklerinde (66.96)

elde edilmiştir. 150 °C grubunda en yüksek eğilme direnci kontrol grubunda (84.25 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (75.00 MPa), 180 °C grubunda en yüksek eğilme direnci kontrol grubunda (79.84 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (67.68 MPa), 210 °C grubunda en yüksek eğilme direnci kontrol grubunda (74.20 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (51.70 MPa) elde edilmiştir. 120°C sıcaklık uygulamasında eğilme örneklerinde işlem süresi artarken eğilme direnci değerlerinde de %13.91 artış görülmüştür. Diğer gruplarda (150-180-210°C) sıcaklık uygulama süresinin artmasıyla eğilme direnci değerlerinde sırasıyla %9.16, %23.64, %30.61 oranında azalma görülmüştür. Eğilme direnci değerlerinin varyasyon katsayıları %3.06 ile %9.27 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.62. Sedir odununun eğilme direnci değerlerine ilişkin bulgular

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	N [-]	d ₁₂ (gr/cm ³)	ω[%]	\bar{x} [MPa]	V[%]	% Değişim
120	0	13	0.46	12.89	66.96	6.44	0
	2	13	0.45	12.53	71.87	7.26	7.62
	5	13	0.45	11.03	73.25	8.75	8.02
	8	13	0.45	10.73	79.68	9.04	13.91
150	0	14	0.46	12.62	84.25	7.91	0
	2	13	0.45	10.12	77.53	5.57	-0.07
	5	13	0.45	9.13	76.72	8.64	-8.15
	8	13	0.45	9.06	75.00	8.89	-9.16
180	0	14	0.44	12.15	79.84	7.94	0
	2	13	0.44	6.88	74.48	9.23	-10.12
	5	13	0.43	6.34	70.73	7.59	-22.36
	8	13	0.43	6.12	67.68	8.63	-23.64
210	0	13	0.49	12.13	74.20	8.41	0
	2	13	0.47	5.94	68.63	9.27	-14.68
	5	13	0.45	4.52	57.80	3.13	-23.89
	8	13	0.45	4.52	51.70	3.06	-30.61

V(%):Varyasyon katsayısı, ω(%):Rutubet seviyesi, N:Örnek sayısı, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

Sedir odununda eğilme direnci istatistiksel olarak değerlendirilerek sıcaklık ve sürenin eğilme direncine etkisi araştırılmıştır. Sıcaklık ve sürenin eğilme direncine etkisinin varyans analizi Çizelge 4.63' de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre eğilme direnci değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir(≤ 0.05). Eğilme direnci ile sıcaklık ve

süre arasında doğrusala yakın bir ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.797$). DUNCAN testi sonuçlarına göre eğilme direnci değerleri sıcaklığa göre 4 farklı grup oluşurken, uygulama süresine göre 3 farklı grup oluşmuştur (Çizelge 4.64). Bal vd. (2011) sedirin genç odununda eğilme direncini 75.8 N/mm^2 , olgun odunda ise 94.4 N/mm^2 olarak hesaplamışlardır.

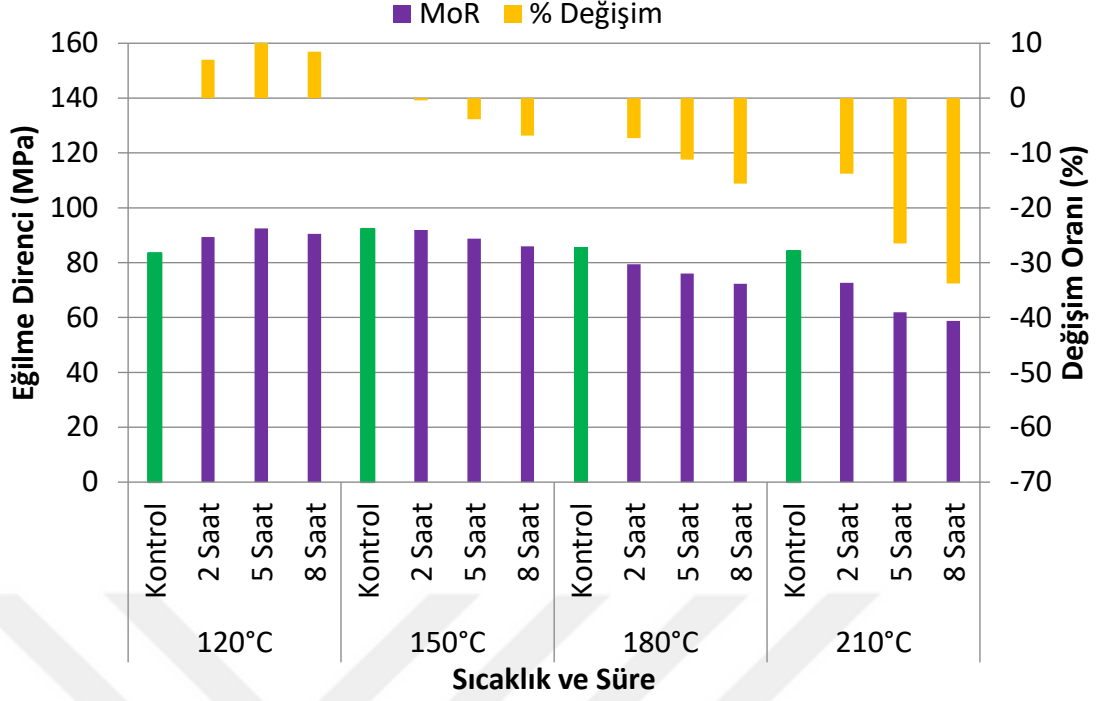
Çizelge 4.63. Sedir odununda sıcaklık ve sürenin eğilme direncine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	35629.655	15	2375.310	50.668	.000
Intercept	10333.710	1	10333.710	220.428	.000
Sıcaklık	20153.323	3	6717.774	143.297	.000
Süre	5327.768	3	1775.923	37.882	.000
Sıcaklık* Süre	8417.125	9	935.236	19.950	.000
Hata	9094.744	194	46.880		
Toplam	55559.040	210			
Düzeltilmiş Toplam	44724.399	209			
R^2	0.797				

Çizelge 4.64. Sedir odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin eğilme direnci Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar				Süre (saat)	Gruplar		
	1	2	3	4		1	2	3
210	-18.20				8	-11.88		
180		-14.11			5	-11.37		
150			-4.84		2		-4.11	
120				7.77	0			0.00
Sig.	1.00	1.00	1.00	1.00	Sig.	0.70	1.00	1.00

Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre eğilme direnci değerlerindeki değişimi Şekil 4.16' da gösterilmiştir.



Şekil 4.16. Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre eğilme direnci değerlerindeki değişimi

Kızılçam odunu örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı ($\omega\%$), denemelerden elde edilen eğilme direnci değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve kontrol gruplarına göre yüzde değişim miktarı Çizelge 4.65' de gösterilmiştir. 120°C grubu eğilme örneklerinde en yüksek eğilme direnci 5 saat işlem süresinde (95.52 MPa) bulunurken, en düşük eğilme direnci I. grubun kontrol örneklerinde (83.49 MPa) elde edilmiştir. 150 °C grubunda en yüksek eğilme direnci kontrol grubunda (92.31 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (86.00 MPa), 180 °C grubunda en yüksek eğilme direnci kontrol grubunda (85.67 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (72.30 MPa), 210 °C grubunda en yüksek eğilme direnci kontrol grubunda (84.25 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (58.78 MPa) elde edilmiştir. 120°C sıcaklık uygulamasında eğilme örneklerinde işlem süresi artarken eğilme direnci değerlerinde de %10.81 artış görülmüştür. Diğer gruplarda (150-180-210°C) sıcaklık uygulama süresinin artmasıyla eğilme direnci değerlerinde sırasıyla %6.83, %15.60, %33.80 oranında azalma görülmüştür. Eğilme direnci değerlerinin varyasyon katsayıları %5.18 ile %12.88 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.65. Kızılçam odununun eğilme direnci değerlerine ilişkin bulgular

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	N [-]	d_{12} (gr/cm ³)	ω [%]	\bar{x} [MPa]	V[%]	% Değişim
120	0	11	0.49	12.04	83.49	5.18	0
	2	11	0.49	11.56	89.35	9.34	7.01
	5	11	0.48	10.97	95.52	6.82	10.81
	8	11	0.48	10.95	90.57	6.93	8.48
150	0	11	0.49	12.62	92.31	5.41	0
	2	11	0.47	9.98	91.94	8.36	-0.40
	5	11	0.47	9.13	88.77	8.43	-3.84
	8	10	0.47	8.92	86.00	6.51	-6.83
180	0	11	0.48	12.38	85.67	6.87	0
	2	11	0.47	6.99	79.44	10.26	-7.26
	5	11	0.46	6.63	76.04	11.78	-11.23
	8	10	0.43	6.33	72.30	9.85	-15.60
210	0	11	0.53	12.05	84.25	8.90	0
	2	11	0.50	5.92	72.61	8.48	-13.80
	5	11	0.49	4.79	61.95	11.00	-26.46
	8	11	0.48	4.52	58.78	12.88	-33.80

V(%):Varyasyon katsayısı, ω (%):Rutubet seviyesi, N:Örnek sayısı, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

Kızılçam odununda eğilme direnci istatistiksel olarak değerlendirilerek sıcaklık ve sürenin eğilme direncine etkisi araştırılmıştır. Sıcaklık ve sürenin eğilme direncine etkisinin varyans analizi Çizelge 4.66' da gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre eğilme direnci değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir(≤ 0.05).

Çizelge 4.66. Kızılçam odununda sıcaklık ve sürenin eğilme direncine etkisinin varyans analizi

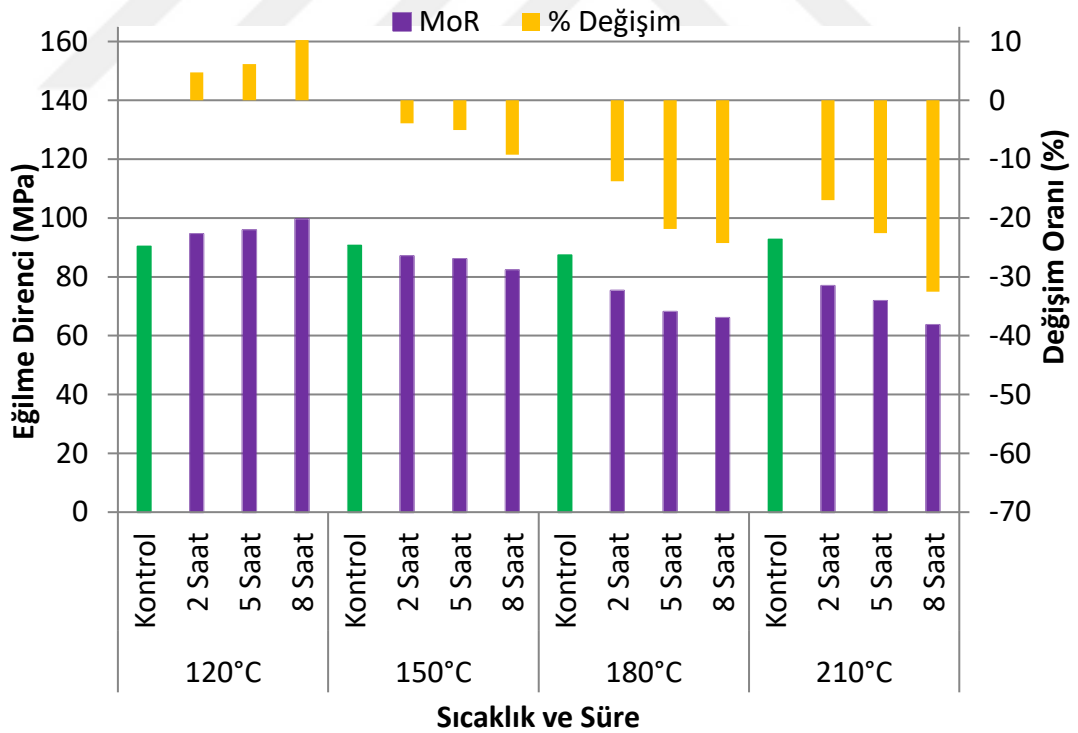
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	22396.534	15	1493.102	24.215	.000
Intercept	5732.222	1	5732.222	92.964	.000
Sıcaklık	3310.498	3	1103.499	17.896	.000
Süre	13980.428	3	4660.143	75.577	.000
Sıcaklık* Süre	5900.977	9	655.664	10.633	.000
Hata	9742.383	158	61.661		
Toplam	37411.528	174			
Düzeltilmiş Toplam	32138.917	173			
R^2	0.697				

Eğilme direnci ile sıcaklık ve süre arasında doğrusala yakın bir ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.697$). DUNCAN testi sonuçlarına göre eğilme direnci değerleri sıcaklığa ve uygulama süresine göre 4 farklı grup oluşmuştur (Çizelge 4.67).

Çizelge 4.67. Kızılçam odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin eğilme direnci Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar				Süre (saat)	Gruplar			
	1	2	3	4		1	2	3	4
210	-17.2				8	-11.52			
180	-8.12				5	-7.49			
150	-2.88				2	-3.45			
120	6.59				0	0.00			
Sig.	1.00	1.00	1.00	1.00	Sig.	1.00	1.00	1.00	1.00

Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre eğilme direnci değerlerindeki değişimi Şekil 4.17’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.17. Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre eğilme direnci değerlerindeki değişimi

Meşe odunu örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı ($\omega\%$), denemelerden elde

edilen eğilme direnci değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve kontrol gruplarına göre yüzde değişim miktarı Çizelge 4.68' de gösterilmiştir. 120°C grubu eğilme örneklerinde en yüksek eğilme direnci 8 saat işlem süresinde (99.55 MPa) bulunurken, en düşük eğilme direnci I. grubun kontrol örneklerinde (90.28) elde edilmiştir. 150 °C grubunda en yüksek eğilme direnci kontrol grubunda (90.60 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (82.26 MPa), 180 °C grubunda en yüksek eğilme direnci kontrol grubunda (87.31 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (66.01 MPa), 210 °C grubunda en yüksek eğilme direnci kontrol grubunda (92.66 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (63.67 MPa) elde edilmiştir. 120°C sıcaklık uygulamasında eğilme örneklerinde işlem süresi artarken eğilme direnci değerlerinde de %10.27 artış görülmüştür. Diğer gruplarda (150-180-210°C) sıcaklık uygulama süresinin artmasıyla eğilme direnci değerlerinde sırasıyla %9.21, %24.26, %32.54 oranında azalma görülmüştür. Eğilme direnci değerlerinin varyasyon katsayıları %4.54 ile %10.60 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.68. Meşe odununun eğilme direnci değerlerine ilişkin bulgular

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	N [-]	d ₁₂ (gr/cm ³)	ω[%]	\bar{x} [MPa]	V[%]	% Değişim
120	0	11	0.67	12.23	90.28	6.86	0.00
	2	11	0.67	12.20	94.55	7.94	4.73
	5	11	0.66	11.22	95.84	7.25	6.16
	8	11	0.66	10.30	99.55	9.00	10.27
150	0	11	0.67	11.97	90.60	8.55	0.00
	2	11	0.66	10.25	87.05	10.60	-3.92
	5	10	0.66	9.86	86.04	7.40	-5.03
	8	10	0.65	9.24	82.26	7.35	-9.21
180	0	10	0.68	11.97	87.31	8.04	0.00
	2	10	0.67	7.06	75.24	8.07	-13.75
	5	10	0.66	6.78	68.13	5.95	-21.84
	8	10	0.65	6.33	66.01	7.26	-24.26
210	0	10	0.67	12.03	92.66	6.77	0.00
	2	10	0.64	6.63	76.92	4.54	-16.98
	5	10	0.63	5.22	71.76	6.93	-22.54
	8	10	0.62	5.01	63.67	10.06	-32.54

V(%):Varyasyon katsayısı, ω(%):Rutubet seviyesi, N:Örnek sayısı, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

Meşe odununun eğilme direnci Efe ve Çağatay (2011) tarafından yapılan

çalışmadan biraz düşük çıkmıştır. Bu çalışmada eğilme direnci değerleri 120°C sıcaklık uygulamasında biraz artarken Korkut vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada eğilme dirençleri 120, 150 ve 180°C sıcaklık uygulamalarında azalmıştır.

Meşe odununda eğilme direnci istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve sürenin eğilme direncine etkisi araştırılmıştır. Sıcaklık ve sürenin eğilme direncine etkisinin varyans analizi Çizelge 4.69' da gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre eğilme direnci değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir (≤ 0.05). Eğilme direnci ile sıcaklık ve süre arasında doğrusala yakın bir ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.792$). DUNCAN testi sonuçlarına göre eğilme direnci değerleri sıcaklığa ve uygulama süresine göre 3 farklı grup oluşmuştur (Çizelge 4.70).

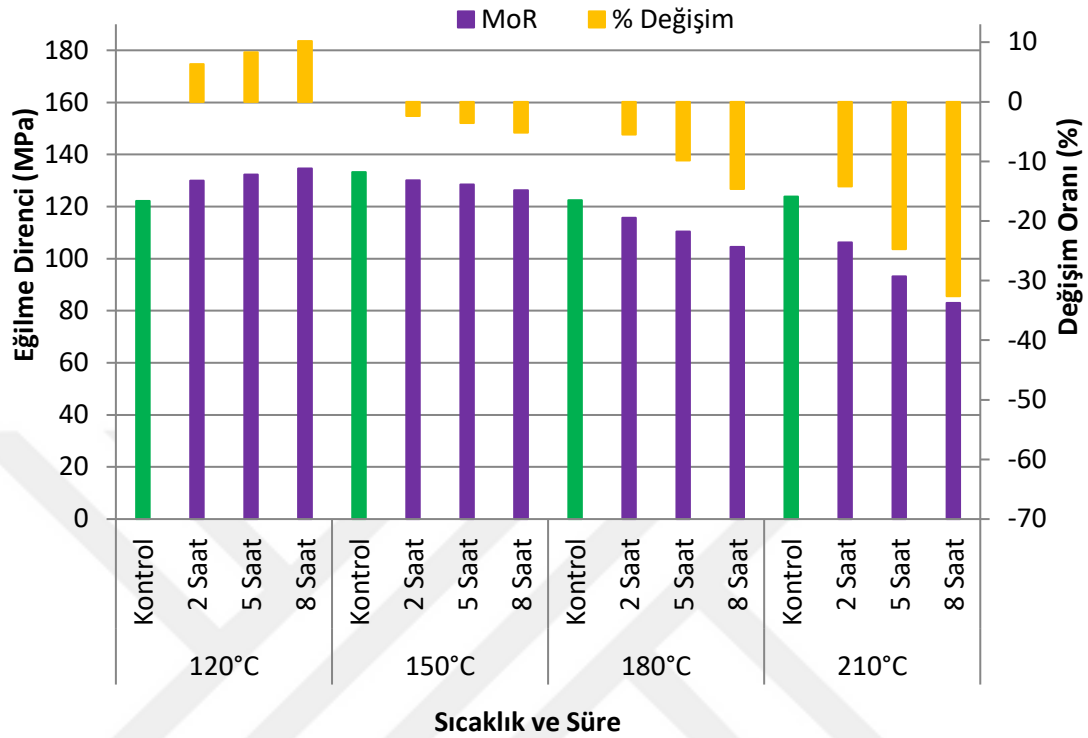
Çizelge 4.69. Meşe odununda sıcaklık ve sürenin eğilme direncine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P \leq 0.05
Model	24081.037	15	1605.402	38.191	.000
Intercept	10731.235	1	10731.235	255.287	.000
Sıcaklık	13926.427	3	4642.142	110.433	.000
Süre	4479.063	3	1493.021	35.518	.000
Sıcaklık* Süre	6044.397	9	671.600	15.977	.000
Hata	6305.387	150	42.036		
Toplam	40730.837	166			
Düzeltilmiş Toplam	30386.424	165			
R²	0.792				

Çizelge 4.70. Meşe odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin eğilme direnci Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar			Süre (saat)	Gruplar		
	1	2	3		1	2	3
210	-17.15			8	-13.93		
180	-14.90			5		-10.40	
150		-4.43		2		-7.77	
120			5.31	0			0.00
Sig.	0.11	1.00	1.00	Sig.	1.00	0.06	1.00

Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre eğilme direnci değerlerindeki değişimi Şekil 4.18’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.18. Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre eğilme direnci değerlerindeki değişimi

Kayın odunu örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı ($\omega\%$), denemelerden elde edilen eğilme direnci değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve kontrol gruplarına göre yüzde değişim miktarı Çizelge 4.71’ de gösterilmiştir. 120°C grubu eğilme örneklerinde en yüksek eğilme direnci 8 saat işlem süresinde (134.62 MPa) bulunurken, en düşük eğilme direnci kontrol örneklerinde (122.16 MPa) elde edilmiştir. 150 °C grubunda en yüksek eğilme direnci kontrol grubunda (133.23 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (126.31 MPa), 180 °C grubunda en yüksek eğilme direnci kontrol grubunda (122.44 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (104.53 MPa), 210 °C grubunda en yüksek eğilme direnci kontrol grubunda (123.83 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (82.99 MPa) elde edilmiştir. 120°C sıcaklık uygulamasında eğilme örneklerinde işlem süresi artarken eğilme direnci değerlerinde de %10.20 artış görülmüştür. Diğer gruplarda (150-180-210°C) sıcaklık uygulama süresinin artmasıyla eğilme direnci değerlerinde sırasıyla %5.19, %14.63, %32.63 oranında azalma

görülmüştür. Eğilme direnci değerlerinin varyasyon katsayıları %3.88 ile %8.68 arasında değişmektedir. Doğu kayınının eğilme direnci Kasal vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada bulunan değerlere (123.7 N/mm²) yakın olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.71. Kayın odununun eğilme direnci değerlerine ilişkin bulgular

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	N [-]	d ₁₂ (gr/cm ³)	ω[%]	\bar{x} [MPa]	V[%]	% Değişim
120	0	10	0.68	12.08	122.16	6.89	0.00
	2	10	0.68	11.47	129.90	4.74	6.34
	5	10	0.67	11.02	132.29	5.85	8.29
	8	10	0.67	10.90	134.62	6.49	10.20
150	0	10	0.69	12.31	133.23	3.88	0.00
	2	10	0.69	11.00	130.03	7.15	-2.40
	5	10	0.68	10.61	128.47	4.74	-3.57
	8	10	0.67	9.82	126.31	4.88	-5.19
180	0	10	0.69	12.12	122.44	6.76	0.00
	2	10	0.68	8.09	115.69	6.88	-5.52
	5	10	0.67	6.98	110.39	7.67	-9.84
	8	10	0.67	6.68	104.53	7.92	-14.63
210	0	10	0.70	12.25	123.83	6.28	0.00
	2	10	0.68	5.82	106.24	7.08	-14.20
	5	10	0.67	5.31	93.19	8.68	-24.74
	8	10	0.65	4.84	82.99	5.99	-32.63

V(%):Varyasyon katsayısı, ω(%):Rutubet seviyesi, N:Örnek sayısı, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

Kayın odununda eğilme direnci istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve uygulama süresinin eğilme direncine etkisi araştırılmıştır. Sıcaklık ve sürenin eğilme direncine etkisinin varyans analizi Çizelge 4.72' de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre eğilme direnci değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir(≤ 0.05). Eğilme direnci ile sıcaklık ve süre arasında doğrusala yakın bir ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.821$). DUNCAN testi sonuçlarına göre eğilme direnci değerleri sıcaklığa göre ve uygulama süresine göre dört farklı grup oluşmuştur (Çizelge 4.73). Doruk ve Perçin (2010) tarafından yapılan çalışmada 130, 165 ve 200°C ısıtım işlem uygulanmış kayın odununun eğilme direncinde sıcaklığın artmasıyla birlikte direnç değerlerinde azalma gözlenmiştir.

Çizelge 4.72. Kayın odununda sıcaklık ve sürenin eğilme direncine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	20141.868	15	1342.791	44.091	.000
Intercept	4865.817	1	4865.817	159.769	.000
Sıcaklık	12163.783	3	4054.594	133.133	.000
Süre	2521.934	3	840.645	27.603	.000
Sıcaklık* Süre	5456.151	9	606.239	19.906	.000
Hata	4385.554	144	30.455		
Toplam	29393.239	160			
Düzeltilmiş Toplam	24527.422	159			
R²	0.821				

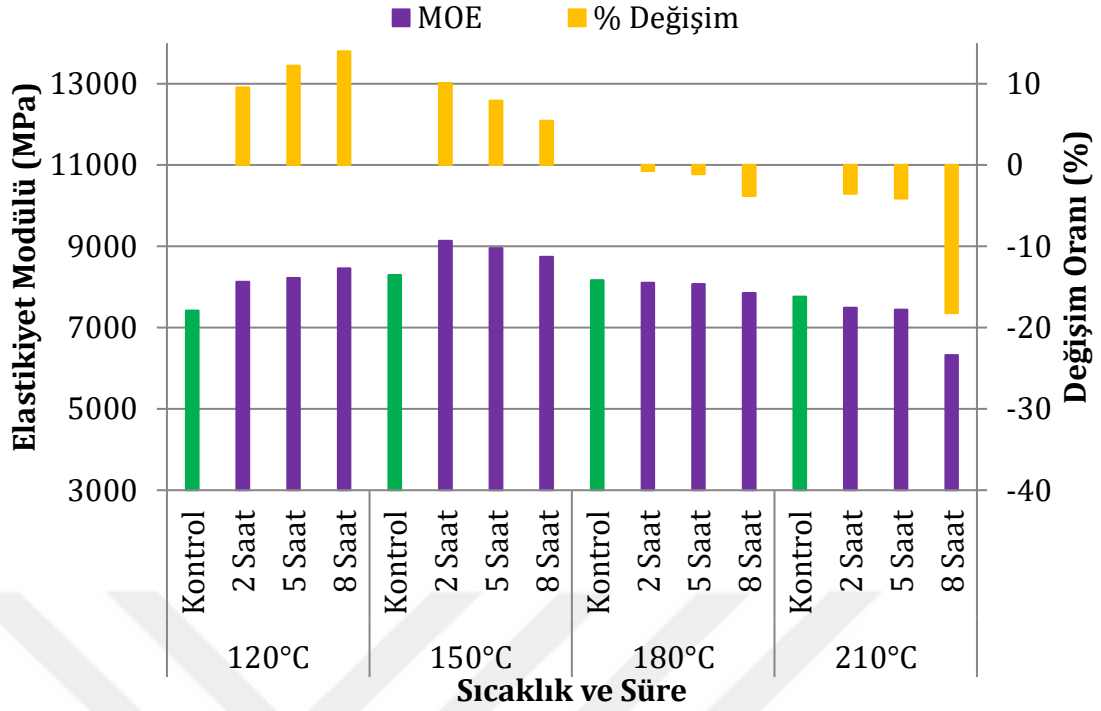
Çizelge 4.73. Kayın odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin eğilme direnci Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar				Süre (saat)	Gruplar			
	1	2	3	4		1	2	3	4
210	-17.9				8	-10.6			
180		-7.4			5		-7.4		
150			-2.7		2			-3.9	
120				6.20	0				0.00
Sig.	1.00	1.00	1.00	1.00	Sig.	1.00	1.00	1.00	1.00

4.2.2. Eğilmede elastikiyet modülü

Elastikiyet modülü deneme deseni eğilme direnci deneme deseniyle aynıdır.

Sedir odununda, sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre eğilmede elastikiyet modülü değerlerindeki değişim Şekil 4.19' da gösterilmiştir.



Şekil 4.19. Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre eğilmede elastikite modülü değerlerindeki değişimi

Sedir odunu örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı ($\omega\%$), denemelerden elde edilen eğilmede elastikite modülü değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve kontrol gruplarına göre yüzde değişim miktarı Çizelge 4.74' de gösterilmiştir. 120°C grubu eğilme örneklerinde en yüksek eğilmede elastikite modülü 8 saat işlem süresinde (8457 MPa) bulunurken, en düşük eğilmede elastikite modülü kontrol örneklerinde (7419 MPa) elde edilmiştir. 150 °C grubunda en yüksek eğilmede elastikite modülü 8 saat işlem süresinde (8746 MPa), en düşük kontrol grubunda (8295 MPa), 180 °C grubunda en yüksek eğilmede elastikite modülü kontrol grubunda (8168 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (7855 MPa), 210 °C grubunda en yüksek eğilmede elastikite modülü kontrol grubunda (7762 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (6324 MPa) elde edilmiştir. 120°C ve 150°C sıcaklık uygulamasında eğilme örneklerinde işlem süresi artarken eğilmede elastikite modülü değerlerinde sırasıyla %13.99, %5.43 artış görülmüştür. Diğer gruplarda (180-210°C) sıcaklık uygulama süresinin artmasıyla eğilmede elastikite modülü değerlerinde sırasıyla %3.82, %18.21 oranında azalma görülmüştür. Genel

olarak 180°C' ye kadar eğilmede elastikiyet modülü artarken, 180°C' nin üzerinde ki sıcaklık gruplarında azalmıştır. Eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin varyasyon katsayıları %3.06 ile %9.27 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.74. Sedir odununun eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ilişkin bulgular

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	N [-]	d ₁₂ (gr/cm ³)	ω (%)	\bar{x} [MPa]	V[%]	% Değişim
120	0	13	0.46	12.89	7419.57	8.60	0
	2	13	0.45	12.53	8126.63	8.28	9.53
	5	13	0.45	11.03	8226.35	5.75	12.22
	8	13	0.45	10.73	8457.78	7.43	13.99
150	0	14	0.46	12.62	8295.00	8.50	0
	2	13	0.45	10.12	9133.54	6.40	10.1
	5	13	0.45	9.13	8953.34	3.87	7.92
	8	13	0.45	9.06	8746.15	11.17	5.43
180	0	14	0.44	12.15	8168.00	8.59	0
	2	13	0.44	6.88	8108.00	6.07	-0.73
	5	13	0.43	6.34	8074.00	8.67	-1.14
	8	13	0.43	6.12	7855.24	6.15	-3.82
210	0	13	0.49	12.13	7762.92	5.53	0
	2	13	0.47	5.94	7487.64	5.65	-3.54
	5	13	0.45	4.52	7442.50	8.13	-4.12
	8	13	0.45	4.52	6324.72	8.75	-18.21

V(%):Varyasyon katsayısı, ω(%):Rutubet seviyesi, N:Örnek sayısı, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

Sedir odununda eğilmede elastikiyet modülü istatistiksel olarak değerlendirilerek sıcaklık ve sürenin eğilmede elastikiyet modülüne etkisi araştırılmıştır. Sıcaklık ve sürenin eğilmede elastikiyet modülüne etkisinin varyans analizi Çizelge 4.75' de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir (≤ 0.05). Eğilmede elastikiyet modülü ile sıcaklık ve süre arasında doğrusala yakın bir ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.597$). DUNCAN testi sonuçlarına göre eğilmede elastikiyet modülü değerleri sıcaklığa göre dört farklı grup oluşurken, uygulama süresine göre iki farklı grup oluşmuştur (Çizelge 4.76). Sıcaklığın eğilmede elastikiyet modülü değerleri üzerinde, uygulama süresine göre daha etkili olduğu görülmüştür.

Esteves ve Pereira (2009)' ya göre kısa süreli ve düşük sıcaklıktaki ısı işlem

uygulamalarında eğilmede elastikiyet modülü artarken yüksek sıcaklık ve uzun süreli işlemlerde eğilmede elastikiyet modülü değerleri azalmaktadır. Altınok vd.(2010)' nin bulduğu sonuçlar bu fikri desteklemektedir.

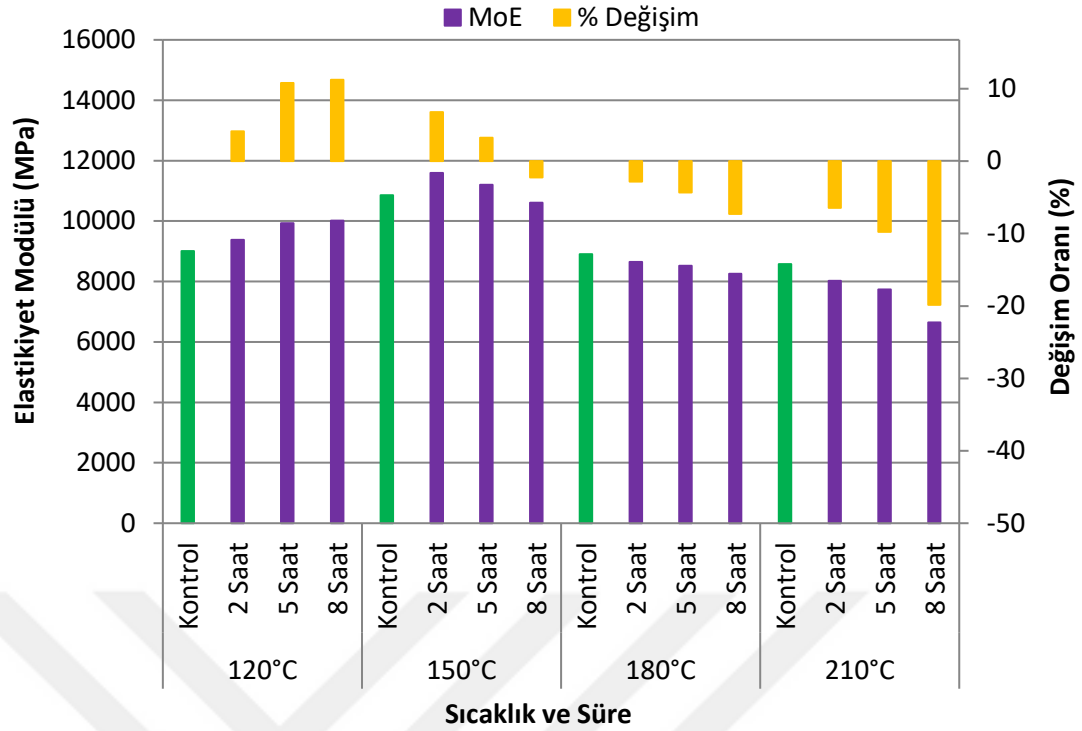
Çizelge 4.75. Sedir odununda sıcaklık ve sürenin eğilmede elastikiyet modülü etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	13875.004	15	925.000	19.125	.000
Intercept	614.258	1	614.258	12.700	.000
Sıcaklık	7986.036	3	2662.012	55.038	.000
Süre	896.352	3	298.784	6.177	.000
Sıcaklık* Süre	4073.902	9	452.656	9.359	.000
Hata	9383.149	194	48.367		
Toplam	23939.856	210			
Düzeltilmiş Toplam	23258.152	209			
R²	0.597				

Çizelge 4.76. Sedir odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin eğilmede elastikiyet modülü Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar				Süre (saat)	Gruplar	
	1	2	3	4		1	2
210	-6.81				8	-0.70	
180		-1.44			5		3.82
150			6.21		2		3.82
120				9.35	0	0.00	
Sig.	1.00	1.00	1.00	1.00	Sig.	0.60	1.00

Kızılçam odununda, sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre eğilmede elastikiyet modülü değerlerindeki değişim Şekil 4.20' de gösterilmiştir.



Şekil 4.20. Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre eğilmede elastikiyet modülü değerlerindeki değişimi

Kızılçam odunu örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı ($\omega\%$), denemelerden elde edilen eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve kontrol gruplarına göre yüzde değişim miktarı Çizelge 4.77' de gösterilmiştir. 120°C grubu eğilme örneklerinde en yüksek eğilmede elastikiyet modülü 8 saat işlem süresinde (10019 MPa) bulunurken, en düşük eğilmede elastikiyet modülü kontrol örneklerinde (9007 MPa) elde edilmiştir. 150 °C grubunda en yüksek eğilmede elastikiyet modülü 2 saat işlem süresinde (11590 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (10614 MPa), 180 °C grubunda en yüksek eğilmede elastikiyet modülü kontrol grubunda (8905 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (8254 MPa), 210 °C grubunda en yüksek eğilmede elastikiyet modülü kontrol grubunda (8576 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (6645 MPa) elde edilmiştir. 120°C ve 150°C sıcaklık uygulamasında eğilme örneklerinde işlem süresi artarken eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde sırasıyla %11.23, %6.76 artış görülmüştür. 150°C sıcaklık ve 8 saat uygulama süresinde azalma %2.23 görülmüştür. Diğer gruplarda (180-210°C) sıcaklık uygulama süresinin artmasıyla eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde

sırasıyla %-7.30, %19.83 oranında azalma görülmüştür. Genel olarak 180°C' ye kadar eğilmede elastikiyet modülü bir miktar artarken, 180°C' nin üzerinde ki sıcaklık gruplarında azalmıştır. Eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin varyasyon katsayıları %5.17 ile %13.83 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.77. Kızılçam odununun eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ilişkin bulgular

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	N [-]	d ₁₂ (gr/cm ³)	ω(%)	\bar{x} [MPa]	V[%]	% Değişim
120	0	11	0.49	12.04	9007.64	8.43	0
	2	11	0.49	11.56	9380.21	10.26	4.13
	5	11	0.48	10.97	9932.70	7.79	10.81
	8	11	0.48	10.95	10019.45	8.70	11.23
150	0	11	0.49	12.62	10856.49	7.97	0
	2	11	0.47	9.98	11590.79	5.17	6.76
	5	11	0.47	9.13	11206.62	6.05	3.22
	8	10	0.47	8.92	10614.00	9.47	-2.23
180	0	11	0.48	12.38	8905.24	11.63	0
	2	11	0.47	6.99	8653.39	10.86	-2.82
	5	11	0.46	6.63	8519.45	12.82	-4.33
	8	10	0.43	6.33	8254.64	13.83	-7.30
210	0	11	0.53	12.05	8576.34	8.78	0
	2	11	0.50	5.92	8021.86	13.23	-6.46
	5	11	0.49	4.79	7737.78	6.19	-9.77
	8	11	0.48	4.52	6645.87	10.87	-19.83

V(%):Varyasyon katsayısı, ω(%):Rutubet seviyesi, N:Örnek sayısı, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

Kızılçam odununda eğilmede elastikiyet modülü istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve sürenin eğilmede elastikiyet modülüne etkisi araştırılmıştır. Sıcaklık ve sürenin eğilmede elastikiyet modülüne etkisinin varyans analizi Çizelge 4.78' de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir (≤ 0.05). Eğilmede elastikiyet modülü ile sıcaklık ve süre arasında ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.433$). DUNCAN testi sonuçlarına göre eğilmede elastikiyet modülü değerleri sıcaklığa göre dört farklı grup oluşurken, uygulama süresine göre iki farklı grup oluşmuştur (Çizelge 4.79). Sedir odununda sıcaklığın eğilmede elastikiyet modülü değerleri üzerinde, uygulama süresine göre daha etkili olduğu görülmüştür.

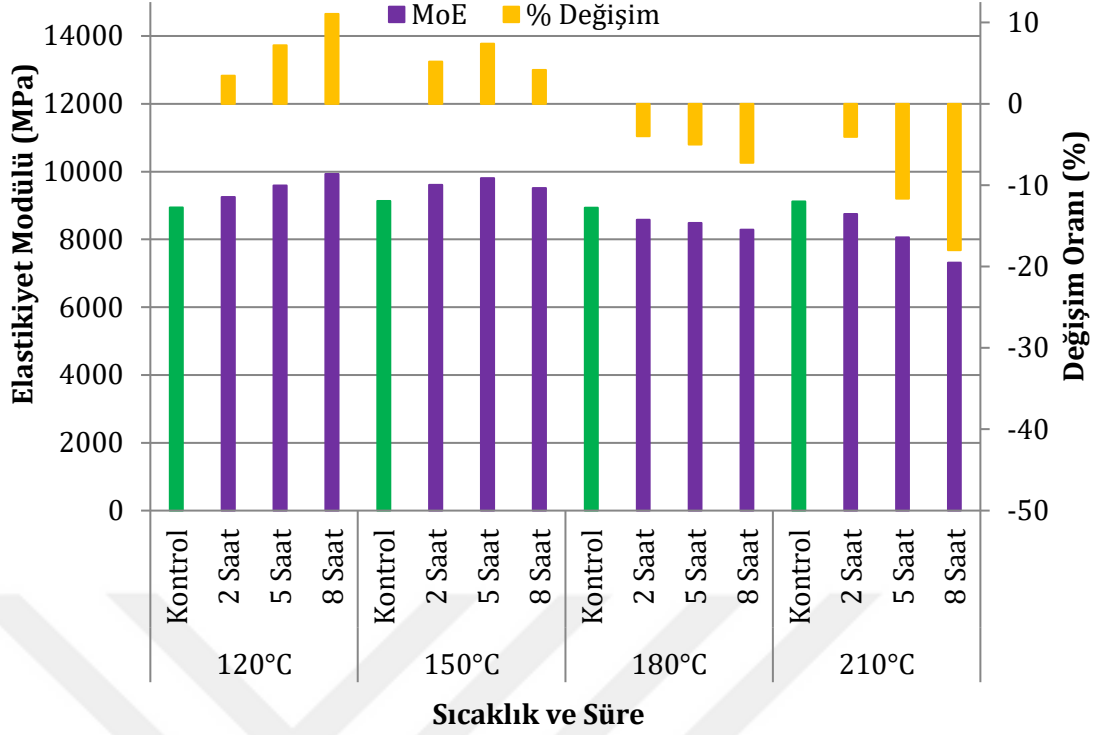
Çizelge 4.78. Kızılçam odununda sıcaklık ve sürenin eğilmede elastikiyet modülü etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	9135.648	15	609.043	8.029	.000
Intercept	188.229	1	188.229	2.481	.117
Sıcaklık	653.057	3	217.686	2.870	.038
Süre	5701.349	3	1900.450	25.053	.000
Sıcaklık* Süre	3101.772	9	344.641	4.543	.000
Hata	11985.375	158	75.857		
Toplam	21261.319	174			
Düzeltilmiş Toplam	21121.023	173			
R²	0.433				

Çizelge 4.79. Kızılçam odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin eğilmede elastikiyet modülü Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar				Süre (saat)	Gruplar	
	1	2	3	4		1	2
210	-8.39				8	-4.32	
180		-3.44			5		0.007
150			2.02		2		0.54
120				6.30	0		0.00
Sig.	1.00	1.00	1.00	1.00	Sig.	1.00	0.78

Meşe odununda, sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre eğilmede elastikiyet modülü değerlerindeki değişim Şekil 4.21' de gösterilmiştir.



Şekil 4.21. Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre eğilmede elastikiyet modülü değerlerindeki değişimi

Meşe odunu örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı ($\omega\%$), denemelerden elde edilen eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve kontrol gruplarına göre yüzde değişim miktarı Çizelge 4.80' de gösterilmiştir. 120°C grubu eğilme örneklerinde en yüksek eğilmede elastikiyet modülü 8 saat işlem süresinde (9930 MPa) bulunurken, en düşük eğilmede elastikiyet modülü kontrol örneklerinde (8941 MPa) elde edilmiştir. 150 °C grubunda en yüksek eğilmede elastikiyet modülü 5 saat işlem süresinde (9808 MPa), en düşük kontrol grubunda (9133 MPa), 180 °C grubunda en yüksek eğilmede elastikiyet modülü kontrol grubunda (8934 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (8288 MPa), 210 °C grubunda en yüksek eğilmede elastikiyet modülü kontrol grubunda (9118 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (7314 MPa) elde edilmiştir. 120°C ve 150°C sıcaklık uygulamasında eğilme örneklerinde işlem süresi artarken eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde sırasıyla %11.06, %7.40 artış görülmüştür. Diğer gruplarda (180-210°C) sıcaklık uygulama süresinin artmasıyla eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde sırasıyla %7.23, %17.97 oranında azalma görülmüştür. Genel

olarak 180°C'ye kadar eğilmede elastikiyet modülü artarken, 180°C ve üzerinde ki sıcaklık gruplarında azalmıştır. Eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin varyasyon katsayıları %6.67 ile %12.30 arasında değişmektedir. Meşe odununun eğilmede elastikiyet modülü değerleri Efe vd. (2011) tarafından yapılan çalışmadan daha düşük çıkmıştır. Bu çalışmada eğilmede elastikiyet modülü değerleri 120 ve 150°C sıcaklık uygulamalarında biraz artarken Korkut vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada elastikiyet modülü değerleri 120, 150 ve 180°C sıcaklık uygulamalarında azalmıştır.

Çizelge 4.80. Meşe odununun eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ilişkin bulgular

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	N [-]	d ₁₂ (gr/cm ³)	ω(%)	\bar{x} [MPa]	V[%]	% Değişim
120	0	11	0.67	12.23	8941.23	12.30	0.00
	2	11	0.67	12.20	9250.46	10.19	3.46
	5	11	0.66	11.22	9584.91	9.37	7.20
	8	11	0.66	10.30	9930.47	8.83	11.06
150	0	11	0.67	11.97	9133.02	11.40	0.00
	2	11	0.66	10.25	9607.86	11.34	5.20
	5	10	0.66	9.86	9808.97	11.15	7.40
	8	10	0.65	9.24	9512.63	6.14	4.16
180	0	10	0.68	11.97	8934.47	8.32	0.00
	2	10	0.67	7.06	8578.62	6.67	-3.98
	5	10	0.66	6.78	8487.57	7.05	-5.00
	8	10	0.65	6.33	8288.31	9.58	-7.23
210	0	10	0.67	12.03	9118.42	11.48	0.00
	2	10	0.64	6.63	8747.52	7.96	-4.07
	5	10	0.63	5.22	8056.29	8.04	-11.65
	8	10	0.62	5.01	7314.01	11.33	-17.97

V(%):Varyasyon katsayısı, ω(%):Rutubet seviyesi, N:Örnek sayısı, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

Meşe odununda eğilmede elastikiyet modülü istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve sürenin eğilmede elastikiyet modülüne etkisi araştırılmıştır. Sıcaklık ve sürenin eğilmede elastikiyet modülüne etkisinin varyans analizi Çizelge 4.81' de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir (≤ 0.05). Eğilmede elastikiyet modülü ile sıcaklık ve süre arasında ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.458$). DUNCAN testi sonuçlarına göre eğilmede elastikiyet modülü değerleri sıcaklığa göre üç farklı grup oluşurken, uygulama

süresine göre aynı grupta toplanmıştır (Çizelge 4.82). Sıcaklığın eğilmede elastikiyet modülü değerleri üzerinde, uygulama süresine göre daha etkili olduğu görülmüştür.

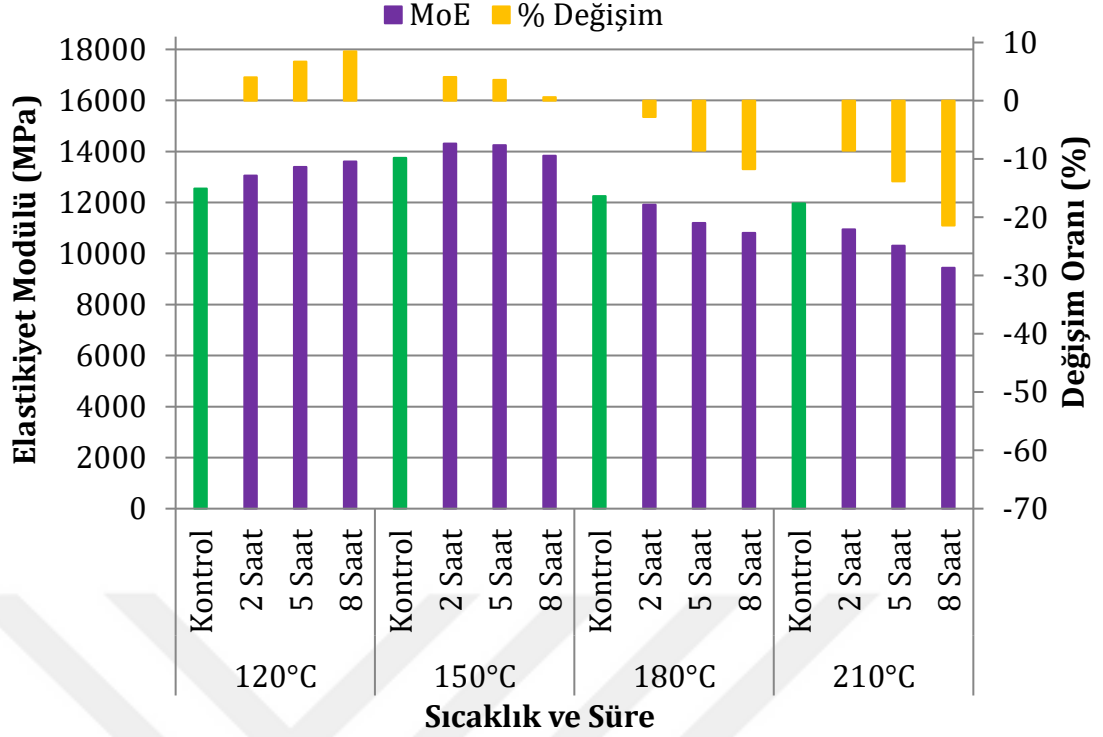
Çizelge 4.81. Meşe odununda sıcaklık ve sürenin eğilmede elastikiyet modülü etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	8541.087	15	569.406	8.456	.000
Intercept	84.337	1	84.337	1.253	.265
Sıcaklık	5474.428	3	1824.809	27.101	.000
Süre	181.733	3	60.578	.900	.443
Sıcaklık* Süre	3120.267	9	346.696	5.149	.000
Hata	10100.165	150	67.334		
Toplam	18720.983	166			
Düzeltilmiş Toplam	18641.253	165			
R²	0.458				

Çizelge 4.82. Meşe odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin eğilmede elastikiyet modülü Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar			Süre (saat)	Gruplar 1
	1	2	3		
210	-8.02			8	-2.49
180		-4.05		5	-.32
150			4.08	2	-.04
120			5.47	0	0.00
Sig.	1.00	1.00	0.44	Sig.	0.21

Kayın odununda, sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre eğilmede elastikiyet modülü değerlerindeki değişim Şekil 4.22' de gösterilmiştir.



Şekil 4.22. Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre eğilmede elastikiyet modülü değerlerindeki değişimi

Kayın odunu örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı ($\omega\%$), denemelerden elde edilen eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve kontrol gruplarına göre yüzde değişim miktarı Çizelge 4.83' de gösterilmiştir. 120°C grubu eğilme örneklerinde en yüksek eğilmede elastikiyet modülü 8 saat işlem süresinde (13607 MPa) bulunurken, en düşük eğilmede elastikiyet modülü kontrol örneklerinde (12546 MPa) elde edilmiştir. 150 °C grubunda en yüksek eğilmede elastikiyet modülü 2 saat işlem süresinde (14308 MPa), en düşük kontrol grubunda (13753 MPa), 180 °C grubunda en yüksek eğilmede elastikiyet modülü kontrol grubunda (12251 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (10809 MPa), 210 °C grubunda en yüksek eğilmede elastikiyet modülü kontrol grubunda (11963 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (9442 MPa) elde edilmiştir. 120°C ve 150°C sıcaklık uygulamasında eğilme örneklerinde işlem süresi artarken eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde sırasıyla %8.45, %4.06 artış görülmüştür. Diğer gruplarda (180-210°C) sıcaklık uygulama süresinin artmasıyla eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde sırasıyla %11.76, %21.43 oranında azalma görülmüştür. Genel olarak 180°C' ye

kadar eğilmede elastikiyet modülü artarken, 180°C ve üzerinde ki sıcaklık gruplarında azalmıştır. Eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin varyasyon katsayıları %3.26 ile %9.91 arasında değişmektedir. Bu çalışmada bulunan kayın odununun eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin Kasal vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada bulunan değerlere (13502.9 N/mm²) yakın olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.83. Kayın odununun eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ilişkin bulgular

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	N [-]	d ₁₂ (gr/cm ³)	ω(%)	\bar{x} [MPa]	V[%]	% Değişim
120	0	10	0.68	12.08	12546.72	5.87	0.00
	2	10	0.68	11.47	13053.48	3.26	4.04
	5	10	0.67	11.02	13390.77	6.80	6.73
	8	10	0.67	10.90	13607.31	7.72	8.45
150	0	10	0.69	12.31	13750.33	8.98	0.00
	2	10	0.69	11.00	14308.97	5.97	4.06
	5	10	0.68	10.61	14244.11	5.07	3.59
	8	10	0.67	9.82	13836.96	6.13	0.63
180	0	10	0.69	12.12	12251.06	8.16	0.00
	2	10	0.68	8.09	11909.45	8.73	-2.79
	5	10	0.67	6.98	11202.33	5.82	-8.56
	8	10	0.67	6.68	10809.89	9.91	-11.76
210	0	10	0.70	12.25	11963.60	4.54	0.00
	2	10	0.68	5.82	10943.02	7.64	-8.53
	5	10	0.67	5.31	10310.46	5.99	-13.82
	8	10	0.65	4.84	9442.71	8.61	-21.43

V(%):Varyasyon katsayısı, ω(%):Rutubet seviyesi, N:Örnek sayısı, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

Kayın odununda eğilmede elastikiyet modülü istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve sürenin eğilmede elastikiyet modülüne etkisi araştırılmıştır. Sıcaklık ve sürenin eğilmede elastikiyet modülüne etkisinin varyans analizi Çizelge 4.84' de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir (≤ 0.05). Eğilmede elastikiyet modülü ile sıcaklık ve süre arasında ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.651$). DUNCAN testi sonuçlarına göre eğilmede elastikiyet modülü değerleri sıcaklığa göre dört farklı grup oluşurken, uygulama süresine göre üç farklı grupta toplanmıştır (Çizelge 4.85).

Çizelge 4.84. Kayın odununda sıcaklık ve sürenin eğilmede elastikiyet modülü etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	9947.694a	15	663.180	17.878	.000
Intercept	952.058	1	952.058	25.666	.000
Sıcaklık	6191.690	3	2063.897	55.639	.000
Süre	847.806	3	282.602	7.618	.000
Sıcaklık* Süre	2908.198	9	323.133	8.711	.000
Hata Toplam	5341.581	144	37.094		
Düzeltilmiş Toplam	16241.333	160			
R ²	15289.275	159			
	0.651				

Çizelge 4.85. Kayın odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin eğilmede elastikiyet modülü Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar				Süre (saat)	Gruplar		
	1	2	3	4		1	2	3
210	-10.85				8	-5.93		
180		-5.77			5		-3.01	
150			2.07		2		-0.80	-0.80
120				4.80	0			0.00
Sig.	1.00	1.00	1.00	1.00	Sig.	1.00	.10	0.55

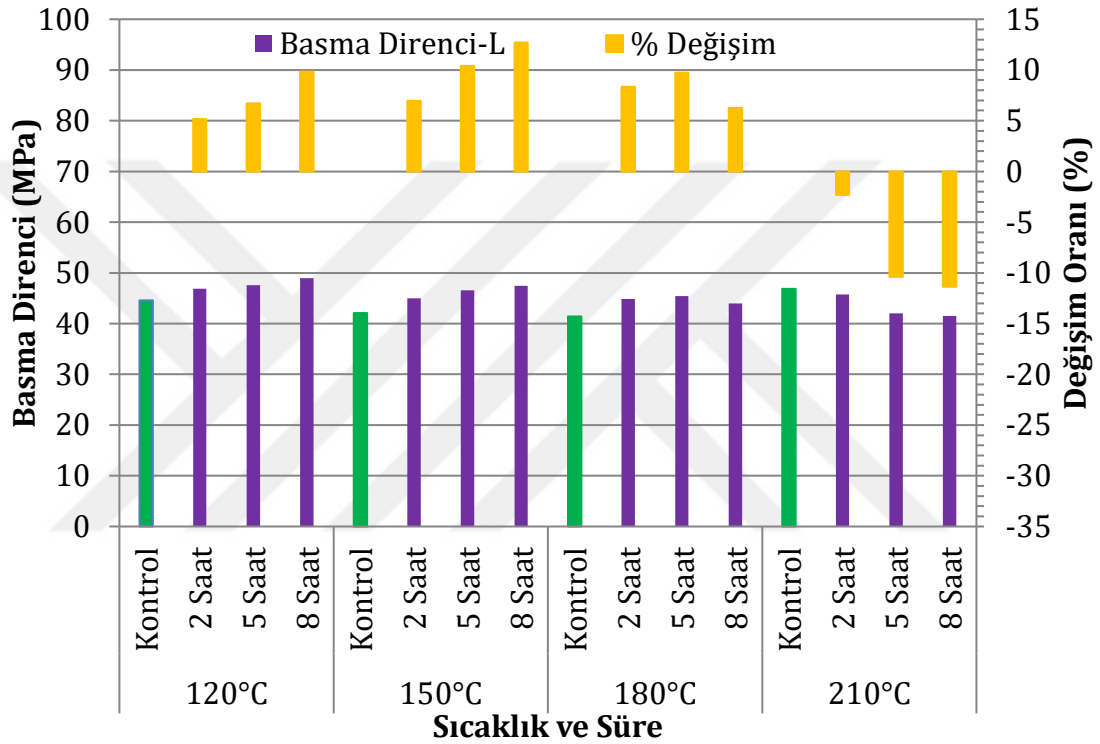
Yapılan eğilme testlerinde genel olarak düşük ve kısa süreli sıcaklık uygulamalarının eğilmede elastikiyet modülünü bir miktar arttırdığı görülmektedir. Bu artış örneklerin rutubet miktarlarının azalmasından kaynaklanabilir. Yüksek sıcaklık ve uzun süreli sıcaklık uygulamalarında ise kimyasal bozulmalardan dolayı elastikiyet modülünde önemli miktarda azalmalar görülmüştür. Literatürde benzer sonuçların bulunduğu Esteves ve Pereira (2009) tarafından belirtilmiştir.

4.2.3. Basma direnci

Basma direnci değerleri, basma testlerinden elde edilmiştir. Basma testi örnekleri her bir ağaç türü için liflere paralel (L) ve liflere dik (R, T) olarak test edilmiştir. Test örnekleri 120-150-180 ve 210 °C olmak üzere dört gruba ayrılarak sıcaklığa maruz bırakılmıştır. Her sıcaklık grubunun işlem süresi 2-5-8

saat olarak uygulanmıştır. Farklı sıcaklık gruplarının her birinden kontrol örnekleri dört grup olarak (**I. Grup:** 120°C, 0-2-5-8 Saat, **II. Grup:** 150°C, 0-2-5-8 Saat, **III. Grup:** 180°C, 0-2-5-8 Saat, **IV. Grup:** 210°C, 0-2-5-8 Saat) ayrılmış ve herhangi bir işlem yapılmamıştır.

Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre lif yönündeki basma direnci değerlerindeki değişimi Şekil 4.23'de gösterilmiştir.



Şekil 4.23. Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre lif yönündeki basma direnci değerlerindeki değişimi

Sedir odununun liflere paralel (L yönü) basma testi örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı ($\omega\%$), denemelerden elde edilen lif yönündeki basma direnci değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve kontrol gruplarına göre yüzde değişim miktarı Çizelge 4.86' da gösterilmiştir. 120°C grubu basma örneklerinde en yüksek basma direnci (L) 8 saat işlem süresinde (48.96 MPa) bulunurken, en düşük basma direnci (L) kontrol örneklerinde (44.58 MPa) elde edilmiştir. 150 °C grubunda en yüksek basma direnci (L) 8 saat işlem süresinde (47.43 MPa), en düşük kontrol grubunda (42.08 MPa), 180 °C grubunda en

yüksek basma direnci (L) 5 saat işlem süresinde (45.43 MPa), en düşük kontrol grubunda süresinde (41.41 MPa), 210 °C grubunda en yüksek basma direnci (L) kontrol grubunda (46.85 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (41.52 MPa) elde edilmiştir. 120°C, 150°C ve 180°C sıcaklık uygulamasında basma örneklerinde işlem süresi artarken liflere paralel (L) basma direnci değerlerinde sırasıyla %9.82, %12.71, %9.73 artış görülmüştür. 210°C sıcaklıkta uygulama süresinin artmasıyla basma direnci değerlerinde %11.37 oranında azalma görülmüştür. Genel olarak 210°C' ye kadar basma direnci (L) artarken, 210°C sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerde liflere paralel basma direnci (L) değerlerinde azalma görülmüştür. Basma direnci değerlerinin (L) varyasyon katsayıları %4.25 ile %9.23 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.86. Sedir odununun lif yönündeki basma direnci değerlerine ilişkin bulgular

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	N [-]	d ₁₂ (gr/cm ³)	ω(%)	\bar{x} [MPa]	V[%]	% Değişim
120	0	23	0.49	12.89	44.58	6.19	0
	2	23	0.48	12.53	46.88	5.73	+5.16
	5	23	0.48	11.09	47.57	5,23	+6.71
	8	23	0.48	10.73	48.96	4,25	+9.82
150	0	23	0.49	12.62	42.08	6.41	0
	2	23	0.48	10.12	45.01	8.04	+6.96
	5	23	0.48	9.13	46.54	9.23	+10.39
	8	23	0.48	9.06	47.43	4.45	+12.71
180	0	23	0.49	12.15	41.41	7.17	0
	2	23	0.46	6.88	44.86	5.78	8.34
	5	23	0.46	6.34	45.43	4.32	+9.73
	8	22	0.44	6.12	44.00	4.96	+6.26
210	0	22	0.52	12.13	46.85	6.85	0
	2	22	0.50	5.94	45.75	5.17	-2.33
	5	22	0.48	4.85	41.99	7.56	-10.38
	8	22	0.46	4.52	41.52	8.85	-11.37

V(%):Varyasyon katsayısı, ω(%):Rutubet seviyesi, N:Örnek sayısı, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

Sedir odununda liflere paralel (L) basma direnci istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve sürenin basma direncine (L) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklık ve sürenin liflere paralel basma direncine etkisinin varyans analizi Çizelge 4.87' de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre basma direnci (L) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir(≤ 0.05). Basma

direnci (L) ile sıcaklık ve süre arasında doğrusala yakın bir ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.609$). DUNCAN testi sonuçlarına göre basma direnci değerleri sıcaklığa göre üç farklı grup oluşurken, uygulama süresine göre iki farklı grup oluşmuştur (Çizelge 4.88).

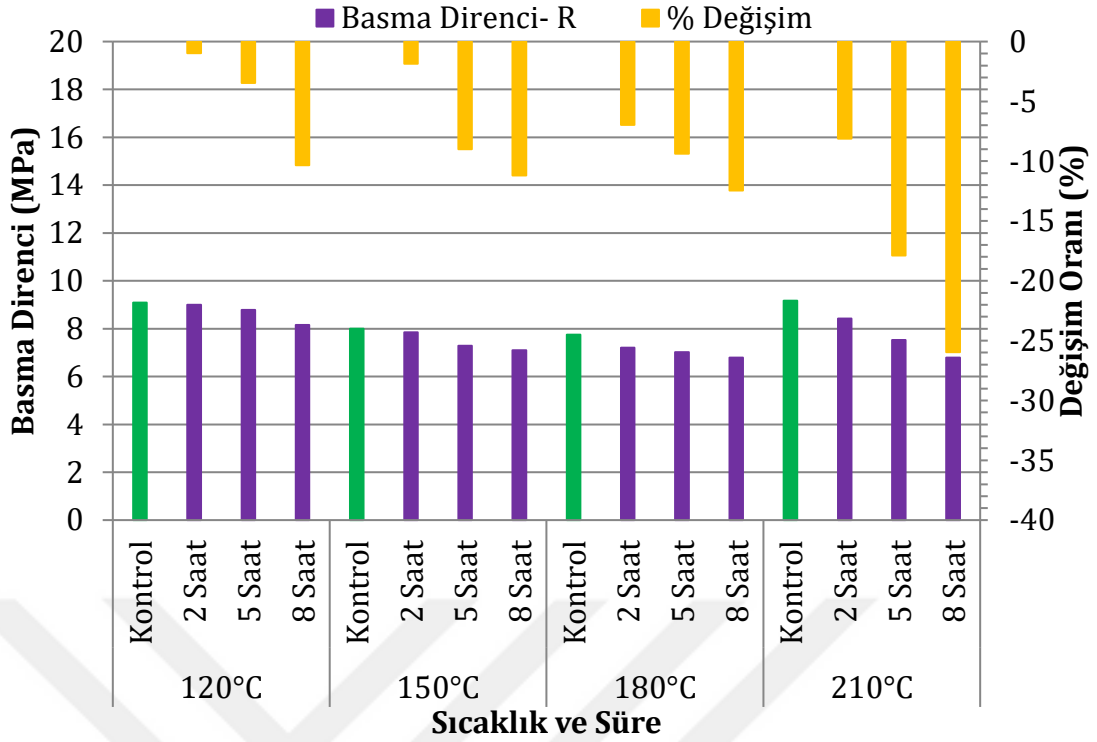
Çizelge 4.87. Sedir odununda sıcaklık ve sürenin lif yönündeki basma direncine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	36504.913	15	2433.661	35.997	.000
Intercept	83.640	1	83.640	1.237	.267
Sıcaklık	24661.036	3	8220.345	121.589	.000
Süre	130.961	3	43.654	.646	.586
Sıcaklık* Süre	10431.225	9	1159.025	17.143	.000
Hata	23459.901	347	67.608		
Toplam	60596.286	363			
Düzeltilmiş Toplam	59964.814	362			
R^2	0.609				

Çizelge 4.88. Sedir odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin lif yönündeki basma direnci Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar			Süre (saat)	Gruplar	
	1	2	3		1	2
210	-11.89			8	-2.68	
180		-5.27		5	-1.62	-1.62
150			6.91	2	-0.90	-0.90
120			8.01	0		0.00
Sig.	1.00	1.00	0.373	Sig.	0.171	0.212

Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre radyal yöndeki basma direnci değerlerindeki değişimi Şekil 4.24'de gösterilmiştir.



Şekil 4.24. Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre radyal yöndeki basma direnci değerlerindeki değişimi

Sedir odunu radyal yöndeki basma testi örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı (% ω), denemelerden elde edilen radyal yöndeki basma direnci değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve kontrol gruplarına göre yüzde değişim miktarı Çizelge 4.89' da gösterilmiştir. 120°C grubu basma örneklerinde en yüksek basma direnci kontrol grubunda (9.09 MPa), en düşük basma direnci 8 saat işlem süresinde (8.15 MPa), 150 °C grubunda en yüksek basma direnci kontrol grubunda (8.10 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (7.10 MPa), 180°C grubunda en yüksek basma direnci (R) kontrol grubunda (7.75 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (6.79 MPa), 210 °C grubunda en yüksek basma direnci (R) kontrol grubunda (9.17 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (6.79 MPa) elde edilmiştir. 120°C, 150°C, 180°C ve 210°C sıcaklık uygulamasında basma örneklerinde (R) işlem süresi artarken basma direnci (R) değerlerinde sırasıyla %10.33, %11.20, %12.45, %25.96 azalma görülmüştür. Sıcaklığın artmasıyla radyal yöndeki basma direnci bütün gruplarda azalmıştır. Basma direnci değerlerinin varyasyon katsayıları %4.77 ile %9.65 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.89. Sedir odununun radyal yöndeki basma direnci değerlerine ilişkin bulgular

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	N [-]	d ₁₂ (gr/cm ³)	ω(%)	\bar{x} [MPa]	V[%]	% Değişim
120	Kontrol	25	0.50	12.19	9.09	5.79	0
	2	25	0.49	11.53	9.00	5.03	-0.98
	5	25	0.49	11.15	8.78	4.77	-3.46
	8	25	0.48	10.52	8.15	5.62	-10.33
150	Kontrol	25	0.49	12.37	8.00	7.75	0
	2	24	0.48	10.39	7.85	5.34	-1.86
	5	24	0.48	9.48	7.28	6.83	-8.99
	8	24	0.46	9.11	7.10	8.84	-11.20
180	Kontrol	24	0.51	12.15	7.75	9.65	0
	2	24	0.47	7.08	7.21	5.50	-6.96
	5	24	0.46	6.53	7.02	9.26	-9.38
	8	24	0.45	6.33	6.79	6.11	-12.45
210	Kontrol	24	0.56	11.86	9.17	6.62	0
	2	24	0.53	7.11	8.43	7.93	-8.11
	5	24	0.50	4.79	7.53	8.63	-17.89
	8	24	0.49	4.53	6.79	6.80	-25.96

V(%):Varyasyon katsayısı, ω(%):Rutubet seviyesi, N:Örnek sayısı, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

Sedir odununda radyal yöndeki basma direnci istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve sürenin basma direncine (R) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklık ve sürenin radyal yöndeki basma direncine etkisinin varyans analizi Çizelge 4.90' da gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre basma direnci (R) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir(≤ 0.05).

Çizelge 4.90. Sedir odununda sıcaklık ve sürenin radyal yöndeki basma direncine etkisinin varyans analizi

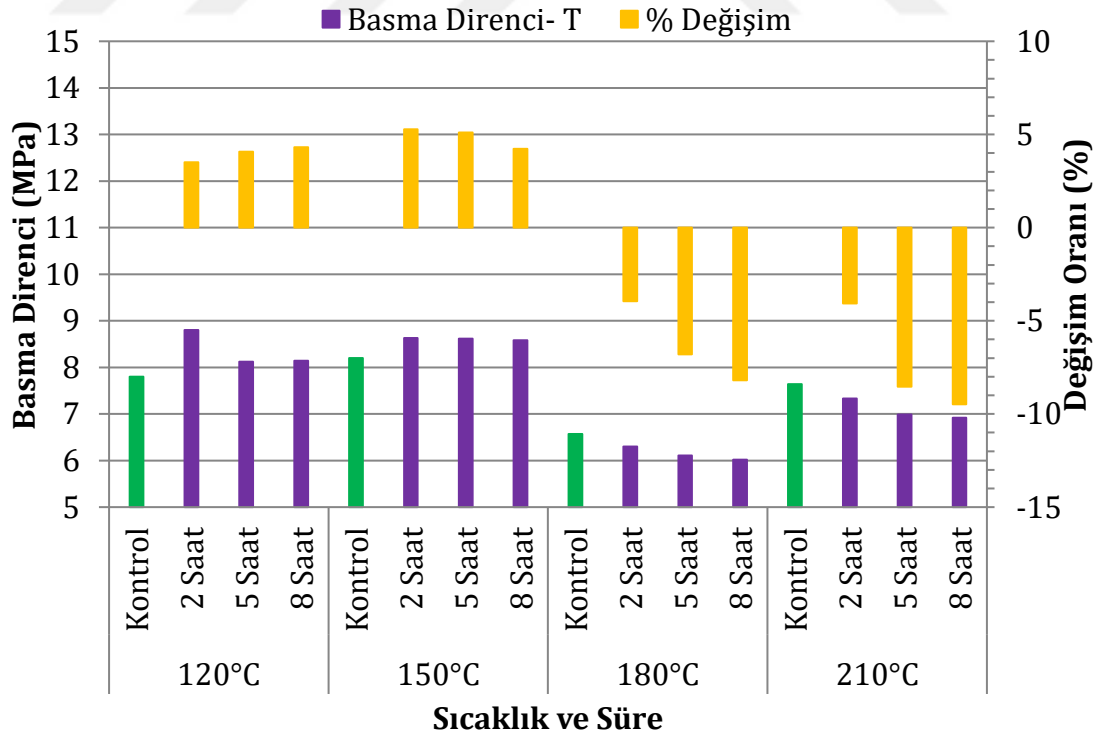
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P ≤ 0.05
Model	25488.533 ^a	15	1699.236	69.383	.000
Intercept	12121.219	1	12121.219	494.930	.000
Sıcaklık	11786.130	3	3928.710	160.416	.000
Süre	7137.592	3	2379.197	97.147	.000
Sıcaklık* Süre	5902.242	9	655.805	26.778	.000
Hata	9135.062	373	24.491		
Toplam	48251.224	389			
Düzeltilmiş Toplam	34623.595	388			
R ²	0.736				

Basma direnci (R) ile sıcaklık ve süre arasında ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.736$). DUNCAN testi sonuçlarına göre basma direnci değerleri sıcaklığa ve uygulama süresine göre dört farklı grupta toplanmıştır (Çizelge 4.91). Sedir odununda sıcaklığın radyal yönde basma direnci değerleri üzerinde etkili olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.91. Sedir odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin radyal yöndeki basma direnci Duncan testi

Sıc. (°C)	Gruplar				Süre (Sa)	Gruplar			
	1	2	3	4		1	2	3	4
210	-12.3				8	-11.39			
180		-7.13			5		-9.58		
150			-4.74		2			-3.70	
120				2.97	0				0.00
Sig.	1.00	1.00	1.00	1.00	Sig.	1.00	1.00	1.00	1.00

Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre teğet yöndeki basma direncinin değişimi Şekil 4.25'de gösterilmiştir.



Şekil 4.25. Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre teğet yöndeki basma direnci değerlerindeki değişimi

Sedir odunu teğet yöndeki basma testi örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı (% ω), denemelerden elde edilen teğet yöndeki basma direnci değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve kontrol gruplarına göre yüzde değişim miktarı Çizelge 4.92' de gösterilmiştir. 120°C grubu basma örneklerinde en yüksek basma direnci 8 saat işlem süresinde (8.14 MPa), en düşük basma direnci kontrol grubunda (7.80 MPa), 150 °C grubunda en yüksek basma direnci 2 saat işlem süresinde (8.63 MPa), en düşük kontrol grubunda (5.28 MPa), 180°C grubunda en yüksek basma direnci (T) kontrol grubunda (6.57 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (6.02 MPa), 210 °C grubunda en yüksek basma direnci (T) kontrol grubunda (7.64 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (6.92 MPa) elde edilmiştir. 120°C, 150°C sıcaklık uygulamasında basma örneklerinde (T) işlem süresi artarken basma direnci (T) değerlerinde sırasıyla %4.32, %5.28 oranında artış, 180°C ve 210°C sıcaklık grubunda sırasıyla %8.20, %9.48 oranında azalma görülmüştür. Sıcaklığın artmasıyla teğet yöndeki basma direnci 180°C' ye kadar artarken, 180°C ve üzerindeki sıcaklıkta azalmıştır. Basma direnci varyasyon katsayıları %3.55 ile %10.57 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.92. Sedir odununun teğet yöndeki basma direnci değerlerine ilişkin bulgular

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	N [-]	d ₁₂ (gr/cm ³)	ω (%)	\bar{x} [MPa]	V[%]	% Değişim
120	0	27	0.48	12.15	7.80	5.60	0
	2	26	0.47	12.44	8.80	6.10	+3.50
	5	26	0.47	11.01	8.12	4.23	+4.07
	8	26	0.46	10.23	8.14	5.93	+4.32
150	0	27	0.50	12.22	8.20	8.45	0
	2	26	0.49	10.11	8.63	8.85	+5.28
	5	26	0.48	9.10	8.62	10.57	+5.11
	8	26	0.48	9.00	8.58	7.09	+4.23
180	0	27	0.48	11.97	6.57	4.61	0
	2	27	0.45	6.98	6.30	5.12	-3.95
	5	27	0.44	6.76	6.11	7.66	-6.80
	8	27	0.43	6.29	6.02	6.41	-8.20
210	0	27	0.51	12.66	7.64	4.38	0
	2	27	0.48	7.14	7.33	8.03	-4.07
	5	27	0.47	5.41	6.99	6.38	-8.54
	8	27	0.46	5.29	6.92	3.55	-9.48

V(%):Varyasyon katsayısı, ω (%):Rutubet seviyesi, N:Örnek sayısı, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

Sedir odununda teğet yöndeki basma direnci istatistiksel olarak değerlendirilerek sıcaklık ve sürenin basma direncine (T) etkisi incelenmiştir. Sıcaklık ve sürenin teğet yöndeki basma direncine etkisinin varyans analizi Çizelge 4.93' de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre basma direnci (T) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir (≤ 0.05). Basma direnci (T) ile sıcaklık ve süre arasında anlamlı bir ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.638$). DUNCAN testi sonuçlarına göre basma direnci değerleri sıcaklığa göre iki grup oluştururken, uygulama süresine göre üç farklı grupta toplanmıştır (Çizelge 4.94).

Çizelge 4.93. Sedir odununda sıcaklık ve sürenin teğet yöndeki basma direncine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P ≤ 0.05
Model	11139.789	15	742.653	48.089	.000
Intercept	337.309	1	337.309	21.842	.000
Sıcaklık	7684.389	3	2561.463	165.862	.000
Süre	452.808	3	150.936	9.774	.000
Sıcaklık* Süre	2871.340	9	319.038	20.659	.000
Hata	6331.780	410	15.443		
Toplam	17997.158	426			
Düzeltilmiş Toplam	17471.569	425			
R²	0.638				

Çizelge 4.94. Sedir odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin teğet yöndeki basma direnci Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar		Süre (saat)	Gruplar		
	1	2		1	2	3
210	-5.22		8	-2.45		
180	-5.02		5		-1.38	
150		2.97	2		-0.51	-0.51
120		3.66	0			0.00
Sig.	0.71	0.20	Sig.	1.00	0.10	0.34

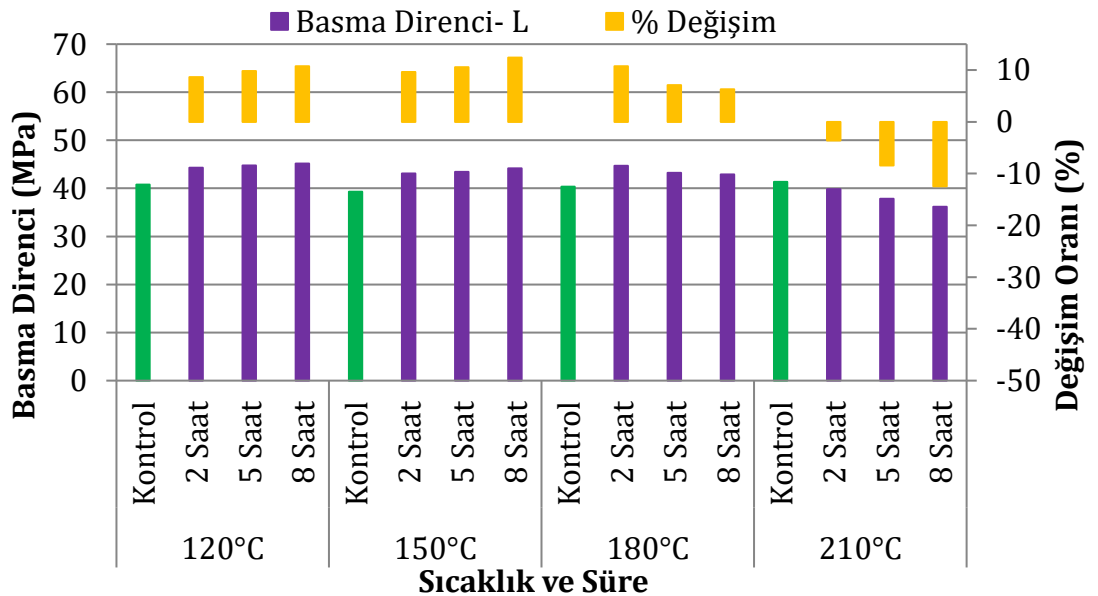
Sedir odunu örneklerinin ortalama yoğunluk değerleri 0.48 ile 0.56 g/cm³ arasında değişmektedir. Yoğunluk değerleri, Bal (2013) tarafından yapılan çalışmayla benzer olduğu görülmektedir. Farklı coğrafik bölgelerde yetişen

sedir türlerinin ortalama yoğunluk değerleri 0.31 ile 0.47 g/cm³ arasında değişmektedir (Ross, 2010). Toros sediri, diğer türlerden daha ağırdır.

Sonuçlara göre 120, 150 ve 180 °C sıcaklık uygulamasında basma direnci %12' ye kadar artarken 210 °C' de lif yönünde %12' ye kadar azalmıştır. Dik yönlerdeki (R, T) basma direncine sıcaklığın etkisi daha farklıdır. R yönde bütün işlemlerde basma direnci azalırken T yönde sadece 180 ve 210 °C' de azalmıştır.

S1 ve S3 tabakasındaki hemiselülozun odunun radial yöndeki mekanik özelliklerine ciddi etkisi varken selüloz mikrofibrilleri esasen L yöndeki özelliklere etki eder (Bergander ve Salmén, 2002). Direnç özelliklerindeki azalmalar ısı işlemden sonra termal degradasyon ve kütle kaybından kaynaklanabilir. Bu azalma odun polimerlerinin depolimerizasyon reaksiyonu ile açıklanabilir (Kotilainen, 2000). Direnç kaybındaki temel sebep selüloz ve lignine oranla daha zayıf olan hemiselülozun degradasyonu olabilir.

Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre lif yönündeki basma direncinin değişimi Şekil 4.26' da gösterilmiştir.



Şekil 4.26. Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre lif yönündeki basma direnci değerlerindeki değişimi

120°C grubu basma örneklerinde en yüksek basma direnci (L) 8 saat işlem süresinde (45.16 MPa) bulunurken, en düşük basma direnci (L) kontrol örneklerinde (40.78 MPa) elde edilmiştir. 150°C grubunda en yüksek basma direnci (L) 8 saat işlem süresinde (44.19 MPa), en düşük kontrol grubunda (39.30 MPa), 180 °C grubunda en yüksek basma direnci (L) 2 saat işlem süresinde (44.67 MPa), en düşük kontrol grubunda (40.35 MPa), 210 °C grubunda en yüksek basma direnci (L) kontrol grubunda (41.35 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (36.19 MPa) elde edilmiştir. 120°C 150°C ve 180°C sıcaklık uygulamasında basma örneklerinde işlem süresi artarken liflere paralel (L) basma direnci değerlerinde sırasıyla %10.74, %12.43, %10.71 artış görülmüştür. 210°C sıcaklıkta uygulama süresinin artmasıyla basma direnci değerlerinde %12.46 oranında azalma görülmüştür. Genel olarak 210°C' ye kadar basma direnci (L) artarken, 210°C sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerde liflere paralel basma direnci (L) değerlerinde azalma görülmüştür. Basma direnci değerlerinin (L) varyasyon katsayıları %4.37 ile %12.47 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.95. Kızılçam odununun lif yönündeki basma direnci değerlerine ilişkin bulgular

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	N [-]	d ₁₂ (gr/cm ³)	ω(%)	\bar{x} [MPa]	V[%]	% Değişim
120	0	25	0.49	12.04	40.78	4.37	0
	2	25	0.49	11.53	44.31	7.14	8.65
	5	25	0.49	10.97	44.77	7.26	9.78
	8	25	0.48	10.95	45.16	5.28	10.74
150	0	26	0.50	12.30	39.3	5.86	0
	2	26	0.49	9.63	43.09	8.16	9.64
	5	26	0.48	9.28	43.45	8.67	10.56
	8	26	0.48	9.12	44.19	9.97	12.43
180	0	26	0.49	11.46	40.35	7.52	0
	2	26	0.48	8.57	44.67	6.73	10.71
	5	26	0.46	7.78	43.21	6.49	7.1
	8	26	0.45	7.63	42.88	12.47	6.27
210	0	26	0.50	12.17	41.35	9.96	0
	2	25	0.47	5.89	39.86	9.00	-3.59
	5	25	0.46	5.60	37.85	8.92	-8.46
	8	25	0.45	5.45	36.19	7.69	-12.46

V(%):Varyasyon katsayısı, ω(%):Rutubet seviyesi, N:Örnek sayısı, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

Kızılçam odununda liflere paralel (L) basma direnci istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve sürenin basma direncine (L) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklık ve sürenin liflere paralel basma direncine etkisinin varyans analizi Çizelge 4.96' da gösterilmiştir.

Çizelge 4.96. Kızılçam odununda sıcaklık ve sürenin lif yönündeki basma direncine etkisinin varyans analizi

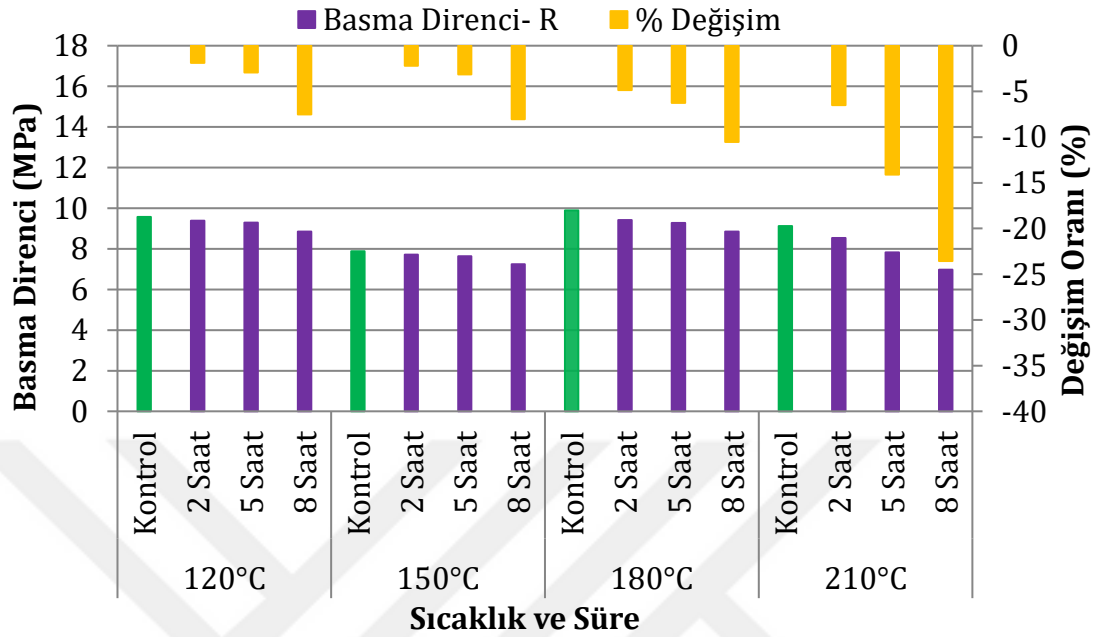
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	23760.904a	15	1584.060	17.819	.000
Intercept	5.791	1	5.791	.065	.799
Sıcaklık	15955.444	3	5318.481	59.828	.000
Süre	439.093	3	146.364	1.646	.178
Sıcaklık* Süre	7172.174	9	796.908	8.964	.000
Hata	34936.177	393	88.896		
Toplam	59061.228	409			
Düzeltilmiş Toplam	58697.081	408			
R²	0.405				

Varyans analizi sonuçlarına göre basma direnci (L) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir (≤ 0.05). Basma direnci (L) ile sıcaklık ve süre arasında ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.405$). DUNCAN testi sonuçlarına göre basma direnci değerleri sıcaklığa göre üç farklı grup oluşurken, uygulama süresine göre aynı grupta toplanmıştır (Çizelge 4.97). Liflere paralel yönde (L) sıcaklığın basma direnci değerleri (L) üzerinde, uygulama süresine göre daha etkili olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.97. Kızılçam odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin lif yönündeki basma direnci Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar			Süre (saat)	Gruplar 1
	1	2	3		
210	-8.05			8	-0.15
180		-3.49		5	2.17
150			5.54	2	1.74
120			7.56	0	0.00
Sig.	1.00	1.00	0.129	Sig.	0.109

Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre radyal yöndeki basma direncinin değişimi Şekil 4.27’de gösterilmiştir.



Şekil 4.27. Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre radyal yöndeki basma direnci değerlerindeki değişimi

Kızılçam odunu radyal yöndeki basma testi örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı (% ω), denemelerden elde edilen R yöndeki basma direnci değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve kontrol gruplarına göre yüzde değişim miktarı Çizelge 4.98’ de gösterilmiştir. 120°C grubu basma örneklerinde en yüksek basma direnci kontrol grubunda (9.57 MPa), en düşük basma direnci 8 saat işlem süresinde (7.52 MPa), 150 °C grubunda en yüksek basma direnci kontrol grubunda (7.88 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (8.06 MPa), 180°C grubunda en yüksek basma direnci (R) kontrol grubunda (9.89 MPa), en az 8 saat işlem süresinde (8.85 MPa), 210 °C grubunda en yüksek basma direnci (R) kontrol grubunda (9.12 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (6.97 MPa) elde edilmiştir. 120°C, 150°C, 180°C ve 210°C sıcaklık uygulamasında basma örneklerinde (R) işlem süresi artarken basma direnci (R) değerlerinde sırasıyla %7.52, %8.06, %10.53, %23.56 azalma görülmüştür. Sıcaklığın artmasıyla radyal yöndeki basma direnci bütün gruplarda azalmıştır. Basma direncinin varyasyon katsayıları %2.13 ile %7.98 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.98. Kızılçam odununun radyal yöndeki basma direnci değerlerine ilişkin bulgular

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	N [-]	d ₁₂ (gr/cm ³)	ω(%)	\bar{x} [MPa]	V[%]	% Değişim
120	0	22	0.51	12.15	9.57	3.54	0
	2	22	0.50	11.66	9.39	3.88	-1.89
	5	22	0.49	10.30	9.29	4.10	-2.92
	8	22	0.49	10.10	8.85	5.38	-7.52
150	0	22	0.49	12.23	7.88	5.34	0
	2	22	0.48	10.75	7.71	4.56	-2.19
	5	22	0.47	9.43	7.63	5.63	-3.15
	8	22	0.47	9.26	7.24	2.13	-8.06
180	0	22	0.52	12.18	9.89	2.98	0
	2	22	0.48	7.11	9.41	5.14	-4.86
	5	22	0.47	6.53	9.27	2.56	-6.25
	8	22	0.46	6.38	8.85	7.34	-10.53
210	0	21	0.50	12.29	9.12	5.00	0
	2	21	0.47	6.44	8.53	5.65	-6.5
	5	21	0.46	5.99	7.83	7.98	-14.1
	8	21	0.45	5.97	6.97	6.75	-23.56

V(%):Varyasyon katsayısı, ω(%):Rutubet seviyesi, N:Örnek sayısı, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

Kızılçam odununda radyal yöndeki basma direnci istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve sürenin basma direncine (R) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklık ve sürenin radyal yöndeki basma direncine etkisinin varyans analizi Çizelge 4.99' da gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre basma direnci (R) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir (≤ 0.05).

Çizelge 4.99. Kızılçam odununda sıcaklık ve sürenin radyal yöndeki basma direncine etkisinin varyans analizi

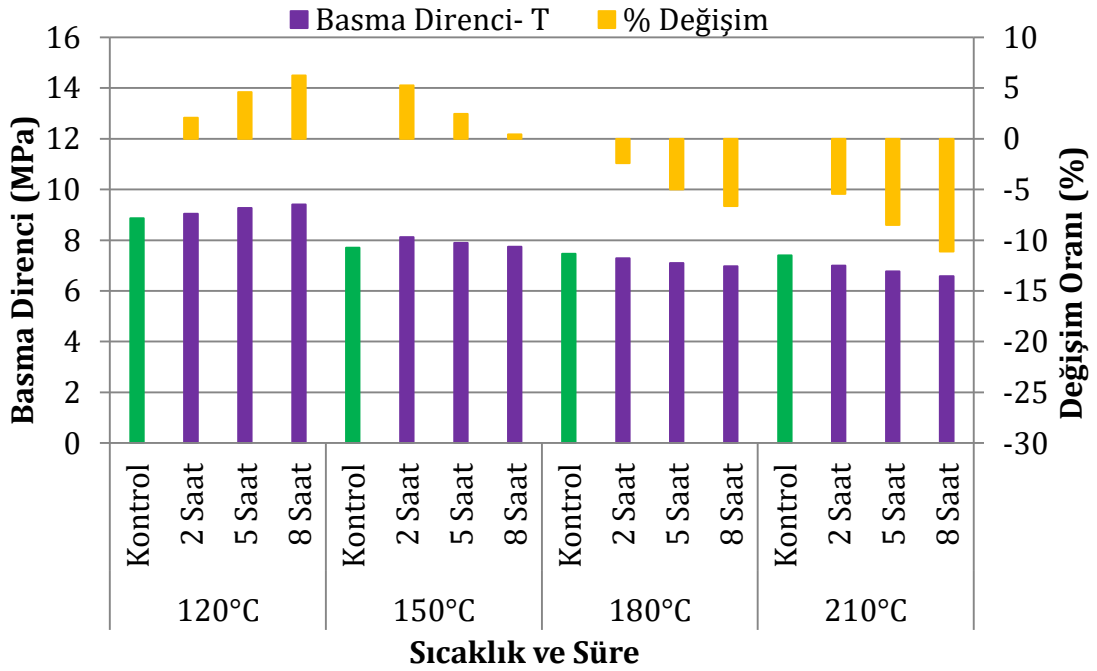
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P ≤ 0.05
Model	19710.465	15	1314.031	14.899	.000
Intercept	2233.311	1	2233.311	25.323	.000
Sıcaklık	11392.436	3	3797.479	43.059	.000
Süre	2087.024	3	695.675	7.888	.000
Sıcaklık* Süre	5382.049	9	598.005	6.781	.000
Hata	29280.200	332	88.193		
Toplam	51095.492	348			
Düzeltilmiş Toplam	48990.666	347			
R ²	0.402				

Basma direnci (R) ile sıcaklık ve süre arasında ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.402$). DUNCAN testi sonuçlarına göre basma direnci değerleri sıcaklığa göre üç farklı grupta oluştururken, uygulama süresine göre iki grupta toplanmıştır (Çizelge 4.100). Sedir odununda sıcaklığın radyal yönde basma direnci değerleri üzerinde etkili olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.100. Kızılçam odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin radyal yöndeki basma direnci Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar			Süre (saat)	Gruplar	
	1	2	3		1	2
210	-9.19			8	-7.33	
180	-6.90			5		-1.52
150		0.51		2		-1.07
120			5.73	K		0.00
Sig.	0.10	1.00	1.00	Sig.	1.00	0.317

Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre teğet yöndeki basma direnci değerlerindeki değişimi Şekil 4.28'de gösterilmiştir.



Şekil 4.28. Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre teğet yöndeki basma direnci değerlerindeki değişimi

Kızılçamda teğet yöndeki basma testi örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı (% ω), denemelerden elde edilen T yöndeki basma direncinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve kontrol gruplarına göre yüzde değişim miktarı Çizelge 4.101' de gösterilmiştir. 120°C grubu basma örneklerinde en yüksek basma direnci 8 saat işlem süresinde (9.41 MPa), en düşük basma direnci kontrol grubunda (8.86 MPa), 150 °C grubunda en yüksek basma direnci 2 saat işlem süresinde (8.12 MPa), en düşük kontrol grubunda (7.71 MPa), 180°C grubunda en yüksek basma direnci (T) kontrol grubunda (7.47 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (6.97 MPa), 210 °C grubunda en yüksek basma direnci (T) kontrol grubunda (7.40 MPa), en az 8 saat işlem süresinde (6.58 MPa) elde edilmiştir. 120°C, 150°C sıcaklık uygulamasında basma örneklerinde (T) işlem süresi artarken basma direnci (T) değerlerinde sırasıyla %6.24, %5.26 oranında artış, 180°C ve 210°C sıcaklık grubunda sırasıyla %6.64, %11.13 oranında azalma görülmüştür. Sıcaklığın artmasıyla teğet yöndeki basma direnci 180°C' ye kadar artarken, 180°C ve üzerindeki sıcaklıkta azalmıştır. Basma direncinin varyasyon katsayıları %2.44 ile %8.36 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.101. Kızılçam odununun teğet yöndeki basma direnci değerlerine ilişkin bulgular

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	N [-]	d ₁₂ (gr/cm ³)	ω (%)	\bar{x} [MPa]	V[%]	% Değişim
120	0	21	0.52	12.06	8.86	4.43	0
	2	21	0.51	11.48	9.04	4.88	2.06
	5	21	0.51	11.35	9.27	3.33	4.59
	8	21	0.50	10.34	9.41	6.77	6.24
150	0	21	0.50	12.03	7.71	3.13	0
	2	21	0.49	10.58	8.12	5.17	5.26
	5	21	0.48	9.55	7.90	4.59	2.45
	8	21	0.48	9.12	7.74	2.44	0.42
180	0	22	0.49	12.06	7.47	4.63	0
	2	21	0.48	7.49	7.29	8.36	-2.41
	5	21	0.48	7.43	7.10	5.51	-5
	8	21	0.47	7.29	6.97	6.38	-6.64
210	0	22	0.49	12.04	7.40	4.75	0
	2	21	0.45	5.98	7.00	5.69	-5.45
	5	21	0.44	5.27	6.77	7.41	-8.49
	8	21	0.43	5.03	6.58	7.88	-11.13

V(%):Varyasyon katsayısı, ω (%):Rutubet seviyesi, N:Örnek sayısı, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

Kızılçam odununda teğet yöndeki basma direnci istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve sürenin basma direncine (T) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklık ve sürenin teğet yöndeki basma direncine etkisinin varyans analizi Çizelge 4.102' de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre basma direnci (T) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir (≤ 0.05). Basma direnci (T) ile sıcaklık ve süre arasında ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.359$). DUNCAN testi sonuçlarına göre basma direnci değerleri sıcaklığa göre üç grup oluştururken, uygulama süresine göre aynı grupta toplanmıştır (Çizelge 4.103).

Çizelge 4.102. Kızılçam odununda sıcaklık ve sürenin teğet yöndeki basma direncine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P ≤ 0.05
Model	14700.858	15	980.057	12.005	.000
Intercept	66.392	1	66.392	.813	.368
Sıcaklık	9667.583	3	3222.528	39.473	.000
Süre	156.727	3	52.242	.640	.590
Sıcaklık* Süre	4788.901	9	532.100	6.518	.000
Hata	26287.881	322	81.639		
Toplam	41100.555	338			
Düzeltilmiş Toplam	40988.739	337			
R²	0.359				

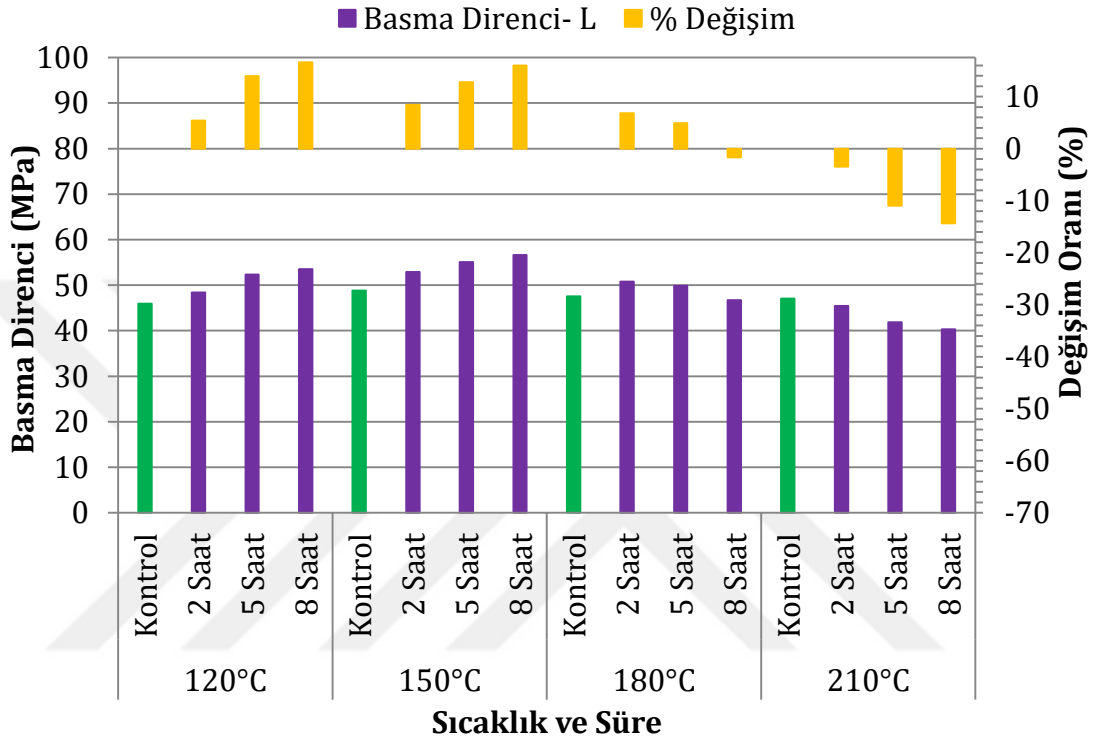
Çizelge 4.103. Kızılçam odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin teğet yöndeki basma direnci Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar			Süre (saat)	Gruplar 1
	1	2	3		
210	-7.64			8	-0.53
180		-3.75		5	-1.50
150			4.06	2	-0.14
120			5.49	0	0.00
Sig.	1.00	1.00	0.30	Sig.	

Hemiselulozdaki değişim ya da kayıp yüksek sıcaklıkta ısıl işlem görmüş odunun direnç özelliklerine üzerine kilit bir rol oynamaktadır (Hillis, 1984). Literatürde basma direncinin ısıl işlemle düşüp düşmeyişi üzerine genel bir kabul yoktur. Zira Ünsal ve Ayrılmış, (2005), Korkut vd. (2008a; 2008b) basma

direncinin ısı ileme düştüğünü belirtmişken Boonstra ve Blomberg (2007) ve Altınok vd. (2010) arttığını belirtmiştir.

Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre lif yönündeki basma direnci değerlerindeki değişimi Şekil 4.29'da gösterilmiştir.



Şekil 4.29. Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre lif yönündeki basma direnci değerlerindeki değişimi

Meşe odunu liflere paralel yönde basma testi örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı (% ω), denemelerden elde edilen liflere paralel basma direnci değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve kontrol gruplarına göre yüzde değişim miktarı Çizelge 4.104' de gösterilmiştir. 120°C grubu basma örneklerinde en yüksek basma direnci 8 saat işlem süresinde (53.53 MPa) bulunurken, en düşük basma direnci kontrol örneklerinde (45.92 MPa) elde edilmiştir. 150 °C grubunda en yüksek basma direnci 8 saat işlem süresinde (56.53 MPa), en düşük kontrol grubunda (48.82 MPa), 180 °C grubunda en yüksek basma direnci (L) 2 saat işlem süresinde (50.76 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (46.73 MPa), 210 °C grubunda en yüksek basma direnci (L)

kontrol grubunda (47.05 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (40.28 MPa) elde edilmiştir. 120°C, 150°C ve 180°C sıcaklık uygulamasında basma örneklerinde işlem süresi artarken basma direnci (L) değerlerinde sırasıyla %16.58, %15.99, %6.81 artış görülmüştür. 210°C sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerde uygulama süresinin artmasıyla basma direnci (L) değerlerinde %14.35 oranında azalma görülmüştür. Genel olarak 210°C' ye kadar liflere paralel basma direnci artarken, 210°C' de uygulama süresinin artmasıyla direnç değerleri azalmıştır. Basma direnci değerlerinin varyasyon katsayıları %4.20 ile %12.31 arasında değişmektedir. Meşe odununun kontrol örneklerinin lif yönündeki basma direnci değerleri Efe vd. (2011) tarafından yapılan çalışmadan biraz daha düşük çıkmıştır. Korkut vd. (2010) sapsız meşe odununa 120, 150 ve 180°C sıcaklıklarda ısıtma işlemi uygulamış ve lif yönündeki basma direncinde bütün sıcaklık uygulamalarında azalma olduğunu ortaya koymuşlardır. En fazla azalmayı 180°C sıcaklık ve 10 saat işlem süresinde gözlemlemişlerdir.

Çizelge 4.104. Meşe odununun lif yönündeki basma direnci değerlerine ilişkin bulgular

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	N [-]	d ₁₂ (gr/cm ³)	ω(%)	\bar{x} [MPa]	V[%]	% Değişim
120	0	24	0.66	12.12	45.92	4.39	0.00
	2	24	0.66	11.86	48.40	8.25	5.40
	5	24	0.65	11.05	52.31	6.10	13.93
	8	24	0.65	10.20	53.53	6.70	16.58
150	0	24	0.67	12.22	48.82	4.20	0.00
	2	24	0.66	10.55	52.93	9.25	8.42
	5	24	0.65	10.03	55.06	7.13	12.77
	8	24	0.65	9.51	56.63	7.74	15.99
180	0	25	0.67	11.42	47.53	7.17	0.00
	2	25	0.66	7.32	50.76	12.31	6.81
	5	25	0.66	6.44	49.89	5.22	4.88
	8	24	0.65	6.01	46.73	6.45	-1.66
210	0	24	0.66	11.89	47.05	7.60	0.00
	2	24	0.65	6.99	45.41	9.28	-3.47
	5	24	0.63	5.56	41.87	11.07	-11.00
	8	24	0.62	4.55	40.28	10.70	-14.35

V(%):Varyasyon katsayısı, ω(%):Rutubet seviyesi, N:Örnek sayısı, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

Meşe odununda liflere paralel (L) basma direnci istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve sürenin basma direncine (L) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklık ve sürenin liflere paralel basma direncine etkisinin varyans analizi Çizelge 4.105’ de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre basma direnci (L) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir (≤ 0.05). Basma direnci (L) ile sıcaklık ve süre arasında ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.414$). DUNCAN testi sonuçlarına göre basma direnci değerleri sıcaklığa göre dört farklı grup oluşurken, uygulama süresine göre aynı grupta toplanmıştır (Çizelge 4.106). Meşe odununda sıcaklığın liflere paralel basma direnci değerleri üzerinde, uygulama süresine göre daha etkili olduğu görülmüştür.

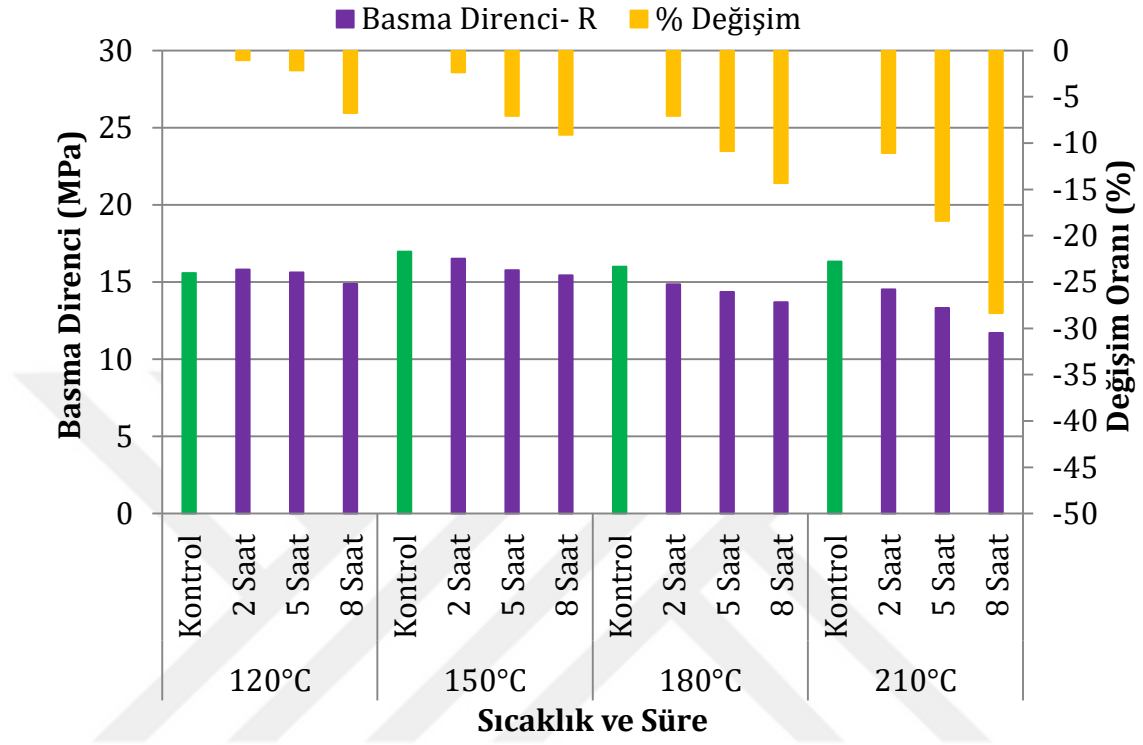
Çizelge 4.105. Meşe odununda sıcaklık ve sürenin lif yönündeki basma direncine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P \leq 0.05
Model	25949.104	15	1729.940	17.471	.000
Intercept	135.930	1	135.930	1.373	.242
Sıcaklık	15391.929	3	5130.643	51.814	.000
Süre	86.959	3	28.986	.293	.831
Sıcaklık* Süre	9861.118	9	1095.680	11.065	.000
Hata	36736.237	371	99.020		
Toplam	62709.283	387			
Düzeltilmiş Toplam	62685.341	386			
R²	0.414				

Çizelge 4.106. Meşe odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin lif yönündeki basma direnci Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar				Süre (saat)	Gruplar
	1	2	3	4		
210	-8.75				8	0.15
180		-3.66			5	-0.58
150			3.88		2	-0.62
120				7.68	0	0.00
Sig.	1.00	1.00	1.00	1.00	Sig.	0.62

Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre radyal yöndeki basma direnci değerlerindeki değişimi Şekil 4.30'da gösterilmiştir.



Şekil 4.30. Meşe dununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre radyal yöndeki basma direnci değerlerindeki değişimi

Meşe odunu radyal yöndeki basma testi örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı (%ω), denemelerden elde edilen radyal yöndeki basma direnci değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve kontrol gruplarına göre yüzde değişim miktarı Çizelge 4.107' de gösterilmiştir. 120°C grubu basma örneklerinde en yüksek basma direnci kontrol grubunda (15.57 MPa), en düşük basma direnci 8 saat işlem süresinde (14.88 MPa), 150 °C grubunda en yüksek basma direnci kontrol grubunda (16.97 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (15.43 MPa), 180°C grubunda en yüksek basma direnci (R) kontrol grubunda (16.00 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (13.70 MPa), 210 °C grubunda en yüksek basma direnci (R) kontrol grubunda (16.33 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (11.70 MPa) elde edilmiştir. 120°C, 150°C, 180°C ve 210°C sıcaklık uygulamasında basma örneklerinde (R) işlem süresi artarken basma direnci (R)

değerlerinde sırasıyla %6.77, %9.1, %14.33, %28.34 oranında azalma görülmüştür. Sıcaklığın artmasıyla radyal yöndeki basma direnci bütün gruplarda azalmıştır. Basma direnci değerlerinin varyasyon katsayıları %5.05 ile %11.66 arasında değişmektedir.

Çizelge 4. 107. Meşe odununun radyal yöndeki basma direnci değerlerine ilişkin bulgular

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	N [-]	d ₁₂ (gr/cm ³)	ω(%)	\bar{x} [MPa]	V[%]	% Değişim
120	0	17	0.67	12.19	15.57	8.60	0
	2	17	0.67	11.80	15.8	5.05	-1.06
	5	17	0.67	11.65	15.62	6.51	-2.17
	8	17	0.66	10.37	14.88	5.42	-6.77
150	0	17	0.67	12.35	16.97	7.83	0
	2	17	0.66	10.55	16.52	9.51	-2.38
	5	17	0.66	9.17	15.77	9.62	-7.05
	8	17	0.65	8.90	15.43	9.14	-9.1
180	0	17	0.67	11.83	16.00	7.41	0
	2	17	0.66	7.21	14.86	11.66	-7.07
	5	17	0.65	6.79	14.36	9.25	-10.86
	8	16	0.65	6.18	13.7	9.62	-14.33
210	0	17	0.66	12.24	16.33	9.08	0
	2	17	0.64	6.21	14.52	7.30	-11.06
	5	17	0.63	5.17	13.32	10.89	-18.4
	8	17	0.61	4.86	11.70	9.61	-28.34

V(%):Varyasyon katsayısı, ω(%):Rutubet seviyesi, N:Örnek sayısı, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

Meşe odununda radyal yöndeki basma direnci istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve sürenin basma direncine (R) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklık ve sürenin radyal yöndeki basma direncine etkisinin varyans analizi Çizelge 4.108' de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre basma direnci (R) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir (≤ 0.05). Basma direnci (R) ile sıcaklık ve süre arasında ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.578$). DUNCAN testi sonuçlarına göre basma direnci değerleri sıcaklığa göre üç farklı grup oluşurken, uygulama süresine göre dört farklı grup oluşmuştur. (Çizelge 4.109). Meşe odununda sıcaklığın radyal yönde basma direnci değerleri üzerinde etkili olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.108. Meşe odununda sıcaklık ve sürenin radyal yöndeki basma direncine etkisinin varyans analizi

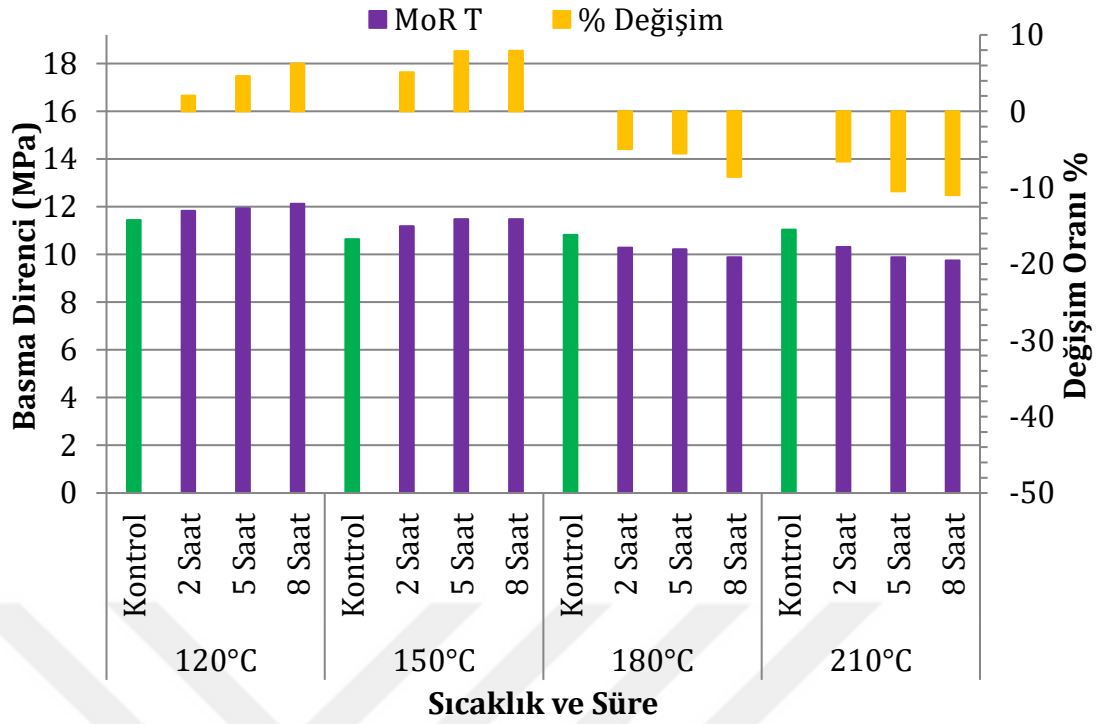
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	16796.725	15	1119.782	23.258	.000
Intercept	14813.745	1	14813.745	307.677	.000
Sıcaklık	5708.605	3	1902.868	39.522	.000
Süre	7886.261	3	2628.754	54.598	.000
Sıcaklık* Süre	2846.897	9	316.322	6.570	.000
Hata	12277.500	255	48.147		
Toplam	43936.831	271			
Düzeltilmiş Toplam	29074.225	270			
R²	0.578				

Çizelge 4.109. Meşe odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin radyal yöndeki basma direnci Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar			Süre (saat)	Gruplar			
	1	2	3		1	2	3	4
210	-13.95			8	-15.05			
180		-8.11		5		-9.90		
150			-4.46	2			-5.22	
120			-2.45	0				0.00
Sig.	1.0	1.0	0.09	Sig.	1.0	1.0	1.0	1.0

Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre teğet yöndeki basma direnci değerlerindeki değişimi Şekil 4.31'de gösterilmiştir.

Meşe odunu teğet yöndeki basma testi örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı (%ω), denemelerden elde edilen teğet yöndeki basma direnci değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve kontrol gruplarına göre yüzde değişim miktarı Çizelge 4.110' da gösterilmiştir.



Şekil 4.31. Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre teğet yöndeki basma direnci değerlerindeki değişimi

120°C grubu basma örneklerinde en yüksek basma direnci 8 saat işlem süresinde (12.12 MPa), en düşük basma direnci kontrol grubunda (11.44 MPa), 150 °C grubunda en yüksek basma direnci 8 saat işlem süresinde (11.48 MPa), en düşük kontrol grubunda (10.64 MPa), 180°C grubunda en yüksek basma direnci (T) kontrol grubunda (10.82 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (9.88 MPa), 210 °C grubunda en yüksek basma direnci (T) kontrol grubunda (11.04 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (9.75 MPa) elde edilmiştir. 120°C, 150°C sıcaklık uygulamasında basma örneklerinde işlem süresi artarken basma direnci (T) değerlerinde sırasıyla %6.24, %7.91 oranında artış, 180°C ve 210°C sıcaklık grubunda sırasıyla %8.60, %11.00 oranında azalma görülmüştür. Sıcaklığın artmasıyla teğet yöndeki basma direnci 180°C' ye kadar artarken, 180°C ve üzerindeki sıcaklıkta azalmıştır. Basma direnci değerlerinin varyasyon katsayıları %4.02 ile %9.21 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.110. Meşe odununun teğet yöndeki basma direnci değerlerine ilişkin bulgular

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	N [-]	d ₁₂ (gr/cm ³)	ω(%)	\bar{x} [MPa]	V[%]	% Değişim
120	0	17	0.65	11.72	11.44	4.67	0
	2	17	0.65	11.66	11.83	9.26	2.06
	5	17	0.64	10.67	11.94	6.85	4.59
	8	17	0.64	10.54	12.12	8.23	6.24
150	0	17	0.66	12.50	10.64	6.33	0
	2	17	0.66	10.41	11.18	6.96	5.11
	5	17	0.65	10.14	11.48	6.22	7.89
	8	17	0.65	9.59	11.48	7.75	7.91
180	0	17	0.66	12.24	10.82	4.02	0
	2	17	0.65	7.21	10.28	9.23	-4.95
	5	17	0.64	6.67	10.22	8.04	-5.52
	8	16	0.63	6.14	9.88	5.42	-8.60
210	0	16	0.66	12.14	11.04	5.00	0
	2	16	0.64	5.97	10.31	5.54	-6.60
	5	16	0.63	4.62	9.88	7.42	-10.50
	8	16	0.61	4.32	9.75	8.54	-11.00

V(%):Varyasyon katsayısı, ω(%):Rutubet seviyesi, N:Örnek sayısı, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

Meşe odununda teğet yöndeki basma direnci istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve sürenin basma direncine (T) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklık ve sürenin teğet yöndeki basma direncine etkisinin varyans analizi Çizelge 4.111' de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre basma direnci (T) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir(≤ 0.05).

Çizelge 4.111. Meşe odununda sıcaklık ve sürenin teğet yöndeki basma direncine etkisinin varyans analizi

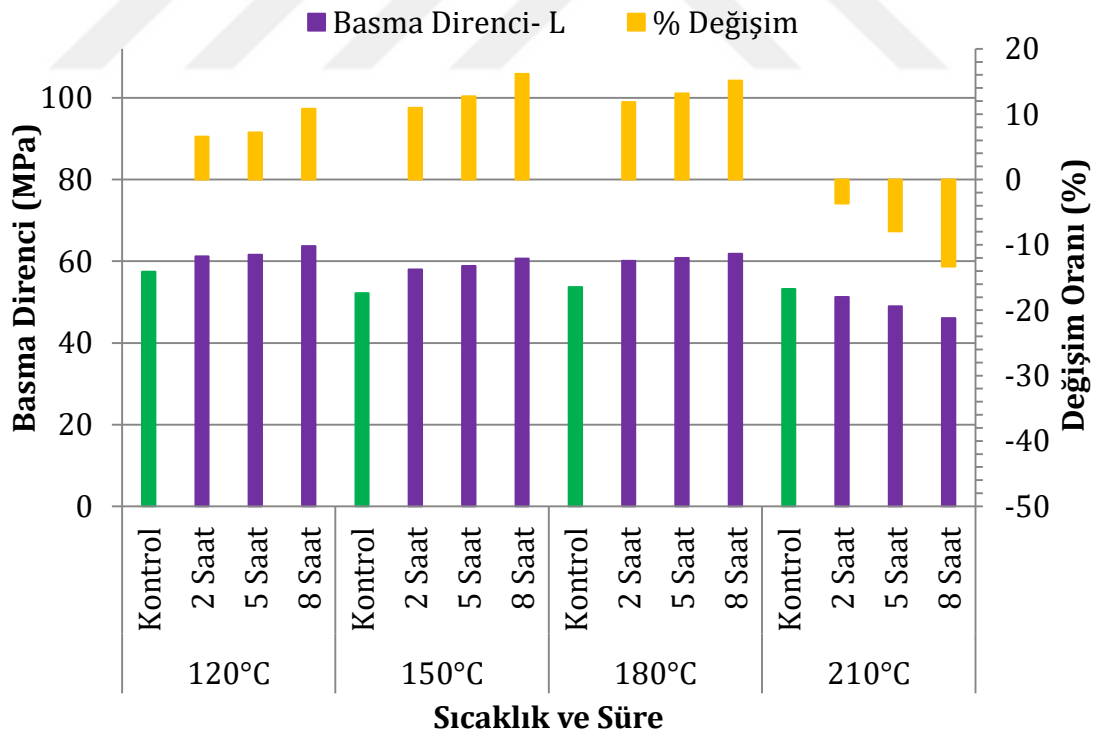
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P ≤ 0.05
Model	10419.060	15	694.604	15.348	.000
Intercept	177.300	1	177.300	3.918	.049
Sıcaklık	7378.655	3	2459.552	54.345	.000
Süre	85.059	3	28.353	.626	.599
Sıcaklık* Süre	2953.983	9	328.220	7.252	.000
Hata	11359.811	251	45.258		
Toplam	21944.310	267			
Düzeltilmiş Toplam	21778.871	266			
R ²	0.478				

Basma direnci (T) ile sıcaklık ve süre arasında ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.478$). DUNCAN testi sonuçlarına göre basma direnci değerleri sıcaklığa göre üç grup oluştururken, uygulama süresine göre aynı grupta toplanmıştır (Çizelge 4.112).

Çizelge 4.112. Meşe odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin teğet yöndeki basma direnci Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar			Süre (saat)	Gruplar 1
	1	2	3		
210	-7.12			8	-1.21
180	-4.71			5	-1.01
150	3.49			2	-0.91
120	5.31			0	0.00
Sig.	1.00	1.00	0.11	Sig.	0.35

Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre lif yönündeki basma direnci değerlerindeki değişimi Şekil 4.32'de gösterilmiştir.



Şekil 4.32. Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre lif yönündeki basma direnci değerlerindeki değişimi

Kayın odunu liflere paralel yönde basma testi örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı (% ω), denemelerden elde edilen liflere paralel basma direnci değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve kontrol gruplarına göre yüzde değişim miktarı Çizelge 4.113' de gösterilmiştir.

120°C grubu basma örneklerinde en yüksek basma direnci 8 saat işlem süresinde (63.69 MPa) bulunurken, en düşük basma direnci kontrol örneklerinde (54.47 MPa) elde edilmiştir. 150°C grubunda en yüksek basma direnci 8 saat işlem süresinde (60.58 MPa), en düşük kontrol grubunda (52.22 MPa),

180 °C grubunda en yüksek basma direnci (L) 8 saat işlem süresinde (61.82 MPa), en düşük kontrol grubunda (53.70 MPa), 210 °C grubunda en yüksek basma direnci (L) kontrol grubunda (53.18 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (46.09 MPa) elde edilmiştir. 120°C, 150°C ve 180°C sıcaklık uygulamasında basma örneklerinde işlem süresi artarken basma direnci (L) değerlerinde sırasıyla %10.83, %16.15, %15.12 artış görülmüştür. 210°C sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerde uygulama süresinin artmasıyla basma direnci (L) değerlerinde %13.33 oranında azalma görülmüştür.

Genel olarak 210°C' ye kadar liflere paralel basma direnci artarken, 210°C' de uygulama süresinin artmasıyla direnç değerleri azalmıştır. Basma direnci değerlerinin varyasyon katsayıları %3.27 ile %7.90 arasında değişmektedir.

Kayın odununun kontrol örneklerinin lif yönündeki basma direnci değerleri Efe vd. (2011) tarafından yapılan çalışmadaki sonuçlarla benzer çıkmıştır.

Çizelge 4.113. Kayın odununun lif yönündeki basma direnci değerlerine ilişkin bulgular

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	N [-]	d ₁₂ (gr/cm ³)	ω(%)	\bar{x} [MPa]	V[%]	% Değişim
120	0	27	0.70	12.23	57.47	6.55	0.00
	2	27	0.69	11.43	61.24	4.27	6.56
	5	27	0.69	11.03	61.60	3.27	7.19
	8	27	0.69	10.49	63.69	3.88	10.83
150	0	27	0.70	12.45	52.22	4.88	0.00
	2	27	0.69	10.96	57.95	5.32	10.99
	5	27	0.69	10.11	58.87	4.36	12.74
	8	27	0.68	9.97	60.65	5.54	16.15
180	0	27	0.70	11.90	53.70	7.90	0.00
	2	26	0.69	6.58	60.06	6.37	11.86
	5	26	0.68	6.28	60.79	7.30	13.20
	8	26	0.68	5.97	61.82	5.54	15.12
210	0	27	0.70	11.97	53.18	7.31	0.00
	2	27	0.68	6.26	51.23	5.05	-3.66
	5	27	0.68	4.64	48.96	6.53	-7.94
	8	27	0.55	4.23	46.09	7.70	-13.33

V(%):Varyasyon katsayısı, ω(%):Rutubet seviyesi, N:Örnek sayısı, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

Kayın odununda liflere paralel (L) basma direnci istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve sürenin basma direncine (L) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklık ve sürenin liflere paralel basma direncine etkisinin varyans analizi Çizelge 4.114' de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre basma direnci (L) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir(≤ 0.05).

Çizelge 4.114. Kayın odununda sıcaklık ve sürenin lif yönündeki basma direncine etkisinin varyans analizi

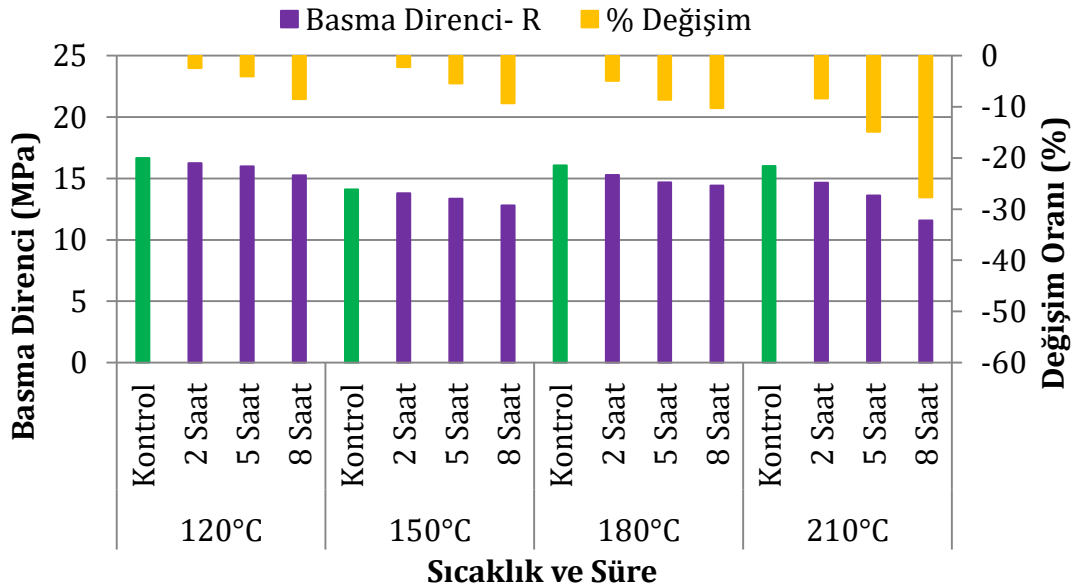
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P ≤ 0.05
Model	28693.268	15	1912.885	70.782	.000
Intercept	10307.686	1	10307.686	381.411	.000
Sıcaklık	17952.075	3	5984.025	221.425	.000
Süre	3635.850	3	1211.950	44.845	.000
Sıcaklık* Süre	8214.542	9	912.727	33.773	.000
Hata	11161.372	413	27.025		
Toplam	51885.537	429			
Düzeltilmiş Toplam	39854.640	428			
R ²	0.720				

Basma direnci (L) ile sıcaklık ve süre arasında doğrusala yakın bir ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.720$). DUNCAN testi sonuçlarına göre basma direnci değerleri sıcaklığa göre üç farklı grup oluşurken, uygulama süresine göre iki farklı grup oluşmuştur (Çizelge 4.115). Doruk ve Perçin (2010) tarafından yapılan çalışmada 130, 165 ve 200°C ısıtma işlemi uygulanmış kayın odununun lif yönünde basma direncinde sıcaklığın artmasıyla birlikte direnç değerlerinde azalma gözlenmiştir.

Çizelge 4.115. Kayın odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin lif yönündeki basma direnci Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar			Süre (saat)	Gruplar	
	1	2	3		1	2
210	-5.74			8		7.91
180		6.07		5		6.71
150			9.53	2		7.11
120			9.94	0	0.00	
Sig.	1.00	1.00	0.56	Sig.	1.000	0.111

Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre radyal yöndeki basma direncinin değişimi Şekil 4.33'te gösterilmiştir.



Şekil 4.33. Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre radyal yöndeki basma direnci değerlerindeki değişimi

Kayın odunu radyal yöndeki basma testi örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı (% ω), denemelerden elde edilen radyal yöndeki basma direnci değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve kontrol gruplarına göre yüzde değişim miktarı Çizelge 4.116' da gösterilmiştir. 120°C grubu basma örneklerinde en yüksek basma direnci kontrol grubunda (16.66 MPa), en düşük basma direnci 8 saat işlem süresinde (15.25 MPa), 150 °C grubunda en yüksek basma direnci kontrol grubunda (14.12 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (12.81 MPa), 180°C grubunda en yüksek basma direnci (R) kontrol grubunda (16.06 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (14.41 MPa), 210 °C grubunda en yüksek basma direnci (R) kontrol grubunda (16.00 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (11.57 MPa) elde edilmiştir. 120°C, 150°C, 180°C ve 210°C sıcaklık uygulamasında basma örneklerinde (R) işlem süresi artarken basma direnci (R) değerlerinde sırasıyla %8.48, %9.30, %10.27, %27.90 azalma görülmüştür. Sıcaklığın artmasıyla radyal yöndeki basma direnci bütün gruplarda azalmıştır. Basma direnci değerlerinin varyasyon katsayıları %4.40 ile %9.13 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.116. Kayın odununun radyal yöndeki basma direnci değerlerine ilişkin bulgular

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	N [-]	d ₁₂ (gr/cm ³)	ω (%)	\bar{x} [MPa]	V[%]	% Değişim
120	0	21	0.70	12.28	16.66	5.43	0.00
	2	21	0.69	11.82	16.25	7.29	-2.44
	5	21	0.69	11.45	15.98	5.13	-4.07
	8	21	0.69	10.99	15.25	7.16	-8.48
150	0	21	0.69	12.24	14.12	6.94	0.00
	2	21	0.68	10.93	13.80	5.46	-2.24
	5	21	0.68	9.87	13.36	4.40	-5.40
	8	21	0.67	9.64	12.81	5.86	-9.30
180	0	22	0.69	12.41	16.06	6.01	0.00
	2	21	0.68	6.58	15.27	6.40	-4.90
	5	21	0.67	6.15	14.67	6.78	-8.64
	8	21	0.67	5.91	14.41	5.58	-10.27
210	0	21	0.70	11.94	16.00	4.73	0.00
	2	21	0.68	5.30	14.67	7.47	-8.34
	5	21	0.67	4.34	13.62	5.32	-14.89
	8	21	0.65	4.15	11.57	9.13	-27.70

V(%):Varyasyon katsayısı, ω (%):Rutubet seviyesi, N:Örnek sayısı, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

Kayın odununda radyal yöndeki basma direnci istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve sürenin basma direncine (R) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklık ve sürenin radyal yöndeki basma direncine etkisinin varyans analizi Çizelge 4.117' de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre basma direnci (R) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir (≤ 0.05). Basma direnci (R) ile sıcaklık ve süre arasında ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.689$). DUNCAN testi sonuçlarına göre basma direnci değerleri sıcaklığa göre üç farklı grup oluşurken, uygulama süresine göre dört farklı grupta toplanmıştır (Çizelge 4.118). Kayın odununda sıcaklığın radyal yönde basma direnci değerleri üzerinde etkili olduğu görülmüştür.

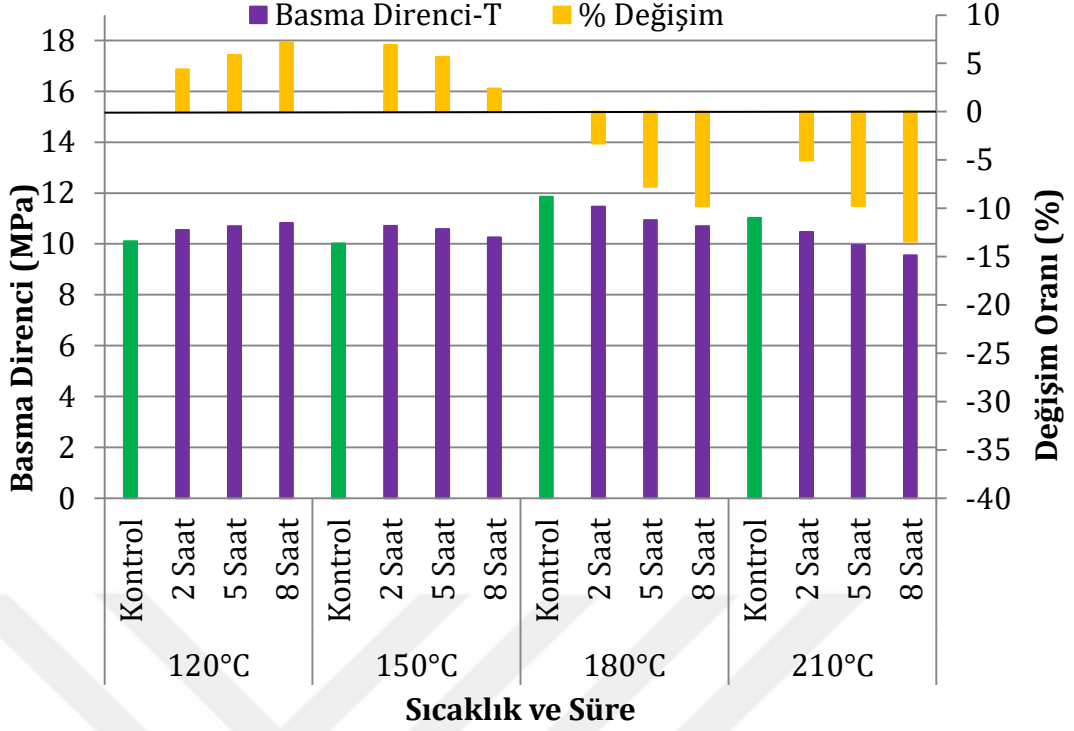
Çizelge 4.117. Kayın odununda sıcaklık ve sürenin radyal yöndeki basma direncine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P ≤ 0.05
Model	18801.565	15	1253.438	47.461	.000
Intercept	14385.481	1	14385.481	544.700	.000
Sıcaklık	4729.140	3	1576.380	59.689	.000
Süre	8907.586	3	2969.195	112.427	.000
Sıcaklık* Süre	3464.122	9	384.902	14.574	.000
Hata	8477.580	321	26.410		
Toplam	43444.000	337			
Düzeltilmiş Toplam	27279.145	336			
R²	0.689				

Çizelge 4.118. Kayın odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin radyal yöndeki basma direnci Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar			Süre (saat)	Gruplar			
	1	2	3		1	2	3	4
210	-12.45			8	-15.21			
180		-5.63		5		-8.26		
150			-3.84	2			-5.12	
120			-3.76	0				0.00
Sig.	1.00	1.00	0.92	Sig.	1.00	1.00	1.00	1.00

Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre teğet yöndeki basma direncinin değişimi Şekil 4.34'de gösterilmiştir.



Şekil 4.34. Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre teğet yöndeki basma direnci değerlerindeki değişimi

Kayın odunu teğet yöndeki basma testi örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı (% ω), denemelerden elde edilen teğet yöndeki basma direncinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve yüzde değişim miktarı Çizelge 4.119' da gösterilmiştir. 120°C grubu basma örneklerinde en yüksek basma direnci 8 saat işlem süresinde (10.82 MPa), en düşük basma direnci kontrol grubunda (10.10 MPa), 150 °C grubunda en yüksek basma direnci 2 saat işlem süresinde (10.71 MPa), en düşük kontrol grubunda (10.02 MPa), 180°C grubunda en yüksek basma direnci (T) kontrol grubunda (11.86 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (10.70 MPa), 210 °C grubunda en yüksek basma direnci (T) kontrol grubunda (11.03 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (9.55 MPa) elde edilmiştir. 120°C, 150°C sıcaklık uygulamasında basma örneklerinde (T) işlem süresi artarken basma direnci (T) değerlerinde sırasıyla %7.15, %6.89 oranında artış, 180°C ve 210°C sıcaklık grubunda sırasıyla %9.80, %13.45 oranında azalma görülmüştür. Sıcaklığın artmasıyla teğet yöndeki basma direnci 180°C' ye kadar artarken, 180°C ve üzerindeki sıcaklıkta azalmıştır. Basma direncinin varyasyon katsayıları %2.47 ile %11.29 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.119. Kayın odununun teğet yöndeki basma direnci değerlerine ilişkin bulgular

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	N [-]	d ₁₂ (gr/cm ³)	ω(%)	\bar{x} [MPa]	V[%]	% Değişim
120	0	21	0.69	12.42	10.10	2.47	0.00
	2	21	0.69	11.97	10.54	2.69	4.40
	5	21	0.68	11.81	10.69	4.69	5.89
	8	21	0.68	10.81	10.82	6.84	7.15
150	0	21	0.69	12.20	10.02	7.14	0.00
	2	21	0.68	11.69	10.71	3.47	6.89
	5	21	0.68	10.45	10.59	7.31	5.68
	8	21	0.67	10.08	10.26	4.49	2.39
180	0	21	0.69	11.78	11.86	6.31	0.00
	2	21	0.68	6.82	11.47	5.25	-3.31
	5	21	0.67	6.49	10.94	5.53	-7.79
	8	20	0.67	6.40	10.70	5.05	-9.80
210	0	20	0.68	11.94	11.03	3.49	0.00
	2	20	0.66	5.34	10.47	11.29	-5.05
	5	20	0.65	5.30	9.95	8.18	-9.76
	8	20	0.64	4.95	9.55	7.46	-13.45

V(%):Varyasyon katsayısı, ω(%):Rutubet seviyesi, N:Örnek sayısı, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

Kayın odununda teğet yöndeki basma direnci istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve sürenin basma direncine (T) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklık ve sürenin teğet yöndeki basma direncine etkisinin varyans analizi Çizelge 4.120'de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre basma direnci (T) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir(≤ 0.05).

Çizelge 4.120. Kayın odununda sıcaklık ve sürenin teğet yöndeki basma direncine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P ≤ 0.05
Model	12584.423	15	838.962	28.355	.000
Intercept	379.797	1	379.797	12.836	.000
Sıcaklık	8202.462	3	2734.154	92.407	.000
Süre	845.494	3	281.831	9.525	.000
Sıcaklık* Süre	3381.513	9	375.724	12.698	.000
Hata	9320.248	315	29.588		
Toplam	22353.063	331			
Düzeltilmiş Toplam	21904.671	330			
R ²	0.575				

Basma direnci (T) ile sıcaklık ve süre arasında ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.575$). DUNCAN testi sonuçlarına göre basma direnci değerleri sıcaklık ve uygulama süresine göre iki farklı grupta toplanmıştır (Çizelge 4.121).

Çizelge 4.121. Kayın odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin teğet yöndeki basma direnci Duncan testi

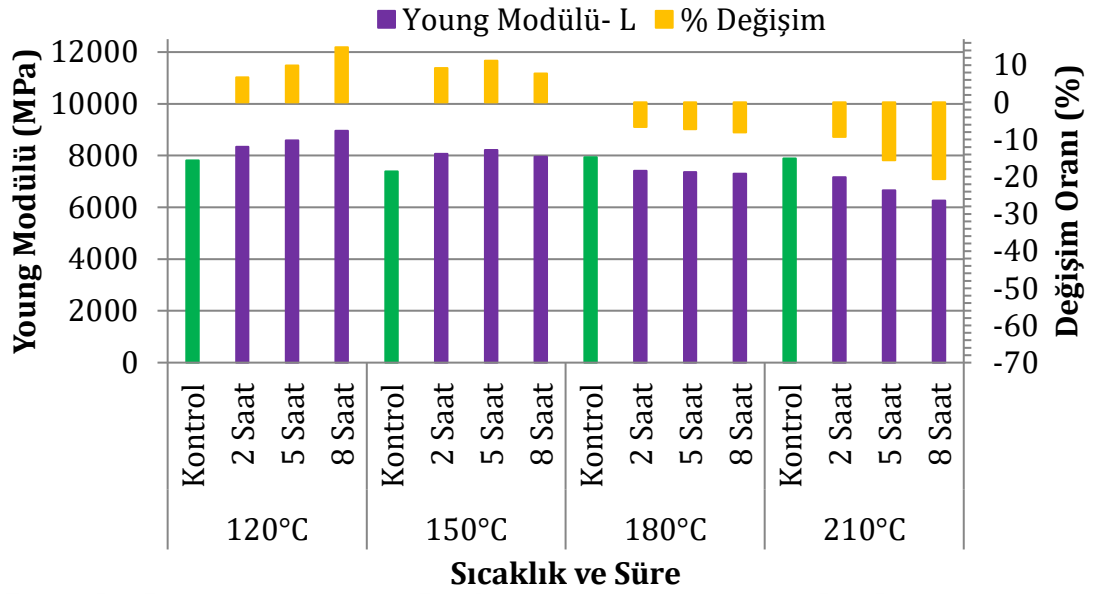
Sıcaklık (°C)	Gruplar		Süre (saat)	Gruplar	
	1	2		1	2
210	-6.87		8	-3.25	
180	-5.39		5	-1.69	
150		3.82	2		0.36
120		4.23	0		0.00
Sig.	0.08	0.63	Sig.	0.06	0.66

Windeisen vd. (2008) ve Taghiyari vd. (2012) tarafından yapılan çalışmalarda termal modifikasyonunun kavak, kayın ve dişbudak odunlarında lif boyunca basma gerilmesinde hafif bir artış olduğunu rapor etmişlerdir. Bu artış selülozun kristallik indeksinin artmış olmasından kaynaklanabilir. Isıl işlemin direnç üzerindeki etkisi elastikiyetten daha fazladır (Esteves ve Pereira, 2009).

4.2.4. Young modülü

Young modülü değerleri, basma testlerinden elde edilmiştir. Basma testi örnekleri her bir ağaç türü için liflere paralel (L) ve liflere dik (R, T) olarak test edilmiştir. Test örnekleri 120-150-180 ve 210 °C olmak üzere dört gruba ayrılarak sıcaklığa maruz bırakılmıştır. Her sıcaklık grubunun işlem süresi 2-5-8 saat olarak uygulanmıştır. Farklı sıcaklık gruplarının her birinden kontrol örnekleri dört grup (**I. Grup:**120°C, 0-2-5-8 Saat, **II. Grup:** 150°C, 0-2-5-8 Saat, **III. Grup:**180°C, 0-2-5-8 Saat, **IV. Grup:** 210°C, 0-2-5-8 Saat) olarak ayrılmış ve herhangi bir işlem yapılmamıştır.

Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre lif yönündeki Young modülü değerlerindeki değişimi Şekil 4.35'de gösterilmiştir.



Şekil 4.35. Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre lif yönündeki Young modülü değerlerindeki değişimi

Sedir odunu liflere paralel yönde basma testi örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı (ω), denemelerden elde edilen liflere paralel yönde Young modülü (EL) değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve kontrol gruplarına göre yüzde değişim miktarı Çizelge 4.122' de gösterilmiştir. 120°C grubunda en yüksek Young modülü 8 saat işlem süresinde (8662 MPa) bulunurken, en düşük basma direnci kontrol örneklerinde (7814 MPa) elde edilmiştir. 150 °C grubunda en yüksek Young modülü 5 saat işlem süresinde (8219 MPa), en düşük kontrol grubunda (7389 MPa), 180 °C grubunda en yüksek Young modülü (EL) kontrol grubunda (7936 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (7294 MPa), 210 °C grubunda en yüksek basma direnci (EL) kontrol grubunda (7889 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (6237 MPa) elde edilmiştir. 120°C, 150°C sıcaklık uygulamasında basma örneklerinde işlem süresi artarken Young modülü (EL) değerlerinde sırasıyla %14.79, %11.23, artış görülmüştür. 180°C ve 210°C sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerde uygulama süresinin artmasıyla Young modülü (EL) değerlerinde sırasıyla %8.09, %20.61 oranında azalma görülmüştür. Genel olarak 180°C' ye kadar lif yönündeki Young modülü değerlerinde bir miktar artış görülürken, 180°C ve 210°C' sıcaklıkta uygulama süresinin artmasıyla Young modülü (EL) azalmıştır. Lif yönündeki Young modülünün varyasyon katsayıları %6.67 ile %12.80 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.122. Sedir odununun lif yönündeki Young modülü değerlerine ilişkin bulgular

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	N [-]	d ₁₂ (gr/cm ³)	ω(%)	\bar{x} [MPa]	V[%]	% Değişim
120	0	23	0.49	12.89	7814.17	10.27	0
	2	23	0.48	12.53	8341.14	7.19	6.74
	5	23	0.48	11.09	8586.77	6.67	9.89
	8	23	0.48	10.73	8662.68	7.85	14.79
150	0	23	0.49	12.62	7389.00	11.90	0
	2	23	0.48	10.12	8072.00	12.80	9.23
	5	23	0.48	9.13	8219.70	9.23	11.23
	8	23	0.48	9.06	7962.00	10.34	7.74
180	0	23	0.49	12.15	7936.85	9.83	0
	2	23	0.46	6.88	7410.56	7.22	-6.63
	5	23	0.46	6.34	7363.30	9.71	-7.23
	8	22	0.44	6.12	7294.49	7.95	-8.09
210	0	22	0.52	12.13	7889.54	9.34	0
	2	22	0.50	5.94	7158.26	7.87	-9.26
	5	22	0.48	4.85	6658.60	10.08	-15.6
	8	22	0.46	4.52	6263.07	10.45	-20.61

V(%):Varyasyon katsayısı, ω(%):Rutubet seviyesi, N:Örnek sayısı, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

Sedirde lif yönündeki Young modülü istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve sürenin Young modülüne (E_L) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklık ve sürenin lif yönündeki Young modülüne etkisinin varyans analizi Çizelge 4.123' de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre Young modülü (E_L) değerlerinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir(≤0.05).

Çizelge 4.123. Sedir odununda sıcaklık ve sürenin lif yönündeki Young modülü değerine etkisinin varyans analizi

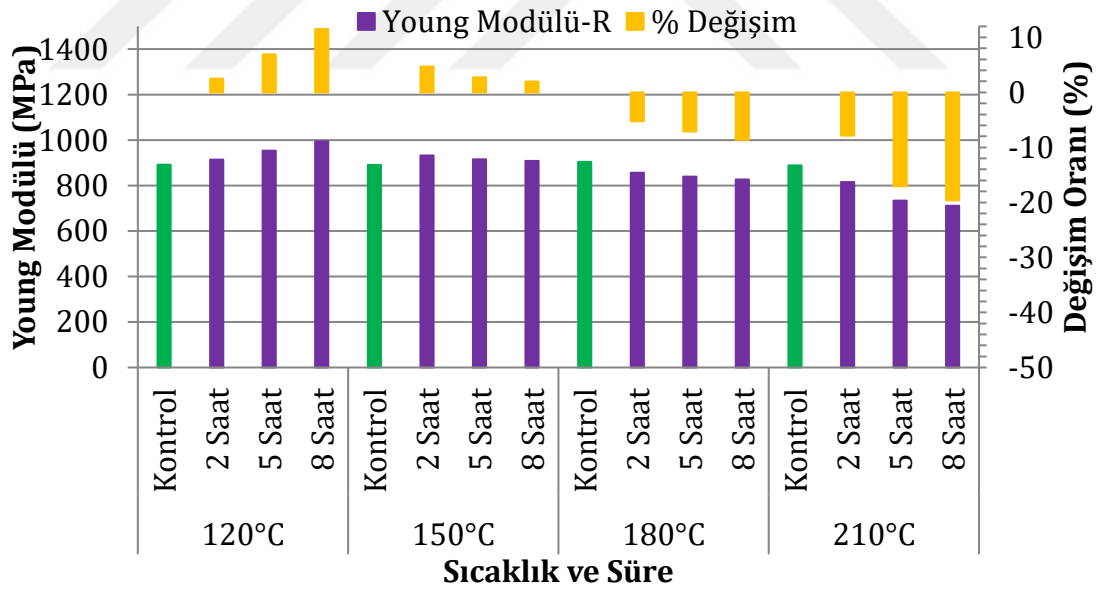
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	19112.871a	15	1274.191	39.436	.000
Intercept	3773.482	1	3773.482	116.788	.000
Sıcaklık	11547.582	3	3849.194	119.131	.000
Süre	1271.690	3	423.897	13.119	.000
Sıcaklık* Süre	5734.201	9	637.133	19.719	.000
Hata	11211.749	347	32.311		
Toplam	33026.025	363			
Düzeltilmiş Toplam	30324.620	362			
R²	0.630				

Young modülü (E_L) ile sıcaklık ve süre arasında ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.630$). DUNCAN testi sonuçlarına göre Young modülü (E_L) değerleri sıcaklığa göre üç, uygulama süresine göre iki farklı grupta toplanmıştır (Çizelge 4.124).

Çizelge 4.124. Sedir odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin lif yönündeki Young modülü Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar			Süre (saat)	Gruplar	
	1	2	3		1	2
210	-6.36			8		3.52
180		5.80		5		3.22
150			7.48	2		4.24
120		5.54		0	0.00	
Sig.	1.00	0.75	1.00	Sig.	1.00	0.25

Sıcaklığa maruz bırakılmış sedir örneklerinin, kontrol örneklerine göre radyal yöndeki Young modülündeki değişimi Şekil 4.36'da gösterilmiştir.



Şekil 4.36. Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre radyal yöndeki Young modülü değerlerindeki değişimi

Sedir odunu radyal yöndeki basma testi örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı ($\% \omega$), denemelerden elde edilen radyal yöndeki Young modülü (E_R) değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı ($\%$) ve kontrol gruplarına göre

yüzde değişim miktarı Çizelge 4.125' de gösterilmiştir. 120°C grubunda en yüksek Young modülü (E_R) 8 saat işlem süresinde (994 MPa) bulunurken, en düşük basma direnci kontrol örneklerinde (891 MPa) elde edilmiştir. 150 °C grubunda en yüksek Young modülü (E_R) 2 saat işlem süresinde (932 MPa), en düşük kontrol grubunda (890 MPa), 180 °C grubunda en yüksek Young modülü (E_L) kontrol grubunda (904 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (826 MPa), 210 °C grubunda en yüksek Young modülü (E_R) kontrol grubunda (888 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (711 MPa) elde edilmiştir. 120°C, 150°C sıcaklık uygulamasında basma örneklerinde işlem süresi artarken Young modülü (E_R) değerlerinde sırasıyla %11.53, %4.72, artış görülmüştür. 180°C ve 210°C sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerde uygulama süresinin artmasıyla Young modülü (E_R) değerlerinde sırasıyla %8.61, %19.59 oranında azalma görülmüştür. Genel olarak 180°C' ye kadar radyal yöndeki Young modülü değerlerinde bir miktar artış görülürken, 180°C ve 210°C' sıcaklıkta uygulama süresinin artmasıyla Young modülü (E_R) azalmıştır. Radyal yöndeki Young modülünün varyasyon katsayıları %6.29 ile %12.80 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.125. Sedir odununun radyal yöndeki Young modülü değerlerine ilişkin bulgular

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	N [-]	d_{12} (gr/cm ³)	ω (%)	\bar{x} [MPa]	V[%]	% Değişim
120	0	25	0.50	12.19	891.59	10.27	0
	2	25	0.49	11.53	914.00	10.93	2.51
	5	25	0.49	11.15	953.00	8.26	6.89
	8	25	0.48	10.52	994.36	6.29	11.53
150	0	25	0.49	12.37	890.63	8.15	0
	2	24	0.48	10.39	932.69	9.92	4.72
	5	24	0.48	9.48	915.09	9.43	2.75
	8	24	0.46	9.11	908.26	9.84	1.98
180	0	24	0.51	12.15	904.17	10.65	0
	2	24	0.47	7.08	856.63	12.80	-5.26
	5	24	0.46	6.53	839.69	11.59	-7.13
	8	24	0.45	6.33	826.34	11.63	-8.61
210	0	24	0.56	11.86	888.47	12.18	0
	2	24	0.53	7.11	814.84	10.25	-7.87
	5	24	0.50	4.79	733.43	12.35	-17.08
	8	24	0.49	4.53	711.18	11.95	-19.59

V(%):Varyasyon katsayısı, ω (%):Rutubet seviyesi, N:Örnek sayısı, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

Sedir odununda radyal yöndeki Young modülü istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve sürenin Young modülüne (E_R) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklık ve sürenin radyal yöndeki Young modülüne etkisinin varyans analizi Çizelge 4.126' da gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre Young modülü (E_R) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir (≤ 0.05). Young modülü (E_R) ile sıcaklık ve süre arasında ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.452$). DUNCAN testi sonuçlarına göre Young modülü (E_R) değerleri sıcaklığa göre dört, uygulama süresine göre iki farklı grupta toplanmıştır (Çizelge 4.127).

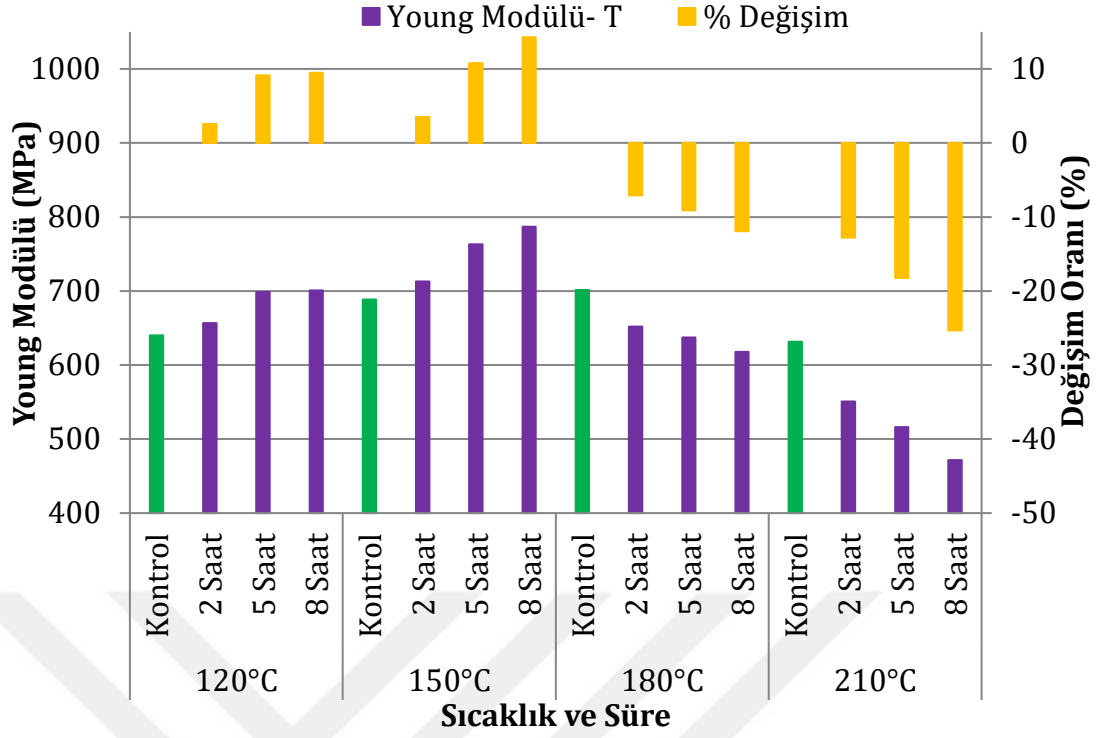
Çizelge 4.126. Sedir odununda sıcaklık ve sürenin radyal yöndeki Young modülü değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	24078.934	15	1605.262	20.499	.000
Intercept	1947.755	1	1947.755	24.873	.000
Sıcaklık	15408.708	3	5136.236	65.590	.000
Süre	1050.617	3	350.206	4.472	.004
Sıcaklık* Süre	7527.951	9	836.439	10.681	.000
Hata	29208.991	373	78.308		
Toplam	56303.371	389			
Düzeltilmiş Toplam	53287.925	388			
R^2	0.452				

Çizelge 4.127. Sedir odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin radyal yöndeki Young modülü Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar				Süre (saat)	Gruplar	
	1	2	3	4		1	2
210	-10.90				8	-4.34	
180		-5.22			5	-5.39	
150			2.09		2		-1.74
120				4.90	0		0.00
Sig.	1.00	1.00	1.00	1.00	Sig.	0.40	0.17

Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre teğet yöndeki Young modülünün değişimi Şekil 4.37'de gösterilmiştir.



Şekil 4.37. Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre teğet yöndeki Young modülü değerlerindeki değişimi

Sedir odunu teğet yöndeki basma testi örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı (% ω), denemelerden elde edilen teğet yöndeki Young modülü (E_T) değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve kontrol gruplarına göre yüzde değişim miktarı Çizelge 4.128' de gösterilmiştir. 120°C grubunda en yüksek Young modülü (E_T) 8 saat işlem süresinde (700 MPa) bulunurken, en düşük Young modülü kontrol örneklerinde (786 MPa) elde edilmiştir. 150 °C grubunda en yüksek Young modülü (E_T) 8 saat işlem süresinde (786 MPa), en düşük kontrol grubunda (688 MPa), 180 °C grubunda en yüksek Young modülü (E_T) kontrol grubunda (701 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (617 MPa), 210 °C grubunda en yüksek Young modülü (E_T) kontrol grubunda (631 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (471 MPa) elde edilmiştir. 120°C, 150°C sıcaklık uygulamasında basma örneklerinde işlem süresi artarken Young modülü (E_T) değerlerinde sırasıyla %9.49, %14.29 artış görülmüştür. 180°C ve 210°C sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerde uygulama süresinin artmasıyla Young modülü (E_T) değerlerinde sırasıyla %11.94, %25.32 oranında azalma görülmüştür. Genel olarak 180°C' ye kadar teğet yöndeki Young modülü

değerlerinde bir miktar artış görülürken, 180°C ve 210°C' sıcaklıkta uygulama süresinin artmasıyla Young modülü (E_T) azalmıştır. Teğet yöndeki Young modülü değerlerinin varyasyon katsayıları %7.34 ile %11.65 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.128. Sedir odununun teğet yöndeki Young modülü değerlerine ilişkin bulgular

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	N [-]	d_{12} (gr/cm ³)	ω (%)	\bar{x} [MPa]	V[%]	% Değişim
120	0	27	0.48	12.15	640.10	10.22	0
	2	26	0.47	12.44	656.57	10.75	2.57
	5	26	0.47	11.01	698.59	7.34	9.14
	8	26	0.46	10.23	700.84	9.94	9.49
150	0	27	0.50	12.22	688.51	10.50	0
	2	26	0.49	10.11	712.83	10.85	3.53
	5	26	0.48	9.10	762.89	9.57	10.80
	8	26	0.48	9.00	786.91	10.09	14.29
180	0	27	0.48	11.97	701.38	11.37	0
	2	27	0.45	6.98	651.79	10.46	-7.07
	5	27	0.44	6.76	637.31	10.73	-9.13
	8	27	0.43	6.29	617.67	9.77	-11.94
210	0	27	0.51	12.66	631.49	9.74	0
	2	27	0.48	7.14	550.67	8.02	-12.8
	5	27	0.47	5.41	516.25	10.91	-18.25
	8	27	0.46	5.29	471.58	11.65	-25.32

V(%):Varyasyon katsayısı, ω (%):Rutubet seviyesi, N:Örnek sayısı, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

Sedir odununda teğet yöndeki Young modülü istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve sürenin Young modülüne (E_T) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklık ve sürenin teğet yöndeki Young modülüne etkisinin varyans analizi Çizelge 4.129' da gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre Young modülü (E_T) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir (≤ 0.05). Young modülü (E_T) ile sıcaklık ve süre arasında ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.457$). DUNCAN testi sonuçlarına göre Young modülü (E_T) değerleri sıcaklığa göre üç, uygulama süresine göre iki farklı grupta toplanmıştır (Çizelge 4.130).

Çizelge 4.129. Sedir odununda sıcaklık ve sürenin teğet yöndeki Young modülü değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	51256.194a	15	3417.080	22.981	.000
Intercept	2096.504	1	2096.504	14.100	.000
Sıcaklık	33466.006	3	11155.335	75.024	.000
Süre	774.300	3	258.100	1.736	.159
Sıcaklık* Süre	16295.199	9	1810.578	12.177	.000
Hata	60963.011	410	148.690		
Toplam	114996.005	426			
Düzeltilmiş Toplam	112219.205	425			
R²	0.457				

Çizelge 4.130. Sedir odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin teğet yöndeki Young modülü Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar			Süre (saat)	Gruplar	
	1	2	3		1	2
210	-13.49			8	-4.57	
180		-7.56		5	-3.33	-3.33
150			4.90	2	-1.98	-1.98
120			7.66	0		0.00
Sig.	1.00	1.00	0.10	Sig.	0.14	0.05

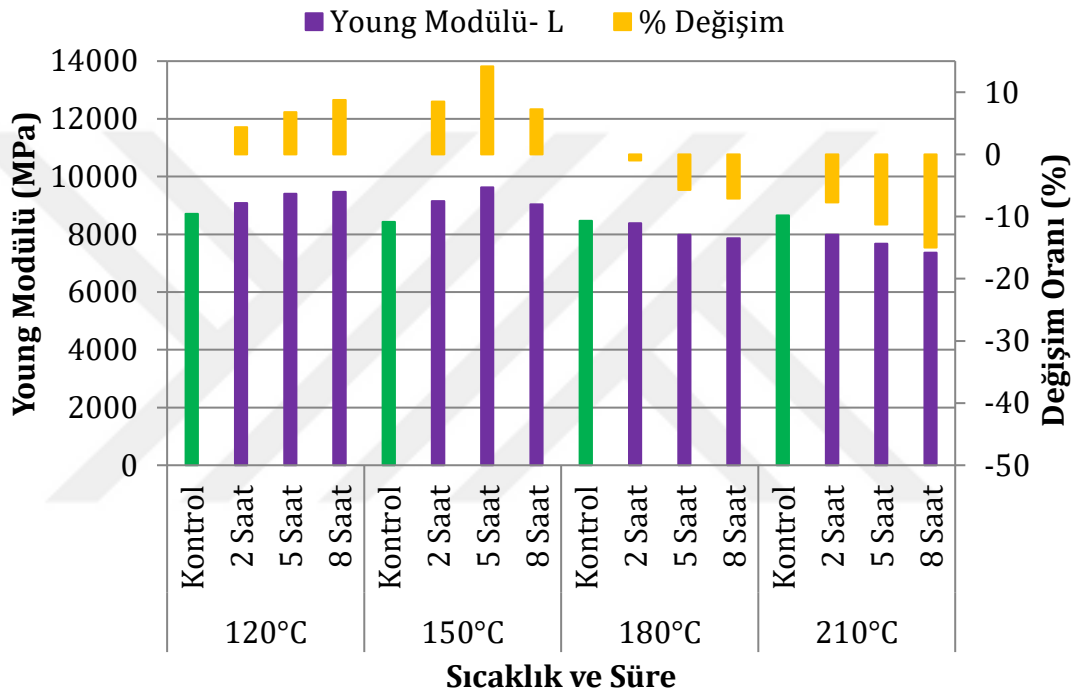
Young modülü değerleri sıcaklık işleminden etkilenmiştir. Düşük sıcaklık işlemlerinde değerler artarken sıcaklığın artmasıyla azalmıştır. Genellikle temel yönlerde 120 ve 150°C' de Young modülü %14'e kadar bütün sürelerde artmıştır. Sıcaklık uygulamasıyla düşük rutubet miktarı direnç özelliklerinde pozitif etki yapabilir fakat bu etki kimyasal bileşenlerin bozulmasıyla yer değiştirir.

210°C sıcaklıkta Young modülü %25' e kadar azalmıştır. Bu azalma en fazla T yönünde olmuştur. Sonuçlar gösteriyor ki Young modülü 120 ve 150 °C sıcaklık uygulamasında %15' e kadar artarken 180 ve 210 °C sıcaklık uygulamasında lif yönünde %20' ye kadar azalmıştır. Bu etki radyal yönde benzerdir fakat teğet yönde daha fazladır.

Kubojima vd. (1998) Sitka ladini odununun L ve R yönlerindeki Young

modülünün 120 160 ve 200 °C sıcaklıktaki ısıl işlem uygulamasının ilk iki saatinde yükseldiğini ve sonrasında sabit kaldığını gözlemlemiştir. 200 °C' de başlangıçta Young modülü yükselirken sonrasında azalmaktadır.

Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre lif yönündeki Young modülü değerlerindeki değişimi Şekil 4.38'de gösterilmiştir.



Şekil 4.38. Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre lif yönündeki Young modülü değerlerindeki değişimi

Kızılçam odunu liflere paralel yönde basma testi örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı (%ω), denemelerden elde edilen liflere paralel yönde Young modülü (E_L) değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve kontrol gruplarına göre yüzde değişim miktarı Çizelge 4.131' de gösterilmiştir. 120°C grubunda en yüksek Young modülü 8 saat işlem süresinde (9470 MPa) bulunurken, en düşük basma direnci kontrol örneklerinde (8709 MPa) elde edilmiştir. 150°C grubunda en yüksek Young modülü 5 saat işlem süresinde (9622 MPa), en düşük kontrol grubunda (8430 MPa), 180 °C grubunda en yüksek Young modülü

(E_L) kontrol grubunda (8468 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (7866 MPa), 210 °C grubunda en yüksek basma direnci (E_L) kontrol grubunda (8655 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (7358 MPa) elde edilmiştir. 120°C, 150°C sıcaklık uygulamasında basma örneklerinde işlem süresi artarken Young modülü (E_L) değerlerinde sırasıyla %8.75, %14.13, artış görülmüştür. 180°C ve 210°C sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerde uygulama süresinin artmasıyla Young modülü (E_L) değerlerinde sırasıyla %7.11, %14.98 oranında azalma görülmüştür. Genel olarak 180°C' ye kadar lif yönündeki Young modülü değerlerinde bir miktar artış görülürken, 180°C ve 210°C' sıcaklıkta uygulama süresinin artmasıyla Young modülü (E_L) azalmıştır. Lif yönündeki Young modülü değerlerinin varyasyon katsayıları %7.81 ile %12.54 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.131. Kızılçam odununun lif yönündeki Young modülü değerlerine ilişkin bulgular

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	N [-]	d ₁₂ (gr/cm ³)	ω(%)	\bar{x} [MPa]	V[%]	% Değişim
120	0	25	0.49	12.04	8709.47	10.22	0
	2	25	0.49	11.53	9088.00	11.77	4.36
	5	25	0.49	10.97	9403.00	9.69	6.77
	8	25	0.48	10.95	9470.00	8.60	8.75
150	0	26	0.50	12.30	8430.81	9.90	0
	2	26	0.49	9.63	9144.77	10.30	8.47
	5	26	0.48	9.28	9622.26	8.67	14.13
	8	26	0.48	9.12	9044.05	9.97	7.28
180	0	26	0.49	11.46	8468.52	8.33	0
	2	26	0.48	8.57	8384.68	11.23	-0.99
	5	26	0.46	7.78	7984.69	11.47	-5.71
	8	26	0.45	7.63	7866.42	12.47	-7.11
210	0	26	0.50	12.17	8655.24	7.81	0
	2	25	0.47	5.89	7985.21	11.31	-7.74
	5	25	0.46	5.60	7678.90	12.54	-11.28
	8	25	0.45	5.45	7358.61	8.97	-14.98

V(%):Varyasyon katsayısı, ω(%):Rutubet seviyesi, N:Örnek sayısı, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

Kızılçam odununda lif yönündeki Young modülü istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve sürenin Young modülüne (E_L) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklık ve sürenin lif yönündeki Young modülüne etkisinin varyans analizi Çizelge 4.132' de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre Young modülü (E_L)

değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir (≤ 0.05). Young modülü (E_L) ile sıcaklık ve süre arasında ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.541$). DUNCAN testi sonuçlarına göre Young modülü (E_L) değerleri sıcaklığa ve uygulama süresine göre iki farklı grupta toplanmıştır (Çizelge 4.133).

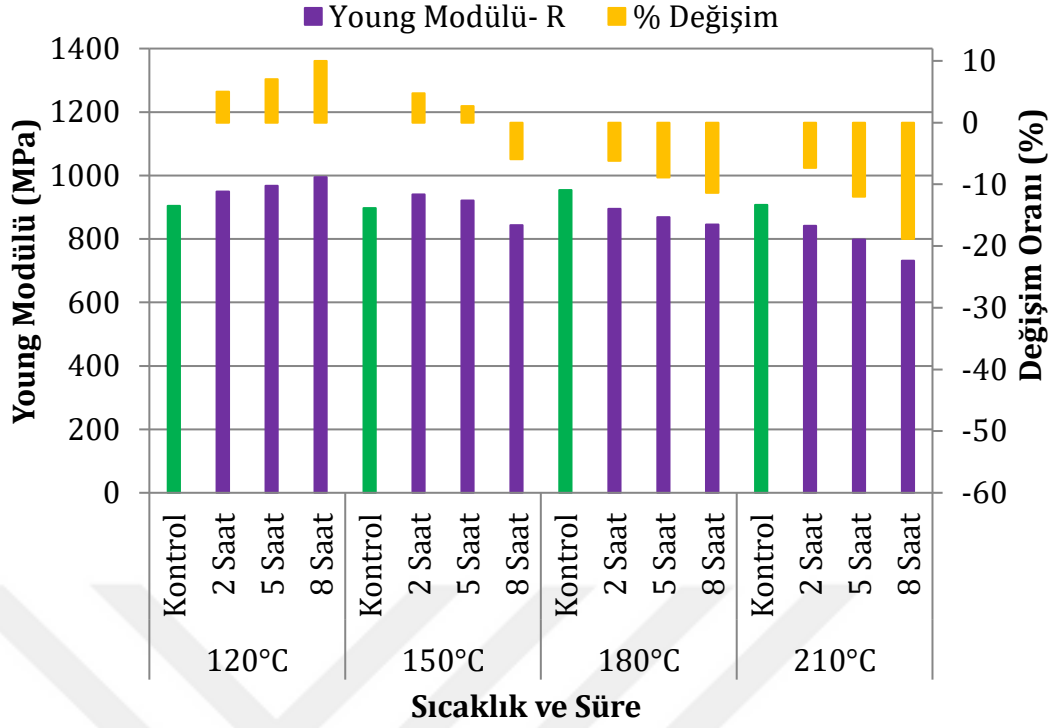
Çizelge 4.132. Kızılçam odununda sıcaklık ve sürenin lif yönündeki Young modülü değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	19962.766	15	1330.851	30.843	0.000
Intercept	5814.421	1	5814.421	134.750	0.000
Sıcaklık	11926.177	3	3975.392	92.131	0.000
Süre	2077.920	3	692.640	16.052	0.000
Sıcaklık* Süre	5502.869	9	611.430	14.170	0.000
Hata	16957.784	393	43.150		
Toplam	46504.279	409			
Düzeltilmiş Toplam	36920.550	408			
R^2	0.541				

Çizelge 4.133. Kızılçam odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin lif yönündeki Young modülü Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar		Süre (saat)	Gruplar	
	1	2		1	2
210	-5.84		8		5.62
180		6.51	5		5.92
150		7.89	2		7.34
120		8.35	0	0.00	
Sig.	1.00	0.06	Sig.	1.00	0.07

Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre radyal yöndeki Young modülü değerlerindeki değişimi Şekil 4.39'da gösterilmiştir.



Şekil 4.39. Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre radyal yöndeki Young modülü değerlerindeki değişimi

Kızılçam odunu radyal yöndeki basma testi örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı (% ω), denemelerden elde edilen radyal yöndeki Young modülü (E_R) değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve kontrol gruplarına göre yüzde değişim miktarı Çizelge 4.134' de gösterilmiştir. 120°C grubunda en yüksek Young modülü (E_R) 8 saat işlem süresinde (994 MPa) bulunurken, en düşük basma direnci kontrol örneklerinde (904 MPa) elde edilmiştir. 150 °C grubunda en yüksek Young modülü (E_R) 2 saat işlem süresinde (940 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (843 MPa), 180 °C grubunda en yüksek Young modülü (E_L) kontrol grubunda (954 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (845 MPa), 210 °C grubunda en yüksek Young modülü (E_R) kontrol grubunda (907 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (731 MPa) elde edilmiştir. 120°C, 150°C sıcaklık uygulamasında basma örneklerinde işlem süresi artarken Young modülü (E_R) değerlerinde sırasıyla %10.01, %4.77, artış görülmüştür. 180°C ve 210°C sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerde uygulama süresinin artmasıyla Young modülü (E_R) değerlerinde sırasıyla %11.38, %18.85 oranında azalma görülmüştür. Genel olarak 180°C' ye kadar radyal yöndeki Young modülü

değerlerinde bir miktar artış görülürken, 180°C ve 210°C' sıcaklıkta uygulama süresinin artmasıyla Young modülü (E_R) azalmıştır. Radyal yöndeki Young modülünün varyasyon katsayıları %8.59 ile %12.79 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.134. Kızılçam odununun radyal yöndeki Young modülü değerlerine ilişkin bulgular

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	N [-]	d_{12} (gr/cm ³)	ω (%)	\bar{x} [MPa]	V[%]	% Değişim
120	0	22	0.51	12.15	904.32	8.59	0
	2	22	0.50	11.66	949.49	9.23	5.00
	5	22	0.49	10.30	967.98	10.10	7.04
	8	22	0.49	10.10	994.83	9.28	10.01
150	0	22	0.49	12.23	897.19	9.71	0
	2	22	0.48	10.75	940.00	8.59	4.77
	5	22	0.47	9.43	921.45	12.71	2.70
	8	22	0.47	9.26	843.8	13.05	-5.95
180	0	22	0.52	12.18	954.08	9.64	0
	2	22	0.48	7.11	895.03	8.89	-6.19
	5	22	0.47	6.53	869.05	9.51	-8.91
	8	22	0.46	6.38	845.49	12.79	-11.38
210	0	21	0.50	12.29	907.35	9.87	0
	2	21	0.47	6.44	840.96	12.73	-7.32
	5	21	0.46	5.99	798.26	12.19	-12.02
	8	21	0.45	5.97	731.87	10.47	-18.85

V(%):Varyasyon katsayısı, ω (%):Rutubet seviyesi, N:Örnek sayısı, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

Kızılçam odununda radyal yöndeki Young modülü istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve sürenin Young modülüne (E_R) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklık ve sürenin radyal yöndeki Young modülüne etkisinin varyans analizi Çizelge 4.135' de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre Young modülü (E_R) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir (≤ 0.05). Young modülü (E_R) ile sıcaklık ve süre arasında ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.652$).

DUNCAN testi sonuçlarına göre Young modülü (E_R) değerleri sıcaklığa göre üç, uygulama süresine göre dört farklı grupta toplanmıştır (Çizelge 4.136).

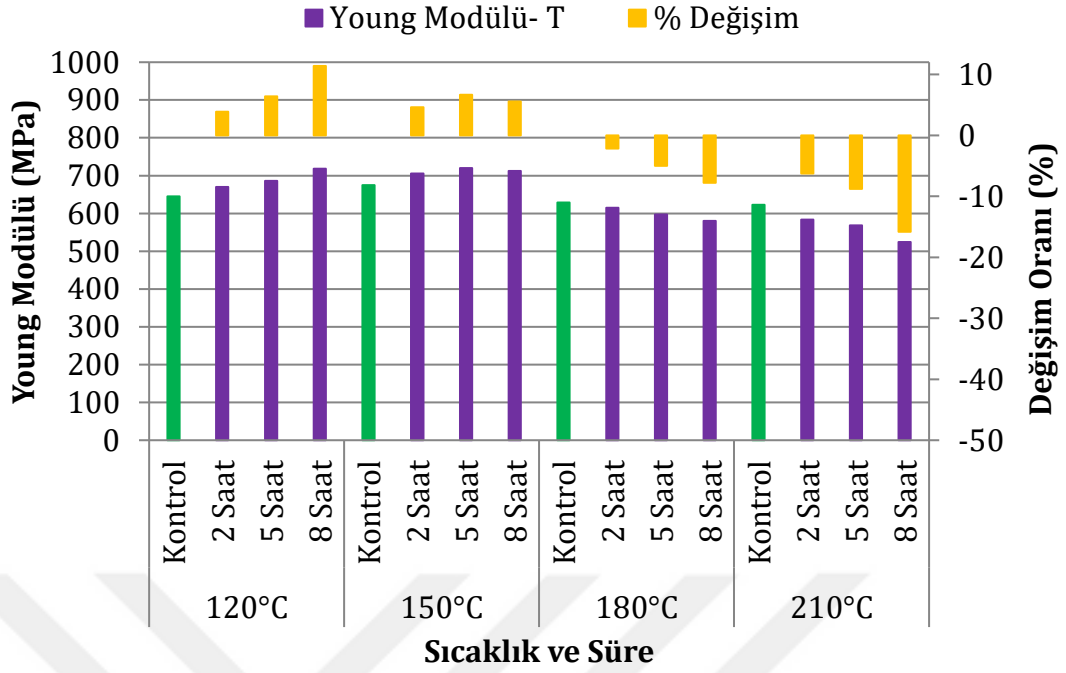
Çizelge 4.135. Kızılçam odununda sıcaklık ve sürenin radyal yöndeki Young modülü değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	12227.554	15	815.170	41.380	0.000
Intercept	11057.563	1	11057.563	561.303	0.000
Sıcaklık	3347.640	3	1115.880	56.644	0.000
Süre	6754.495	3	2251.498	114.290	0.000
Sıcaklık* Süre	2167.920	9	240.880	12.228	0.000
Hata	6540.333	332	19.700		
Toplam	29511.706	348			
Düzeltilmiş Toplam	18767.888	347			
R²	0.652				

Çizelge 4.136. Kızılçam odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin radyal yöndeki Young modülü Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar			Süre (saat)	Gruplar			
	1	2	3		1	2	3	4
210	-10.6			8	-12.3			
180		-5.7		5		-6.0		
150			-3.1	2			-3.8	
120			-3.0	0				0.0
Sig.	1.00	1.00	0.87	Sig.	1.00	1.00	1.00	1.00

Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre teğet yöndeki Young modülü değerlerindeki değişimi Şekil 4.40'da gösterilmiştir.



Şekil 4.40. Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre teğet yöndeki Young modülü değerlerindeki değişimi

Kızılçam odunu teğet yöndeki basma testi örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı (% ω), denemelerden elde edilen teğet yöndeki Young modülü (E_T) değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve kontrol gruplarına göre yüzde değişim miktarı Çizelge 4.137' de gösterilmiştir. 120°C grubunda en yüksek Young modülü (E_T) 8 saat işlem süresinde (718 MPa) bulunurken, en düşük Young modülü kontrol örneklerinde (645 MPa) elde edilmiştir. 150 °C grubunda en yüksek Young modülü (E_R) 5 saat işlem süresinde (719 MPa), en düşük kontrol grubunda (674 MPa), 180 °C grubunda en yüksek Young modülü (E_T) kontrol grubunda (628 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (580 MPa), 210 °C grubunda en yüksek Young modülü (E_T) kontrol grubunda (622 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (524 MPa) elde edilmiştir. 120°C, 150°C sıcaklık uygulamasında basma örneklerinde işlem süresi artarken Young modülü (E_T) değerlerinde sırasıyla %11.51, %6.67 artış görülmüştür. 180°C ve 210°C sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerde uygulama süresinin artmasıyla Young modülü (E_T) değerlerinde sırasıyla %7.76, %15.81 oranında azalma görülmüştür. Genel olarak 180°C' ye kadar teğet yöndeki Young modülü

değerlerinde bir miktar artış görülürken, 180°C ve 210°C sıcaklıkta uygulama süresinin artmasıyla Young modülü (E_T) azalmıştır. Teğet yöndeki Young modülü değerlerinin varyasyon katsayıları %7.00 ile %12.54 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.137. Kızılçam odununun teğet yöndeki Young modülü değerlerine ilişkin bulgular

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	N [-]	d_{12} (gr/cm ³)	ω (%)	\bar{x} [MPa]	V[%]	% Değişim
120	0	21	0.52	12.06	645.06	8.31	0.00
	2	21	0.51	11.48	670.01	8.06	3.87
	5	21	0.51	11.35	686.35	11.90	6.40
	8	21	0.50	10.34	718.67	9.36	11.41
150	0	21	0.50	12.03	674.79	8.62	0.00
	2	21	0.49	10.58	705.87	9.23	4.61
	5	21	0.48	9.55	719.80	7.00	6.67
	8	21	0.48	9.12	712.19	9.73	5.54
180	0	22	0.49	12.06	628.82	9.45	0.00
	2	21	0.48	7.49	615.31	11.61	-2.15
	5	21	0.48	7.43	597.37	12.54	-5.00
	8	21	0.47	7.29	580.05	9.24	-7.76
210	0	22	0.49	12.04	622.80	9.78	0.00
	2	21	0.45	5.98	584.00	9.52	-6.23
	5	21	0.44	5.27	568.29	11.17	-8.75
	8	21	0.43	5.03	524.34	9.62	-15.81

V(%):Varyasyon katsayısı, ω (%):Rutubet seviyesi, N:Örnek sayısı, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

Kızılçam odununda teğet yöndeki Young modülü istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve sürenin Young modülüne (E_T) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklık ve sürenin teğet yöndeki Young modülüne etkisinin varyans analizi Çizelge 4.138' de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre Young modülü (E_T) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir (≤ 0.05). Young modülü (E_T) ile sıcaklık ve süre arasında ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.472$).

DUNCAN testi sonuçlarına göre Young modülü (E_T) değerleri sıcaklığa göre üç, uygulama süresine göre iki farklı grupta toplanmıştır (Çizelge 4.140).

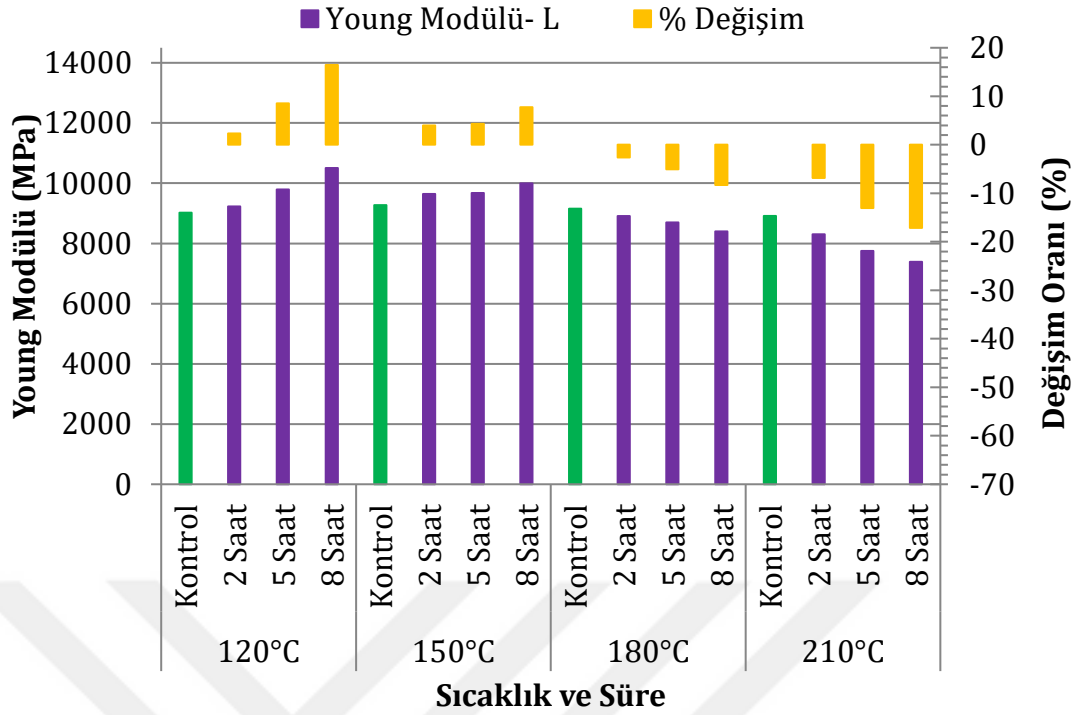
Çizelge 4.138. Kızılçam odununda sıcaklık ve sürenin teğet yöndeki Young modülü değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	7692.377	15	512.825	19.152	.000
Intercept	418.087	1	418.087	15.614	.000
Sıcaklık	4920.975	3	1640.325	61.260	.000
Süre	425.661	3	141.887	5.299	.001
Sıcaklık* Süre	2194.813	9	243.868	9.108	.000
Hata	8621.988	322	26.776		
Toplam	16924.552	338			
Düzeltilmiş Toplam	16314.365	337			
R²	0.472				

Çizelge 4.139. Kızılçam odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin teğet yöndeki Young modülü Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar			Süre (saat)	Gruplar	
	1	2	3		1	2
210	-6.43			8	-2.25	
180		-3.56		5	-2.62	
150			1.73	2		-0.28
120			3.26	0		0.00
Sig.	1.00	1.00	0.05	Sig.	0.64	0.72

Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre lif yönündeki Young modülü değerlerindeki değişimi Şekil 4.41'de gösterilmiştir.



Şekil 4.41. Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre lif yönündeki Young modülü değerlerindeki değişimi

Meşe odunu liflere paralel yönde basma testi örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı (% ω), denemelerden elde edilen liflere paralel yönde Young modülü (E_L) değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve kontrol gruplarına göre yüzde değişim miktarı Çizelge 4.140' da gösterilmiştir. 120°C grubunda en yüksek Young modülü 8 saat işlem süresinde (10504 MPa) bulunurken, en düşük basma direnci kontrol örneklerinde (9021 MPa) elde edilmiştir. 150°C grubunda en yüksek Young modülü 8 saat işlem süresinde (9990 MPa), en düşük kontrol grubunda (9272 MPa), 180 °C grubunda en yüksek Young modülü (E_L) kontrol grubunda (9154 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (8395 MPa), 210 °C grubunda en yüksek basma direnci (E_L) kontrol grubunda (8913 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (7385 MPa) elde edilmiştir. 120°C, 150°C sıcaklık uygulamasında basma örneklerinde işlem süresi artarken Young modülü (E_L) değerlerinde sırasıyla %16.44, %7.74 artış görülmüştür. 180°C ve 210°C sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerde uygulama süresinin artmasıyla Young modülü (E_L) değerlerinde sırasıyla %8.29, %17.14 oranında azalma görülmüştür. Genel olarak 180°C' ye kadar lif yönündeki Young modülü

değerlerinde bir miktar artış görülürken, 180°C ve 210°C' sıcaklıkta uygulama süresinin artmasıyla Young modülü (E_L) azalmıştır. Lif yönündeki Young modülü değerlerinin varyasyon katsayıları %8.82 ile %13.61 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.140. Meşe odununun lif yönündeki Young modülü değerlerine ilişkin bulgular

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	N [-]	d_{12} (gr/cm ³)	ω (%)	\bar{x} [MPa]	V[%]	% Değişim
120	0	24	0.66	12.12	9021.27	9.65	0.00
	2	24	0.66	11.86	9231.18	12.72	2.33
	5	24	0.65	11.05	9789.56	12.80	8.52
	8	24	0.65	10.20	10504.76	8.13	16.44
150	0	24	0.67	12.22	9272.52	9.27	0.00
	2	24	0.66	10.55	9642.90	12.43	3.99
	5	24	0.65	10.03	9674.37	11.77	4.33
	8	24	0.65	9.51	9990.10	10.10	7.74
180	0	25	0.67	11.42	9154.08	13.16	0.00
	2	25	0.66	7.32	8914.76	10.03	-2.61
	5	25	0.66	6.44	8693.91	13.61	-5.03
	8	24	0.65	6.01	8395.03	11.90	-8.29
210	0	24	0.66	11.89	8913.08	8.82	0.00
	2	24	0.65	6.99	8301.47	12.36	-6.86
	5	24	0.63	5.56	7748.27	10.52	-13.07
	8	24	0.62	4.55	7385.51	10.13	-17.14

V(%):Varyasyon katsayısı, ω (%):Rutubet seviyesi, N:Örnek sayısı, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

Meşe odununda lif yönündeki Young modülü istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve sürenin Young modülüne (E_L) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklık ve sürenin lif yönündeki Young modülüne etkisinin varyans analizi Çizelge 4.141'de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre Young modülü (E_L) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir(≤ 0.05). Young modülü (E_L) ile sıcaklık ve süre arasında ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.570$).

DUNCAN testi sonuçlarına göre Young modülü (E_L) değerleri sıcaklığa göre üç, uygulama süresine göre iki farklı grupta toplanmıştır (Çizelge 4.142).

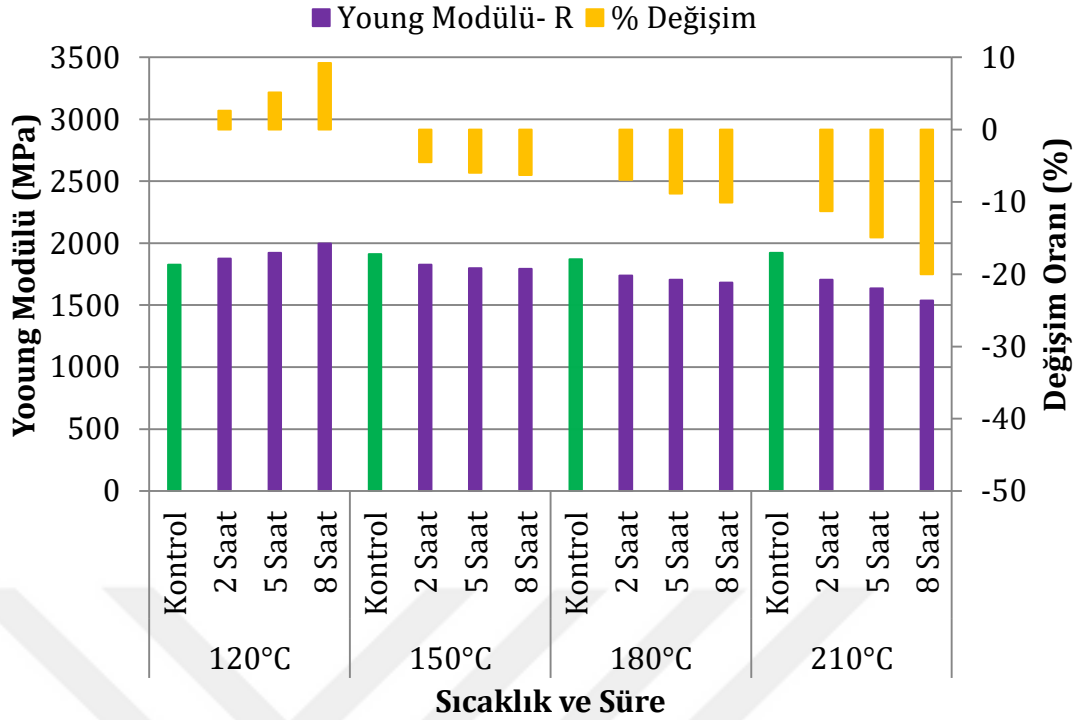
Çizelge 4.141. Meşe odununda sıcaklık ve sürenin lif yönündeki Young modülü değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	29737.220	15	1982.481	32.830	.000
Intercept	4399.108	1	4399.108	72.851	.000
Sıcaklık	17196.804	3	5732.268	94.928	.000
Süre	1542.026	3	514.009	8.512	.000
Sıcaklık* Süre	11092.288	9	1232.476	20.410	.000
Hata	22402.985	371	60.385		
Toplam	57154.271	387			
Düzeltilmiş Toplam	52140.205	386			
R²	0.570				

Çizelge 4.142. Meşe odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin lif yönündeki Young modülü Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar			Süre (saat)	Gruplar	
	1	2	3		1	2
210	-6.84			8		4.37
180		2.43		5		5.94
150			8.91	2		4.49
120			10.01	0	0.00	
Sig.	1.00	1.00	0.32	Sig.	1.00	0.018

Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre radyal yöndeki Young modülü değerlerindeki değişimi Şekil 4.42'de gösterilmiştir.



Şekil 4.42. Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre radyal yöndeki Young modülü değerlerindeki değişimi

Meşe odunu radyal yöndeki basma testi örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı (% ω), denemelerden elde edilen radyal yöndeki Young modülü (E_R) değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve kontrol gruplarına göre yüzde değişim miktarı Çizelge 4.143'de gösterilmiştir. 120°C grubunda en yüksek Young modülü (E_R) 8 saat işlem süresinde (1995 MPa) bulunurken, en düşük Young modülü kontrol örneklerinde (1827 MPa) elde edilmiştir. 150 °C grubunda en yüksek Young modülü (E_R) kontrol grubunda (1912 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (1792 MPa), 180 °C grubunda en yüksek Young modülü (E_L) kontrol grubunda (1870 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (1681 MPa), 210 °C grubunda en yüksek Young modülü (E_R) kontrol grubunda (1922 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (1538 MPa) elde edilmiştir. 120°C sıcaklık uygulamasında basma örneklerinde işlem süresi artarken Young modülü (E_R) değerlerinde %9.22 artış görülmüştür. 150°C, 180°C ve 210°C sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerde uygulama süresinin artmasıyla Young modülü (E_R) değerlerinde sırasıyla %6.28, %10.10, %20.01 oranında azalma görülmüştür. Genel olarak 180°C ve üzerindeki sıcaklıkta uygulama süresinin

artmasıyla Young modülü (E_R) azalmıştır. Radyal yöndeki Young modülü değerlerinin varyasyon katsayıları %4.84 ile %12.18 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.143. Meşe odununun radyal yöndeki Young modülü değerlerine ilişkin bulgular

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	N [-]	d_{12} (gr/cm ³)	ω (%)	\bar{x} [MPa]	V[%]	% Değişim
120	0	17	0.67	12.19	1827.24	6.91	0
	2	17	0.67	11.80	1874.87	6.20	2.60
	5	17	0.67	11.65	1921.06	8.64	5.13
	8	17	0.66	10.37	1995.86	4.84	9.22
150	0	17	0.67	12.35	1912.87	9.89	0
	2	17	0.66	10.55	1826.35	12.08	-4.52
	5	17	0.66	9.17	1798.44	7.85	-5.98
	8	17	0.65	8.90	1792.70	9.13	-6.28
180	0	17	0.67	11.83	1870.25	12.18	0
	2	17	0.66	7.21	1740.08	12.01	-6.95
	5	17	0.65	6.79	1704.59	11.68	-8.85
	8	16	0.65	6.18	1681.17	13.08	-10.10
210	0	17	0.66	12.24	1922.93	9.28	0
	2	17	0.64	6.21	1705.46	10.67	-11.30
	5	17	0.63	5.17	1635.97	10.16	-14.92
	8	17	0.61	4.86	1538.01	8.88	-20.01

V(%):Varyasyon katsayısı, ω (%):Rutubet seviyesi, N:Örnek sayısı, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

Meşe odununda radyal yöndeki Young modülü istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve sürenin Young modülüne (E_R) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklık ve sürenin radyal yöndeki Young modülüne etkisinin varyans analizi Çizelge 4.144'de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre Young modülü (E_R) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir (≤ 0.05). Young modülü (E_R) ile sıcaklık ve süre arasında ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.472$).

DUNCAN testi sonuçlarına göre Young modülü (E_R) değerleri sıcaklığa göre üç, uygulama süresine göre iki farklı grupta toplanmıştır (Çizelge 4.145).

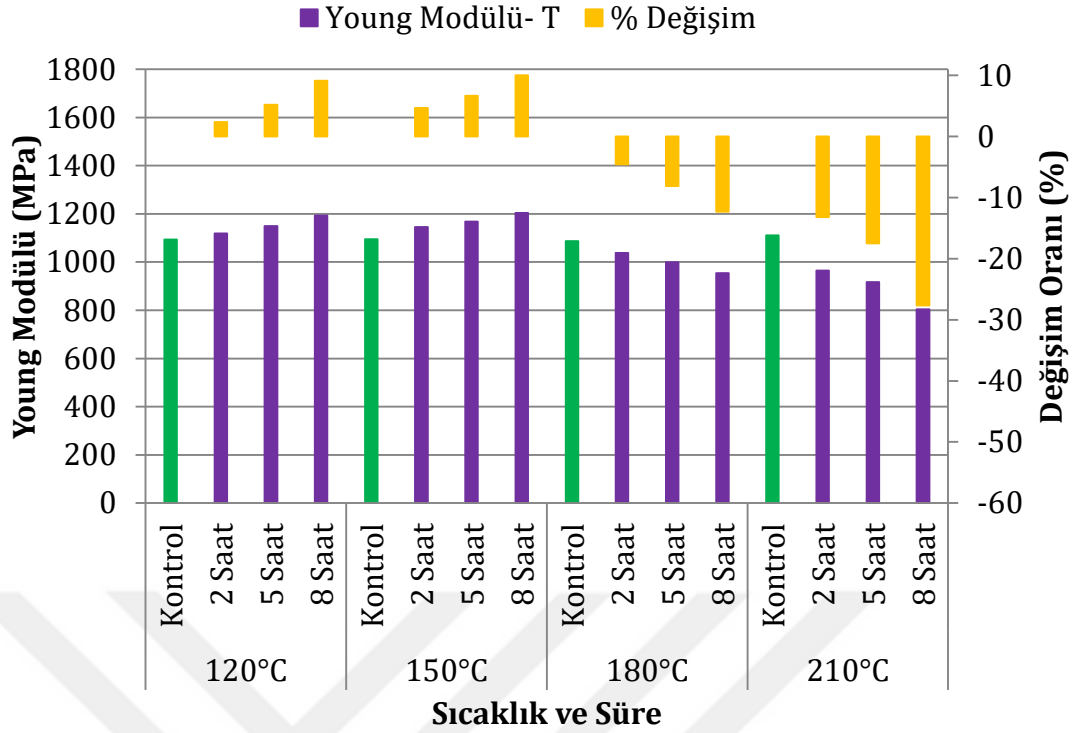
Çizelge 4.144. Meşe odununda sıcaklık ve sürenin radyal yöndeki Young modülü değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	14887.654	15	992.510	15.214	.000
Intercept	5455.907	1	5455.907	83.633	.000
Sıcaklık	8892.684	3	2964.228	45.439	.000
Süre	1969.074	3	656.358	10.061	.000
Sıcaklık* Süre	4069.440	9	452.160	6.931	.000
Hata	16635.157	255	65.236		
Toplam	37104.938	271			
Düzeltilmiş Toplam	31522.811	270			
R²	0.472				

Çizelge 4.145. Meşe odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin radyal yöndeki Young modülü Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar			Süre (saat)	Gruplar	
	1	2	3		1	2
210	-11.09			8	-7.19	
180		-6.51		5	-6.45	
150		-4.07		2	-4.81	
120			4.19	0		0.00
Sig.	1.00	0.08	1.00	Sig.	0.10	1.00

Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre teğet yöndeki Young modülü değerlerindeki değişimi Şekil 4.43'de gösterilmiştir.



Şekil 4.43. Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre teğet yöndeki Young modülü değerlerindeki değişimi

Meşe odunu teğet yöndeki basma testi örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı (% ω), denemelerden elde edilen teğet yöndeki Young modülü (E_T) değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve kontrol gruplarına göre yüzde değişim miktarı Çizelge 4.146'da gösterilmiştir. 120°C grubunda en yüksek Young modülü (E_T) 8 saat işlem süresinde (1193 MPa) bulunurken, en düşük Young modülü kontrol örneklerinde (1093 MPa) elde edilmiştir. 150 °C grubunda en yüksek Young modülü (E_T) 8 saat işlem süresinde (1204 MPa), en düşük kontrol grubunda (1094 MPa), 180 °C grubunda en yüksek Young modülü (E_T) kontrol grubunda (1087 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (953 MPa), 210 °C grubunda en yüksek Young modülü (E_T) kontrol grubunda (1110 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (803 MPa) elde edilmiştir. 120°C, 150°C sıcaklık uygulamasında basma örneklerinde işlem süresi artarken Young modülü (E_T) değerlerinde sırasıyla %9.11, %10.00 artış görülmüştür. 180°C ve 210°C sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerde uygulama süresinin artmasıyla Young modülü (E_T) değerlerinde sırasıyla %12.28, %27.67 oranında azalma görülmüştür. Genel olarak 180°C'ye kadar teğet yöndeki Young modülü

değerlerinde bir miktar artış görülürken, 180°C ve 210°C' sıcaklıkta uygulama süresinin artmasıyla Young modülü (E_T) azalmıştır. Teğet yöndeki Young modülü değerlerinin varyasyon katsayıları %7.15 ile %12.04 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.146. Meşe odununun teğet yöndeki Young modülü değerlerine ilişkin bulgular

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	N [-]	d_{12} (gr/cm ³)	ω (%)	\bar{x} [MPa]	V[%]	% Değişim
120	0	17	0.65	11.72	1093.34	9.64	0
	2	17	0.65	11.66	1119.21	10.13	2.36
	5	17	0.64	10.67	1149.85	7.15	5.16
	8	17	0.64	10.54	1193.01	8.03	9.11
150	0	17	0.66	12.50	1094.65	9.87	0
	2	17	0.66	10.41	1145.61	9.28	4.65
	5	17	0.65	10.14	1167.33	9.53	6.63
	8	17	0.65	9.59	1204.10	9.72	10.00
180	0	17	0.66	12.24	1087.37	8.43	0
	2	17	0.65	7.21	1037.60	10.06	-4.57
	5	17	0.64	6.67	999.11	11.94	-8.11
	8	16	0.63	6.14	953.75	10.68	-12.28
210	0	16	0.66	12.14	1110.89	9.64	0
	2	16	0.64	5.97	964.00	11.55	-13.22
	5	16	0.63	4.62	916.62	8.46	-17.48
	8	16	0.61	4.32	803.42	12.04	-27.67

V(%):Varyasyon katsayısı, ω (%):Rutubet seviyesi, N:Örnek sayısı, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

Meşe odununda teğet yöndeki Young modülü istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve sürenin Young modülüne (E_T) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklık ve sürenin teğet yöndeki Young modülüne etkisinin varyans analizi Çizelge 4.147' de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre Young modülü (E_T) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir (≤ 0.05). Young modülü (E_T) ile sıcaklık ve süre arasında ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.601$).

DUNCAN testi sonuçlarına göre Young modülü (E_T) değerleri sıcaklığa göre üç, uygulama süresine göre iki farklı grupta toplanmıştır (Çizelge 4.148).

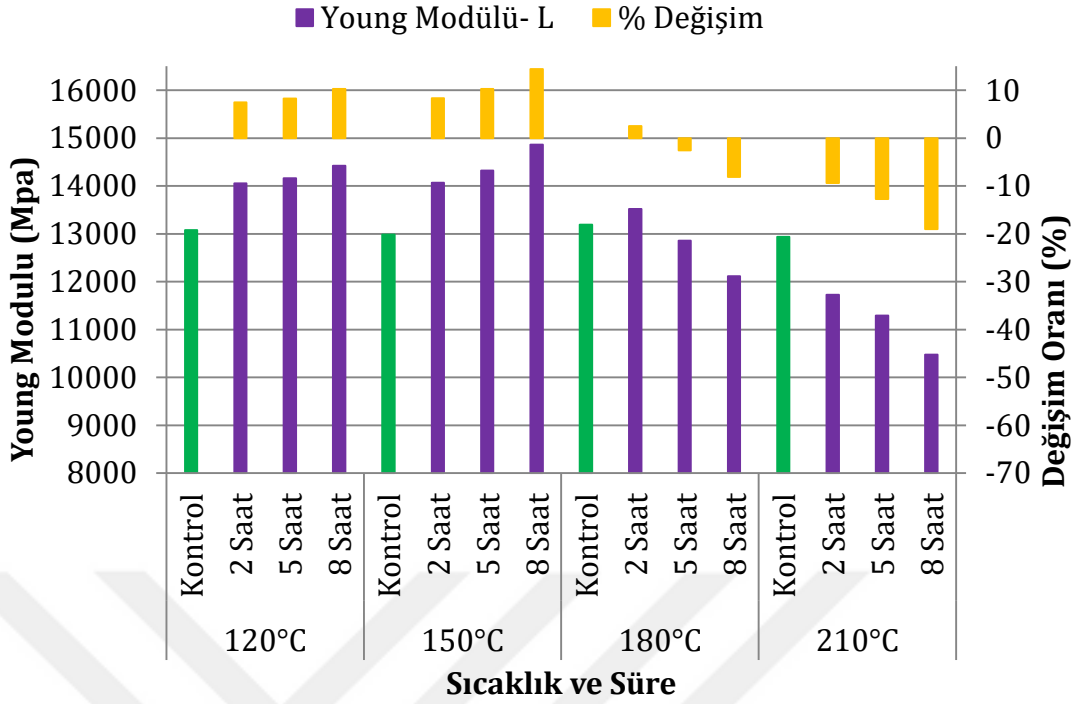
Çizelge 4.147. Meşe odununda sıcaklık ve sürenin teğet yöndeki Young modülü değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	27074.780a	15	1804.985	25.155	.000
Intercept	2148.047	1	2148.047	29.936	.000
Sıcaklık	17679.916	3	5893.305	82.131	.000
Süre	942.417	3	314.139	4.378	.005
Sıcaklık* Süre	8658.370	9	962.041	13.407	.000
Hata	18010.544	251	71.755		
Toplam	47122.779	267			
Düzeltilmiş Toplam	45085.324	266			
R²	0.601				

Çizelge 4.148. Meşe odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin teğet yöndeki Young modülü Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar			Süre (saat)	Gruplar	
	1	2	3		1	2
210	-14.40			8	-4.55	
180		-6.15		5	-3.57	
150			4.22	2	-2.91	
120			5.42	0		.000
Sig.	1.00	1.00	0.41	Sig.	0.29	1.00

Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre lif yönündeki Young modülü değerlerindeki değişimi Şekil 4.44'de gösterilmiştir.



Şekil 4.44. Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre lif yönündeki Young modülü değerlerindeki değişimi

Kayın odunu liflere paralel yönde basma testi örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı (% ω), denemelerden elde edilen liflere paralel yönde Young modülü (E_L) değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve kontrol gruplarına göre yüzde değişim miktarı Çizelge 4.149' da gösterilmiştir. 120°C grubunda en yüksek Young modülü 8 saat işlem süresinde (14420 MPa) bulunurken, en düşük basma direnci kontrol örneklerinde (13077 MPa) elde edilmiştir. 150 °C grubunda en yüksek Young modülü 8 saat işlem süresinde (14861 MPa), en düşük kontrol grubunda (12986 MPa), 180 °C grubunda en yüksek Young modülü (E_L) kontrol grubunda (13189 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (12117 MPa), 210 °C grubunda en yüksek basma direnci (E_L) kontrol grubunda (12938 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (10475 MPa) elde edilmiştir. 120°C, 150°C sıcaklık uygulamasında basma örneklerinde işlem süresi artarken Young modülü (E_L) değerlerinde sırasıyla %10.27, %14.44, artış görülmüştür. 180°C ve 210°C sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerde uygulama süresinin artmasıyla Young modülü (E_L) değerlerinde sırasıyla %8.13, %19.04 oranında azalma görülmüştür. Genel olarak 180°C' ye kadar lif yönündeki Young modülü

değerlerinde bir miktar artış görülürken, 180°C ve 210°C' sıcaklıkta uygulama süresinin artmasıyla Young modülü (E_L) azalmıştır. Lif yönündeki Young modülü değerlerinin varyasyon katsayıları %7.42 ile %13.14 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.149. Kayın odununun lif yönündeki Young modülü değerlerine ilişkin bulgular

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	N [-]	d_{12} (gr/cm ³)	ω (%)	\bar{x} [MPa]	V[%]	% Değişim
120	0	27	0.70	12.23	13077.09	9.70	0.00
	2	27	0.69	11.43	14057.20	13.14	7.49
	5	27	0.69	11.03	14160.24	8.84	8.28
	8	27	0.69	10.49	14420.05	8.41	10.27
150	0	27	0.70	12.45	12986.38	9.77	0.00
	2	27	0.69	10.96	14068.45	7.47	8.33
	5	27	0.69	10.11	14318.45	8.17	10.26
	8	27	0.68	9.97	14861.44	8.37	14.44
180	0	27	0.70	11.90	13189.09	9.53	0.00
	2	26	0.69	6.58	13113.22	7.58	-0.58
	5	26	0.68	6.28	12854.52	8.57	-2.54
	8	26	0.68	5.97	12117.26	10.90	-8.13
210	0	27	0.70	11.97	12938.02	9.38	0.00
	2	27	0.68	6.26	11724.35	7.42	-9.38
	5	27	0.68	4.64	11291.89	7.96	-12.72
	8	27	0.57	4.23	10475.21	9.63	-19.04

V(%):Varyasyon katsayısı, ω (%):Rutubet seviyesi, N:Örnek sayısı, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

Kayın odununda lif yönündeki Young modülü istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve sürenin Young modülüne (E_L) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklık ve sürenin lif yönündeki Young modülüne etkisinin varyans analizi Çizelge 4.150' de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre Young modülü (E_L) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir(≤ 0.05). Young modülü (E_L) ile sıcaklık ve süre arasında ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.545$).

DUNCAN testi sonuçlarına göre Young modülü (E_L) değerleri sıcaklığa göre üç, uygulama süresine göre iki farklı grupta toplanmıştır (Çizelge 4.151).

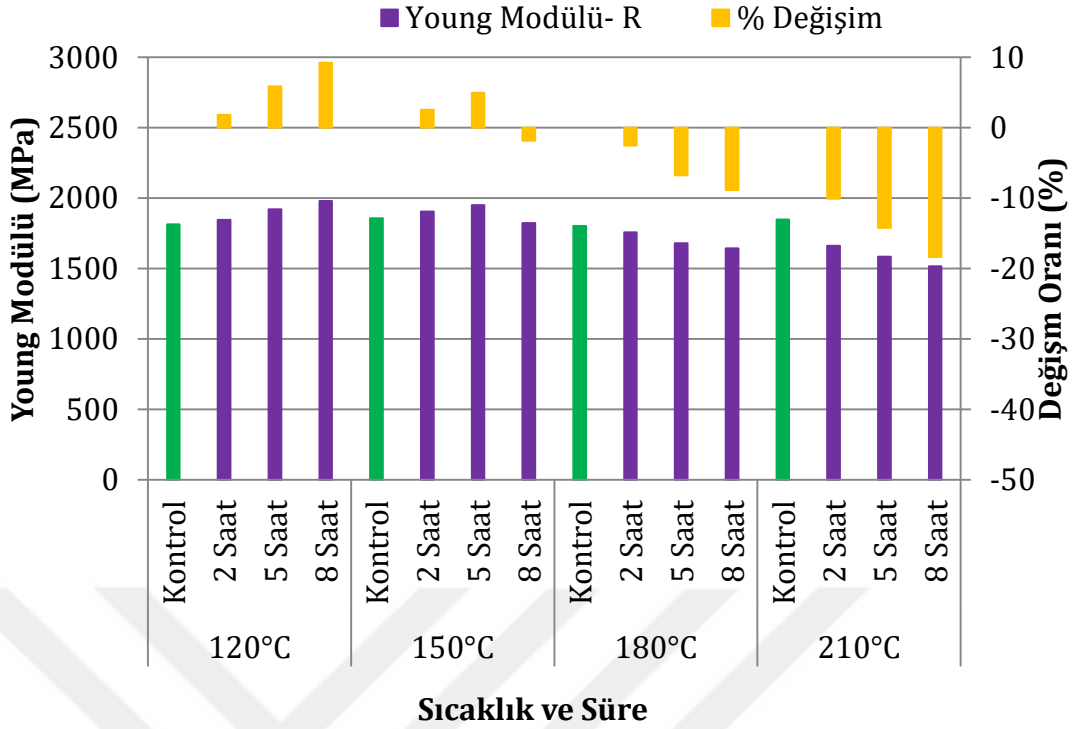
Çizelge 4.150. Kayın odununda sıcaklık ve sürenin lif yönündeki Young modülü değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	31379.361	15	2091.957	32.961	.000
Intercept	148.290	1	148.290	2.336	.127
Sıcaklık	21990.524	3	7330.175	115.494	.000
Süre	490.114	3	163.371	2.574	.054
Sıcaklık* Süre	10752.896	9	1194.766	18.825	.000
Hata	26212.360	413	63.468		
Toplam	57809.342	429			
Düzeltilmiş Toplam	57591.721	428			
R²	0.545				

Çizelge 4.151. Kayın odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin lif yönündeki Young modülü Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar			Süre (saat)	Gruplar	
	1	2	3		1	2
210	-9.51			8	-0.76	
180		-1.93		5		0.97
150			6.47	2		2.59
120			7.97	0	0.00	
Sig.	1.00	1.00	0.17	Sig.	0.13	0.13

Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre radyal yöndeki Young modülü değerlerindeki değişimi Şekil 4.45'de gösterilmiştir.



Şekil 4.45. Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre radyal yöndeki Young modülü değerlerindeki değişimi

Kayın odunu radyal yöndeki basma testi örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı ($\% \omega$), denemelerden elde edilen radyal yöndeki Young modülü (E_R) değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve kontrol gruplarına göre yüzde değişim miktarı Çizelge 4.152' de gösterilmiştir. 120°C grubunda en yüksek Young modülü (E_R) 8 saat işlem süresinde (1980 MPa) bulunurken, en düşük basma direnci kontrol örneklerinde (1812 MPa) elde edilmiştir. 150 °C grubunda en yüksek Young modülü (E_R) 5 saat işlem süresinde (1950 MPa), en düşük kontrol grubunda (1823 MPa), 180 °C grubunda en yüksek Young modülü (E_L) kontrol grubunda (1802 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (1643 MPa), 210 °C grubunda en yüksek Young modülü (E_R) kontrol grubunda (1846 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (1516 MPa) elde edilmiştir. 120°C, 150°C sıcaklık uygulamasında basma örneklerinde işlem süresi artarken Young modülü (E_R) değerlerinde sırasıyla %9.25, %4.97, artış görülmüştür. 180°C ve 210°C sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerde uygulama süresinin artmasıyla Young modülü (E_R) değerlerinde sırasıyla %8.86, %18.35 oranında azalma görülmüştür. Genel olarak 180°C' ye kadar radyal yöndeki Young modülü

değerlerinde bir miktar artış görülürken, 180°C ve 210°C' sıcaklıkta uygulama süresinin artmasıyla Young modülü (E_R) azalmıştır. Radyal yöndeki Young modülü değerlerinin varyasyon katsayıları %7.76 ile %13.18 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.152. Kayın odununun radyal yöndeki Young modülü değerlerine ilişkin bulgular

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	N [-]	d_{12} (gr/cm ³)	ω (%)	\bar{x} [MPa]	V[%]	% Değişim
120	0	21	0.70	12.28	1812.99	8.84	0.00
	2	21	0.69	11.82	1846.60	8.36	1.85
	5	21	0.69	11.45	1920.01	10.65	5.90
	8	21	0.69	10.99	1980.64	7.76	9.25
150	0	21	0.69	12.24	1858.12	8.43	0.00
	2	21	0.68	10.93	1905.35	6.92	2.54
	5	21	0.68	9.87	1950.55	8.76	4.97
	8	21	0.67	9.64	1823.58	9.62	-1.86
180	0	22	0.69	12.41	1802.74	7.94	0.00
	2	21	0.68	6.58	1757.18	8.16	-2.53
	5	21	0.67	6.15	1680.54	9.91	-6.78
	8	21	0.67	5.91	1643.08	11.64	-8.86
210	0	21	0.70	11.94	1846.99	8.40	0.00
	2	21	0.68	5.30	1660.56	9.36	-10.09
	5	21	0.67	4.34	1584.47	9.02	-14.21
	8	21	0.65	4.15	1516.04	13.18	-18.35

V(%):Varyasyon katsayısı, ω (%):Rutubet seviyesi, N:Örnek sayısı, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

Kayın odununda radyal yöndeki Young modülü istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve sürenin Young modülüne (E_R) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklık ve sürenin radyal yöndeki Young modülüne etkisinin varyans analizi Çizelge 4.153'de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre Young modülü (E_R) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir (≤ 0.05). Young modülü (E_R) ile sıcaklık ve süre arasında ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.472$).

DUNCAN testi sonuçlarına göre Young modülü (E_R) değerleri sıcaklığa göre dört, uygulama süresine göre üç farklı grupta toplanmıştır (Çizelge 4.154).

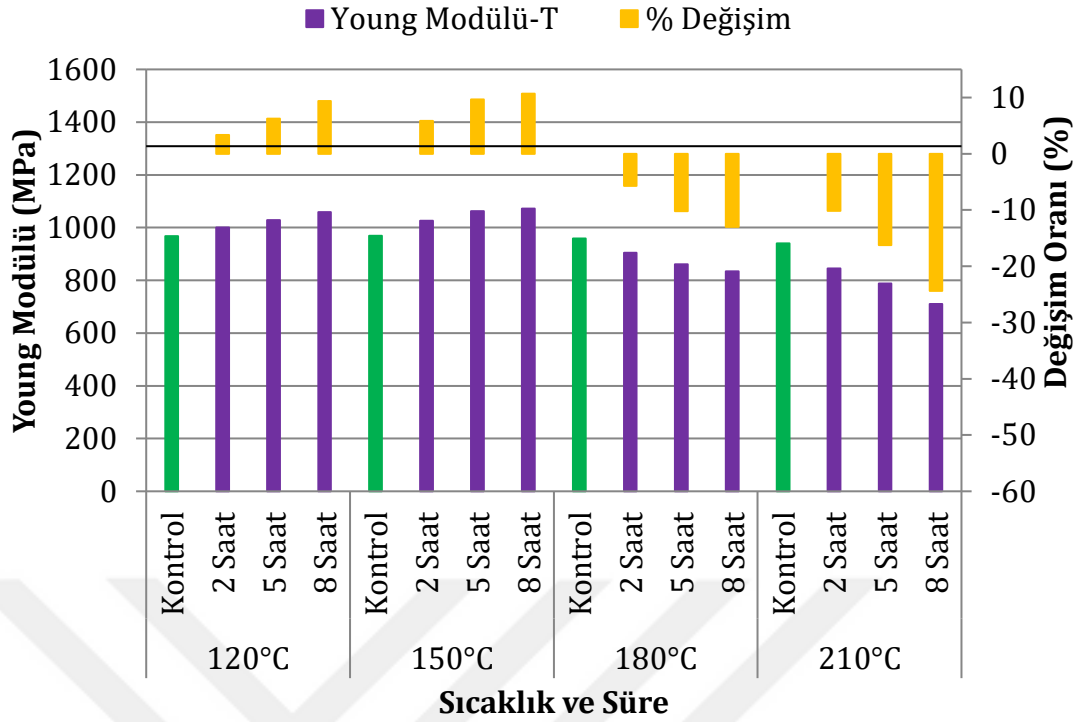
Çizelge 4.153. Kayın odununda sıcaklık ve sürenin radyal yöndeki Young modülü değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	18551.332	15	1236.755	19.123	.000
Intercept	1829.160	1	1829.160	28.283	.000
Sıcaklık	11442.863	3	3814.288	58.978	.000
Süre	1069.107	3	356.369	5.510	.001
Sıcaklık* Süre	5692.262	9	632.474	9.780	.000
Hata	20760.086	321	64.673		
Toplam	42429.000	337			
Düzeltilmiş Toplam	39311.418	336			
R²	0.472				

Çizelge 4.154. Kayın odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin radyal yöndeki Young modülü Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar				Süre (saat)	Gruplar		
	1	2	3	4		1	2	3
210	-10.36				8	-6.50		
180		-4.29			5		-3.26	
150			1.34		2		-2.61	
120				4.30	0			0.00
Sig.	1.00	1.00	1.00	1.00	Sig.	1.00	0.60	1.00

Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre teğet yöndeki Young modülü değerlerindeki değişimi Şekil 4.46'da gösterilmiştir.



Şekil 4.46. Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre teğet yöndeki Young modülü değerlerindeki değişimi

Kayın odunu teğet yöndeki basma testi örneklerinin yoğunluk, rutubet miktarı ($\% \omega$), denemelerden elde edilen teğet yöndeki Young modülü (E_T) değerlerinin ortalama, varyasyon katsayısı (%) ve kontrol gruplarına göre yüzde değişim miktarı Çizelge 4.155' de gösterilmiştir. 120°C grubunda en yüksek Young modülü (E_T) 8 saat işlem süresinde (1058 MPa) bulunurken, en düşük Young modülü kontrol örneklerinde (967 MPa) elde edilmiştir. 150 °C grubunda en yüksek Young modülü (E_T) 8 saat işlem süresinde (1072 MPa), en düşük kontrol grubunda (968 MPa), 180 °C grubunda en yüksek Young modülü (E_T) kontrol grubunda (958 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (834 MPa), 210 °C grubunda en yüksek Young modülü (E_T) kontrol grubunda (940 MPa), en düşük 8 saat işlem süresinde (710 MPa) elde edilmiştir. 120°C, 150°C sıcaklık uygulamasında basma örneklerinde işlem süresi artarken Young modülü (E_T) değerlerinde sırasıyla %9.38, %10.68 artış görülmüştür. 180°C ve 210°C sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerde uygulama süresinin artmasıyla Young modülü (E_T) değerlerinde sırasıyla %13.00, %24.40 oranında azalma görülmüştür. Genel olarak 180°C' ye kadar teğet yöndeki Young modülü

değerlerinde bir miktar artış görülürken, 180°C ve 210°C' sıcaklıkta uygulama süresinin artmasıyla Young modülü (E_T) azalmıştır. Teğet yöndeki Young modülü değerlerinin varyasyon katsayıları %8.54 ile %11.64 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.155. Kayın odununun teğet yöndeki Young modülü değerlerine ilişkin bulgular

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	N [-]	d_{12} (gr/cm ³)	ω (%)	\bar{x} [MPa]	V[%]	% Değişim
120	0	21	0.69	12.42	967.63	8.99	0.00
	2	21	0.69	11.97	1000.03	8.99	3.35
	5	21	0.68	11.81	1028.29	10.07	6.27
	8	21	0.68	10.81	1058.43	11.02	9.38
150	0	21	0.69	12.20	968.98	8.54	0.00
	2	21	0.68	11.69	1025.65	8.83	5.85
	5	21	0.68	10.45	1062.52	9.88	9.65
	8	21	0.67	10.08	1072.49	11.38	10.68
180	0	21	0.69	11.78	958.73	9.64	0.00
	2	21	0.68	6.82	903.99	9.63	-5.71
	5	21	0.67	6.49	860.78	11.64	-10.22
	8	20	0.67	6.40	834.09	9.56	-13.00
210	0	20	0.68	11.94	940.17	9.70	0.00
	2	20	0.66	5.34	845.07	10.32	-10.11
	5	20	0.65	5.30	787.56	9.91	-16.23
	8	20	0.64	4.95	710.81	9.64	-24.40

V(%):Varyasyon katsayısı, ω (%):Rutubet seviyesi, N:Örnek sayısı, \bar{x} :Ortalama, d:Yoğunluk

Kayın odununda teğet yöndeki Young modülü istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve sürenin Young modülüne (E_T) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklık ve sürenin teğet yöndeki Young modülüne etkisinin varyans analizi Çizelge 4.156' da gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre Young modülü (E_T) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir (≤ 0.05). Young modülü (E_T) ile sıcaklık ve süre arasında ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.543$).

DUNCAN testi sonuçlarına göre Young modülü (E_T) değerleri sıcaklığa göre üç, uygulama süresine göre iki farklı grupta toplanmıştır (Çizelge 4.157).

Çizelge 4.156. Kayın odununda sıcaklık ve sürenin teğet yöndeki Young modülü değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P≤0.05
Model	30012.599a	15	2000.840	24.940	.000
Intercept	1507.742	1	1507.742	18.794	.000
Sıcaklık	19722.690	3	6574.230	81.947	.000
Süre	780.969	3	260.323	3.245	.022
Sıcaklık* Süre	9031.241	9	1003.471	12.508	.000
Hata	25271.069	315	80.226		
Toplam	56693.000	331			
Düzeltilmiş Toplam	55283.668	330			
R ²	0.543				

Çizelge 4.157. Kayın odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin teğet yöndeki Young modülü Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar			Süre (saat)	Gruplar	
	1	2	3		1	2
210	-12.36			8	-3.58	
180		-7.50		5	-2.48	-2.48
150			4.72	2	-2.00	-2.00
120			6.97	0		0.00
Sig.	1.00	1.00	0.11	Sig.	0.28	0.09

4.2.5. Poisson oranı

Poisson oranı değerleri basma testlerinden hesaplanmıştır. Yapılan testlerden altı farklı düzlemde poisson oranları hesaplanmıştır (ULR, ULT, URL, URT, UTR, UTL). Sıcaklığın (120°C, 150°C, 180°C, 210°C-Kontrol-2 saat-5 saat-8 saat) poisson oranı değerleri üzerinde etkisi istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Sedir odununun poisson oranı değerlerinin ortalama ve varyasyon katsayıları (%) Çizelge 4.158' de gösterilmiştir.

Sedir odunun LR düzleminde kontrol örneklerine poisson oranı değerleri; 120°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %8.39, %10.33, %13.05 oranında artış görülmüştür. 150°C sıcaklık grubunda 2 saat işlem süresinde %4.10 oranında artış görülürken, 5 ve 8 saat işlem süresinde sırasıyla %0.81,

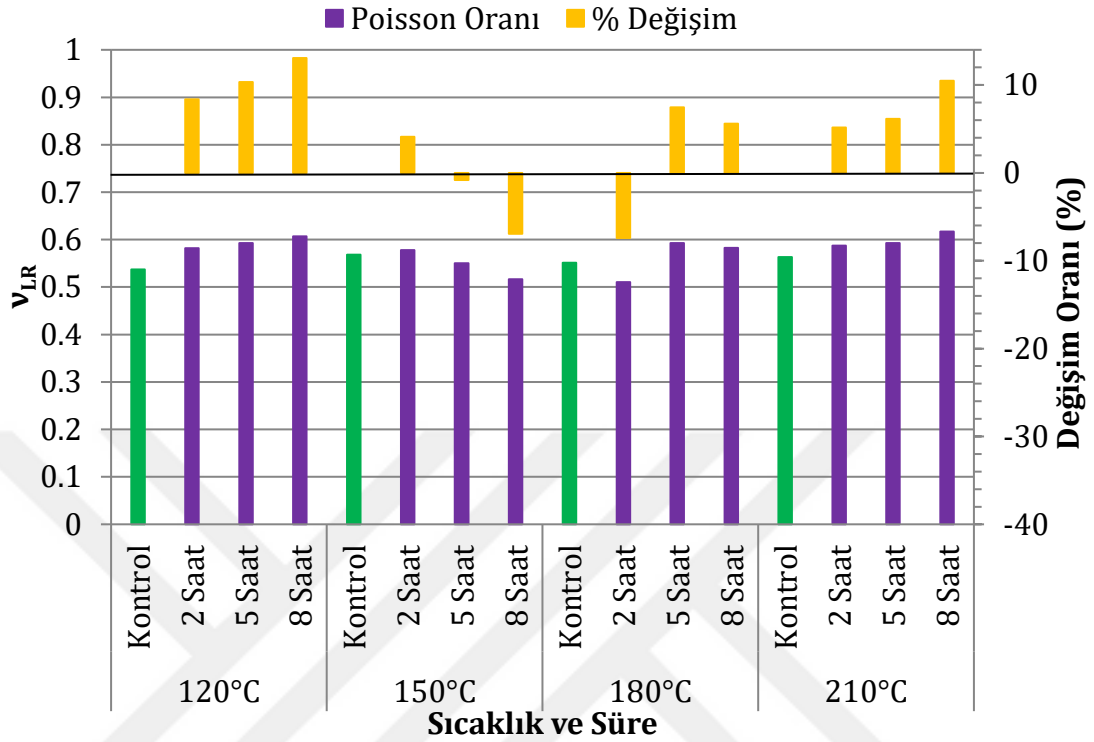
%6.92 oranında azalma görülmüştür. 180°C sıcaklık grubunda 2 saat işlem süresinde %7.41 oranında azalma görülürken, 5 ve 8 saat işlem süresinde sırasıyla %7.45, %5.58 oranında artmıştır. 210°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %5.17, %6.15, %10.46 oranında artış görülmüştür. LR düzlemindeki poisson oranı değerlerinin varyasyon katsayıları %12.10 ile %16.85 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.158. Sedir odununun poisson oranı değerlerine ilişkin bulgular

Sıc. (°C)	Süre (Sa)		U _{LR}	U _{LT}	U _{RL}	U _{RT}	U _{TL}	U _{TR}
120	0	\bar{x}	0.537	0.599	0.049	0.551	0.060	0.377
		V[%]	(14.0)	(10.2)	(15.2)	(11.0)	(13.5)	(15.9)
	2	\bar{x}	0.582	0.595	0.049	0.528	0.061	0.377
		V[%]	(15.7)	(12.9)	(11.9)	(13.3)	(16.3)	(11.1)
	5	\bar{x}	0.592	0.587	0.056	0.538	0.060	0.368
		V[%]	(10.01)	(12.31)	(13.70)	(12.85)	(13.96)	(16.99)
	8	\bar{x}	0.607	0.586	0.052	0.525	0.062	0.399
		V[%]	(13.99)	(15.77)	(11.87)	(12.01)	(15.46)	(12.06)
150	0	\bar{x}	0.568	0.594	0.055	0.535	0.055	0.367
		V[%]	(16.85)	(12.14)	(15.85)	(14.33)	(12.39)	(13.56)
	2	\bar{x}	0.577	0.618	0.055	0.538	0.059	0.374
		V[%]	(14.90)	(15.67)	(14.35)	(15.73)	(12.24)	(13.77)
	5	\bar{x}	0.550	0.617	0.056	0.560	0.059	0.381
		V[%]	(13.51)	(11.35)	(12.63)	(13.79)	(15.21)	(13.82)
	8	\bar{x}	0.516	0.619	0.061	0.553	0.063	0.364
		V[%]	(13.44)	(12.74)	(10.78)	(13.65)	(13.78)	(14.87)
180	0	\bar{x}	0.551	0.572	0.050	0.494	0.067	0.361
		V[%]	(13.90)	(15.83)	(14.75)	(14.30)	(12.23)	(12.16)
	2	\bar{x}	0.510	0.584	0.056	0.531	0.059	0.380
		V[%]	(15.65)	(13.82)	(13.75)	(13.38)	(14.75)	(14.56)
	5	\bar{x}	0.592	0.595	0.058	0.545	0.062	0.374
		V[%]	(15.41)	(15.10)	(11.25)	(15.42)	(14.05)	(11.55)
	8	\bar{x}	0.582	0.614	0.063	0.542	0.063	0.401
		V[%]	(14.34)	(13.11)	(12.68)	(15.96)	(15.72)	(13.90)
210	0	\bar{x}	0.563	0.573	0.058	0.527	0.057	0.370
		V[%]	(12.10)	(14.69)	(14.29)	(14.85)	(14.50)	(11.71)
	2	\bar{x}	0.587	0.591	0.056	0.520	0.055	0.373
		V[%]	(15.38)	(14.46)	(13.80)	(15.06)	(13.05)	(14.05)
	5	\bar{x}	0.593	0.608	0.060	0.545	0.058	0.371
		V[%]	(15.11)	(10.22)	(10.42)	(12.18)	(14.17)	(9.28)
	8	\bar{x}	0.617	0.607	0.063	0.528	0.060	0.397
		V[%]	(13.74)	(10.90)	(10.81)	(13.64)	(12.04)	(13.72)

V(%):Varyasyon katsayısı, \bar{x} :Ortalama, v:Poisson oranı

Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (v_{LR}) değerlerindeki değişimi Şekil 4.47’de gösterilmiştir.



Şekil 4.47. Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (v_{LR}) değerlerindeki değişimi

Sedir odununda LR (v_{LR}) düzlemindeki poisson oranları istatistiksel olarak değerlendirilerek sıcaklık ve uygulama süresinin poisson oranına (v_{LR}) etkisi araştırılmıştır.

Sıcaklığın poisson oranı değerlerine etkisinin varyans analizleri Çizelge 4.159’ da gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre poisson oranı (v_{LR}) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir (≤ 0.05). Sedir odununda poisson oranı ile sıcaklık arasında çok düşük bir ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.152$).

DUNCAN testi sonuçlarına göre LR düzlemindeki poisson oranları sıcaklığa göre üç grup oluşurken, süreye göre tek grupta toplanmıştır (Çizelge 4.160).

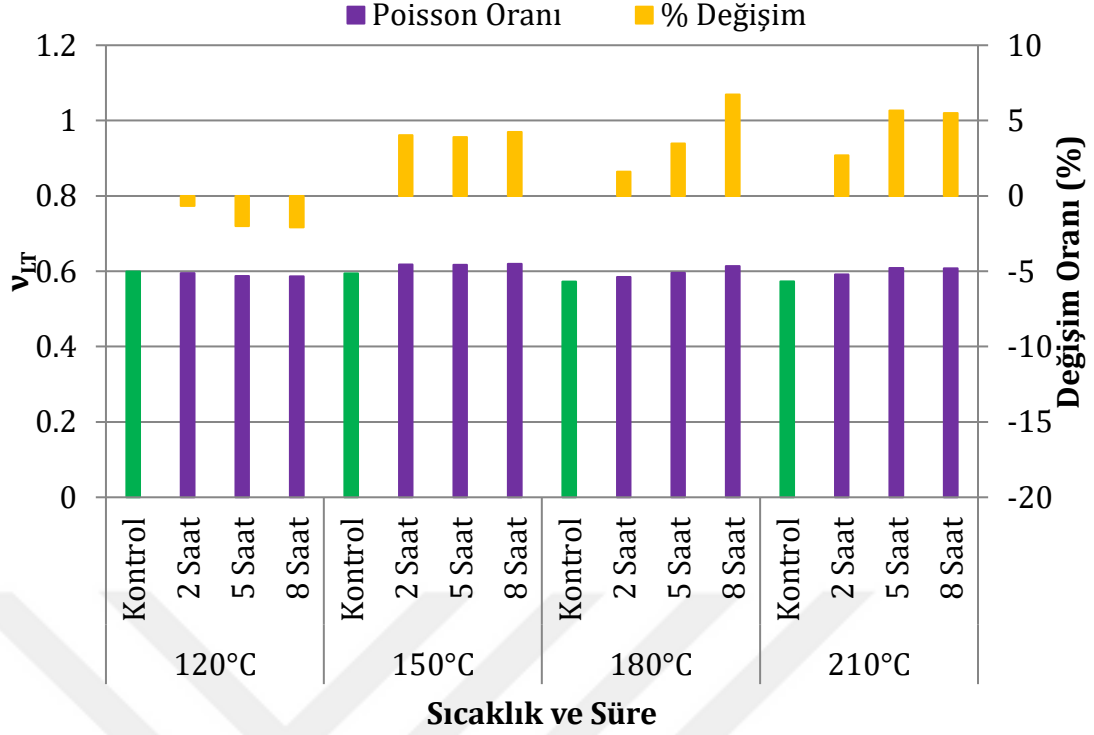
Çizelge 4.159. Sedir odununda sıcaklık ve sürenin ULR değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	5757.662	15	383.844	2.130	.010
Intercept	2256.729	1	2256.729	12.524	.001
Sıcaklık	2173.589	3	724.530	4.021	.008
Süre	1100.611	3	366.870	2.036	.111
Sıcaklık* Süre	2884.412	9	320.490	1.779	.075
Hata	32073.424	178	180.188		
Toplam	39961.388	194			
Düzeltilmiş Toplam	5757.662a	15	383.844	2.130	.010
R^2	0.152				

Çizelge 4.160. Sedir odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin ULR poisson oranı Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar			Süre (saat)	Gruplar 1
	1	2	3		
210		5.12	5.12	8	5.26
180	1.74	1.74		5	5.60
150	-0.69			2	2.84
120			7.93	0	0.00
Sig.	0.37	0.22	0.30	Sig.	0.06

Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (ULR) değerlerindeki değişimi Şekil 4.48'de gösterilmiştir.



Şekil 4.48. Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (ν_{LT}) değerlerindeki değişimi

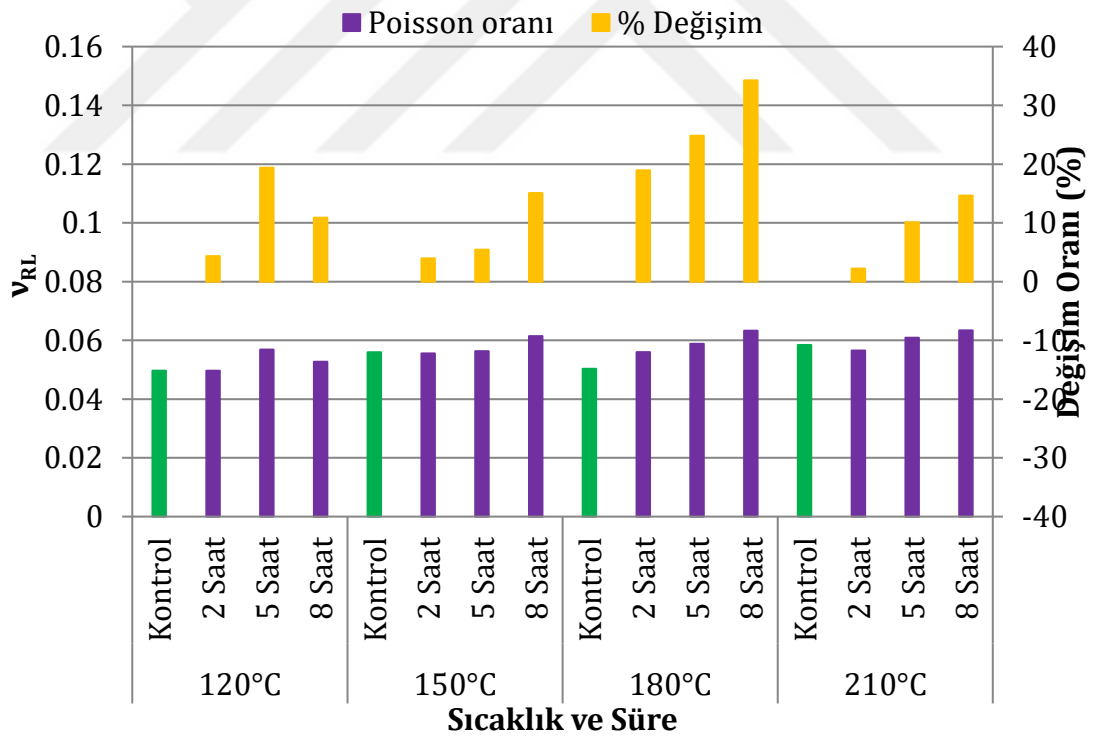
Sedir odununun LT düzleminde kontrol örneklerine poisson oranı değerleri; 120°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %0.66, %2.00, %2.09 oranında azalma görülmüştür. 150°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %4.03, %3.89, %4.24 oranında artış görülmüştür. 180°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %1.61, %3.48, %6.72 oranında artış görülmüştür. 210°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %2.69, %5.65, %5.50 oranında artış görülmüştür. LT düzlemindeki poisson oranı değerlerinin varyasyon katsayıları %10.20 ile %15.83 arasında değişmektedir.

Sedir odununda LT (ν_{LT}) düzlemindeki poisson oranları istatistiksel olarak değerlendirilerek sıcaklık ve uygulama süresinin poisson oranına (ν_{LT}) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklığın poisson oranı değerlerine etkisinin varyans analizleri Çizelge 4.161' de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre poisson oranı (ν_{LT}) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($0.826 > 0.05$). Sedir odununda poisson oranı ile sıcaklık arasında ilişki yoktur ($R^2:0.048$).

Çizelge 4.161. Sedir odununda sıcaklık ve sürenin V_{RL} değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	1510.277	15	100.685	.655	.826
Intercept	865.755	1	865.755	5.633	.019
Sıcaklık	626.238	3	208.746	1.358	.257
Süre	347.612	3	115.871	.754	.521
Sıcaklık* Süre	386.118	9	42.902	.279	.980
Hata	29970.937	195	153.697		
Toplam	32619.038	211			
Düzeltilmiş Toplam	31481.215	210			
R^2	0.048				

Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (V_{RL}) değerlerindeki değişimi Şekil 4.49'da gösterilmiştir.



Şekil 4.49. Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (V_{RL}) değerlerindeki değişimi

Sedir odunun RL düzleminde kontrol örneklerine poisson oranı değerleri; 120°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %4.31, %19.39,

%10.85 oranında artış görülmüştür. 150°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %3.97, %5.43, %15.05 oranında, 180°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %18.95, %24.85, %34.26 oranında, 210°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %2.21, %10.11, %14.64 oranında artış görülmüştür. RL düzlemindeki poisson oranı değerlerinin varyasyon katsayıları %10.42 ile %15.85 arasında değişmektedir.

Sedir odununda RL (U_{RL}) düzlemindeki poisson oranları istatistiksel olarak değerlendirilerek sıcaklık ve uygulama süresinin poisson oranına (U_{RL}) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklığın poisson oranı değerlerine etkisinin varyans analizleri Çizelge 4.162' de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre poisson oranı (U_{RL}) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir (≤ 0.05).

Çizelge 4.162. Sedir odununda sıcaklık ve sürenin U_{RL} değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P \leq 0.05
Model	17096.185	15	1139.746	6.931	.000
Intercept	18036.328	1	18036.328	109.679	.000
Sıcaklık	5262.355	3	1754.118	10.667	.000
Süre	8907.534	3	2969.178	18.056	.000
Sıcaklık* Süre	3026.811	9	336.312	2.045	.038
Hata	25817.997	157	164.446		
Toplam	61404.886	173			
Düzeltilmiş Toplam	42914.182	172			
R²	0.398				

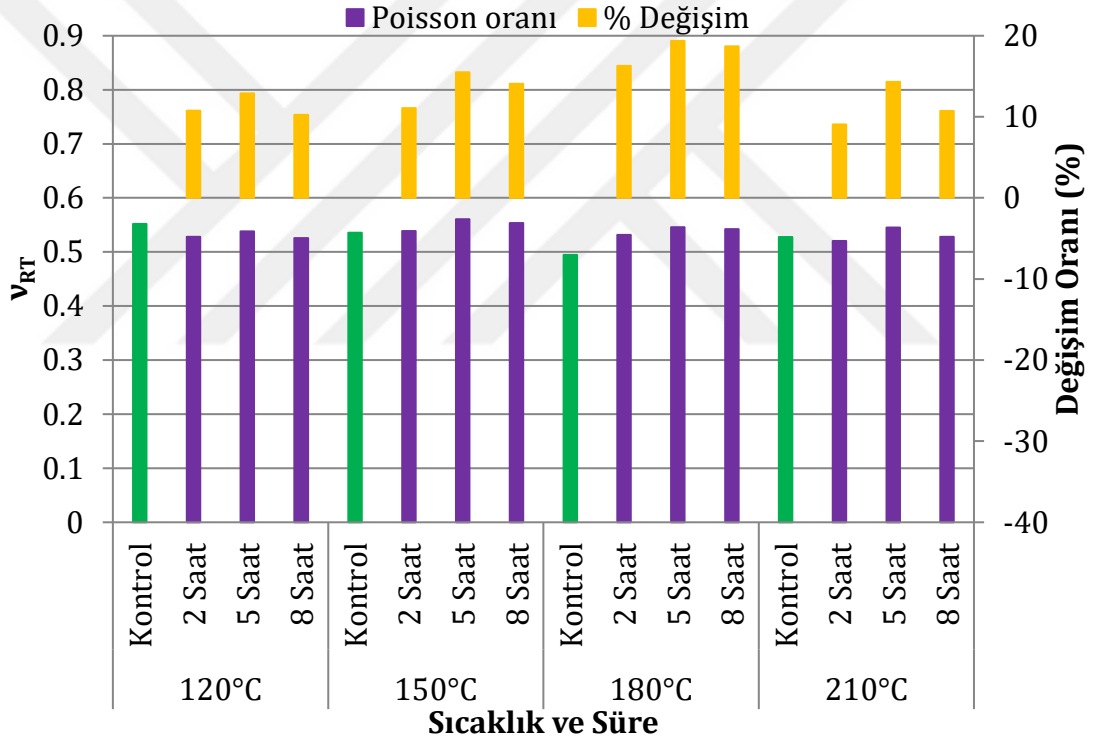
Sedir odununda poisson oranı (U_{RL}) ile sıcaklık arasında zayıf bir ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.398$).

DUNCAN testi sonuçlarına göre LR düzlemindeki poisson oranları sıcaklığa göre iki grup oluşurken, süreye göre üç farklı grupta toplanmıştır (Çizelge 4.163).

Çizelge 4.163. Sedir odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin v_{RT} poisson oranı Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar		Süre (saat)	Gruplar		
	1	2		1	2	3
210	6.88		8			18.79
180		19.07	5			14.72
150	6.16		2		7.46	
120	8.98		0	0.00		
Sig.	0.34	1.00	Sig.	1.00	1.00	0.14

Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (v_{RT}) değerlerindeki değişimi Şekil 4.50'de gösterilmiştir.



Şekil 4.50. Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (v_{RT}) değerlerindeki değişimi

Sedir odununun RT düzleminde kontrol örneklerine poisson oranı değerleri; 120°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %10.75, %12.89, %10.25 oranında artış görülmüştür. 150°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %11.06, %15.50, %14.08 oranında artış, 180°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %16.30, %19.37, %18.65

oranında artış, 210°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %9.05, %14.31, %10.69 oranında artış görülmüştür. RT düzlemindeki poisson oranının varyasyon katsayıları %11.00 ile %15.96 arasında değişmektedir.

Sedir odununda RT (ν_{RT}) düzlemindeki poisson oranları istatistiksel olarak değerlendirilerek sıcaklık ve uygulama süresinin poisson oranına (ν_{RT}) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklığın poisson oranı değerlerine etkisinin varyans analizleri Çizelge 4.164' de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre poisson oranı (ν_{RT}) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir (≤ 0.05). Sedir odununda poisson oranı ile sıcaklık arasında çok zayıf bir ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.178$). DUNCAN testi sonuçlarına göre RT düzlemindeki poisson oranları sıcaklığa göre tek oluşurken, işlem süresine göre iki grupta toplanmıştır (Çizelge 4.165).

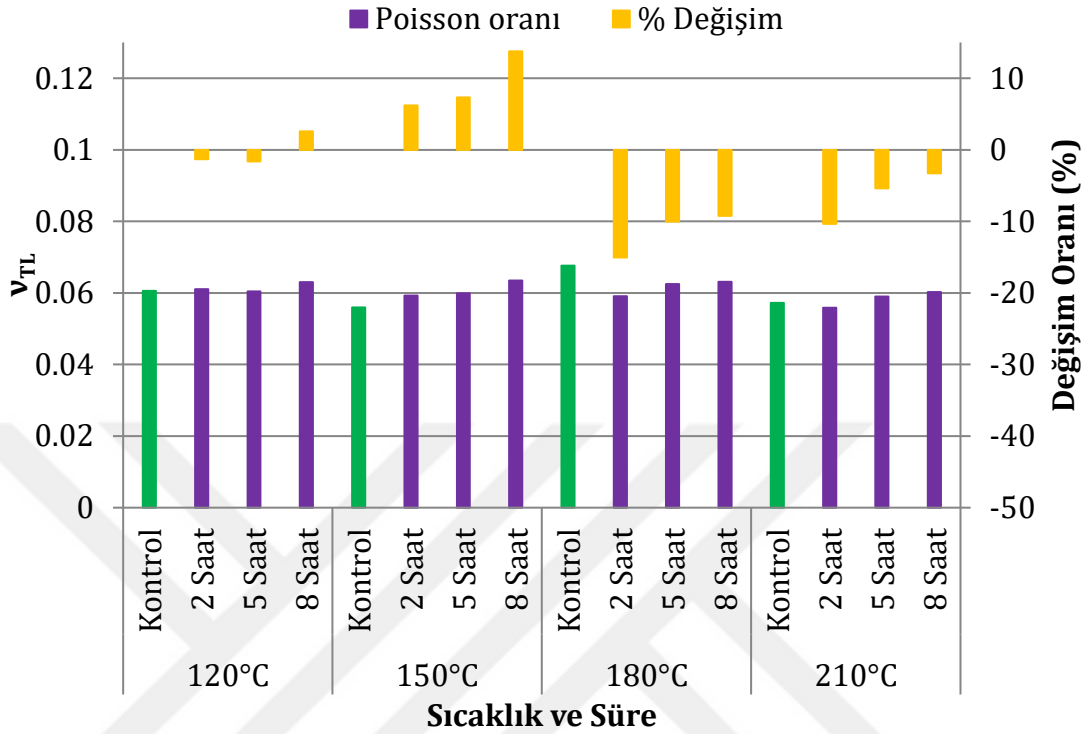
Çizelge 4.164. Sedir odununda sıcaklık ve sürenin ν_{RT} değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	8788.581	15	585.905	2.766	.001
Intercept	20991.864	1	20991.864	99.084	.000
Sıcaklık	875.616	3	291.872	1.378	.251
Süre	7107.582	3	2369.194	11.183	.000
Sıcaklık* Süre	353.037	9	39.226	.185	.995
Hata	40677.180	192	211.860		
Toplam	72070.604	208			
Düzeltilmiş Toplam	49465.761	207			
R^2	0.178				

Çizelge 4.165. Sedir odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin ν_{RT} poisson oranı Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar	Süre (saat)	Gruplar	
	1		1	2
210	8.08	8		13.85
180	14.22	5		15.46
150	10.54	2		11.99
120	8.63	0	0.00	
Sig.	0.05	Sig.	1.00	0.25

Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (v_{TL}) değerlerindeki değişimi Şekil 4.51’de gösterilmiştir.



Şekil 4.51. Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (v_{TL}) değerlerindeki değişimi

Sedir odunun TL düzleminde, kontrol örneklerine poisson oranı değerlerinde; 120°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %1.31, %1.65, %2.59 oranında azalma görülmüştür. 150°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %6.21, %7.33, %13.76 oranında artış görülmüştür. 180°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %15.02, %10.04, %9.22 oranında oranında azalmıştır. 210°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %10.34, %5.36, %3.27 oranında azalma görülmüştür. TL düzlemindeki poisson oranı değerlerinin varyasyon katsayıları %12.04 ile %15.72 arasında değişmektedir.

Sedir odununda TL (v_{TL}) düzlemindeki poisson oranları istatistiksel olarak değerlendirilerek sıcaklık ve uygulama süresinin poisson oranına (v_{TL}) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklığın poisson oranı değerlerine etkisinin varyans analizleri Çizelge 4.166’ da gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre poisson oranı

(u_{TL}) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir (≤ 0.05). Sedir odununda poisson oranı ile sıcaklık arasında zayıf bir ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.255$).

DUNCAN testi sonuçlarına göre TL düzlemindeki poisson oranları sıcaklığa göre üç grup oluşurken, süreye göre iki grup oluşmuştur (Çizelge 4.167).

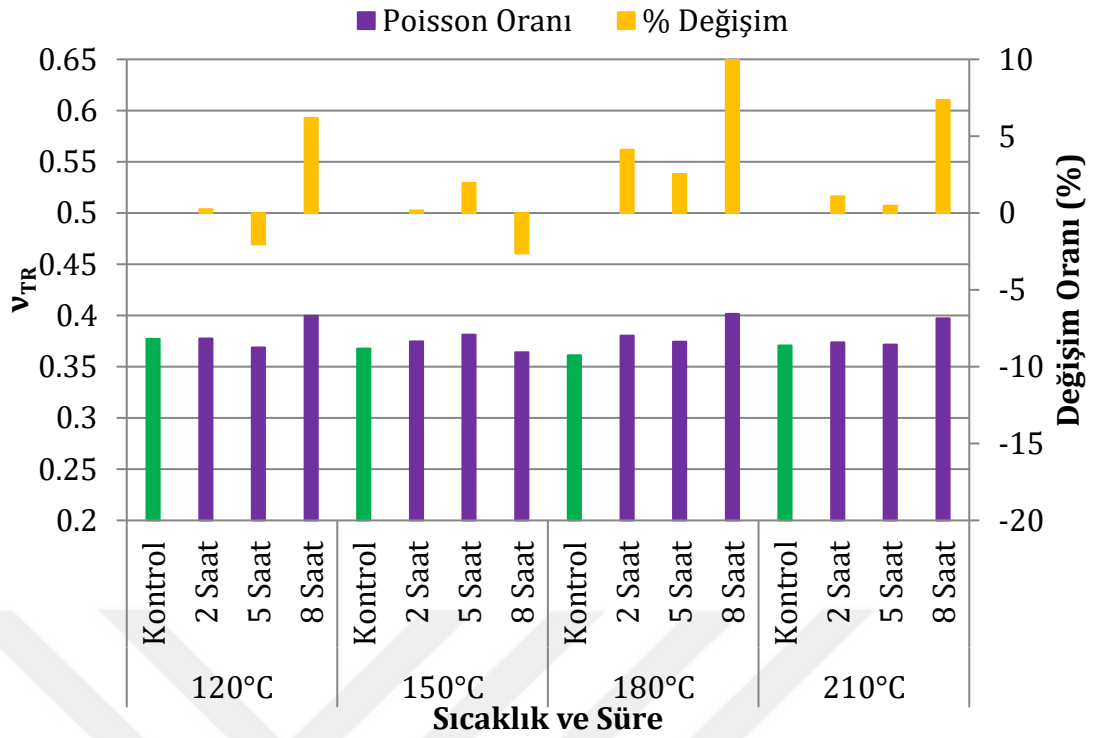
Çizelge 4.166. Sedir odununda sıcaklık ve sürenin u_{TL} değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	8836.093	15	589.073	3.659	.000
Intercept	474.564	1	474.564	2.947	.088
Sıcaklık	5792.719	3	1930.906	11.992	.000
Süre	962.139	3	320.713	1.992	.117
Sıcaklık* Süre	2147.960	9	238.662	1.482	.159
Hata	25761.590	160	161.010		
Toplam	35074.492	176			
Düzeltilmiş Toplam	34597.683	175			
R^2	0.255				

Çizelge 4.167. Sedir odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin u_{TL} poisson oranı Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar			Süre (saat)	Gruplar	
	1	2	3		1	2
210	-4.72	-4.72		8		0.31
180	-8.34			5	-2.10	-2.10
150			6.85	2	-5.38	
120		-0.15		0	0.00	0.00
Sig.	0.183	0.093	1.00	Sig.	0.06	0.31

Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (u_{TR}) değerlerindeki değişimi Şekil 4.52'de gösterilmiştir.



Şekil 4.52. Sedir odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (ν_{TR}) değerlerindeki değişimi

Sedir odununun TR düzleminde kontrol örneklerine poisson oranı değerleri; 120°C sıcaklık grubunda 2 saat işlem sürelerinde %0.24 artış, 5 saat sürede %2.04 azalma ve 8 saat işlem süresinde %6.17 oranında artış görülmüştür. 150°C sıcaklık grubunda 2 ve 5 saat işlem süresinde sırasıyla %0.15, %1.90 oranında artış görülürken, 8 saat işlem süresinde %2.61 oranında azalma görülmüştür. 180°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %4.13, %2.53, %9.99 oranında artış görülmüştür. 210°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %1.08, %0.46, %7.35 oranında artış görülmüştür. TR düzlemindeki poisson oranı değerlerinin varyasyon katsayıları %9.28 ile %16.99 arasında değişmektedir.

Sedir odununda TR (ν_{TR}) düzlemindeki poisson oranları istatistiksel olarak değerlendirilerek sıcaklık ve uygulama süresinin poisson oranına (ν_{TR}) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklığın poisson oranı değerlerine etkisinin varyans analizleri Çizelge 4.168'de gösterilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre poisson oranı (u_{TR}) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($0.546 > 0.05$). Sedir odununda TR düzlemindeki poisson oranı (u_{TR}) ile sıcaklık arasında ilişki yoktur ($R^2:0.074$).

Çizelge 4.168. Sedir odununda sıcaklık ve sürenin u_{TR} değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	2114.007	15	140.934	.918	.546
Intercept	631.207	1	631.207	4.110	.044
Sıcaklık	483.191	3	161.064	1.049	.372
Süre	750.951	3	250.317	1.630	.184
Sıcaklık* Süre	846.550	9	94.061	.613	.785
Hata	26412.842	172	153.563		
Toplam	29169.668	188			
Düzeltilmiş Toplam	28526.849	187			
R^2	0.074				

Poisson oranı, hassas ölçümler gerektirdiği için daha az çalışılan elastik sabitlerdendir. Poisson oranları türden türe farklılık göstermekte ve rutubet miktarı ve özgül ağırlıktan etkilenmektedir (Ross, 2010). Odun malzemedeki ısıl işlemin Poisson oranları üzerine etkisi ile ilgili herhangi bir veri yoktur. İstatistiksel analiz, Poisson oranlarındaki düşük dalgalanmaya rağmen ısıl işlemin Poisson oranı üzerine etkisinin anlamlı olmadığını göstermektedir. Dalgalanmalar örneklerdeki rutubet miktarından ve anatomik farklılıklardan kaynaklanabilir.

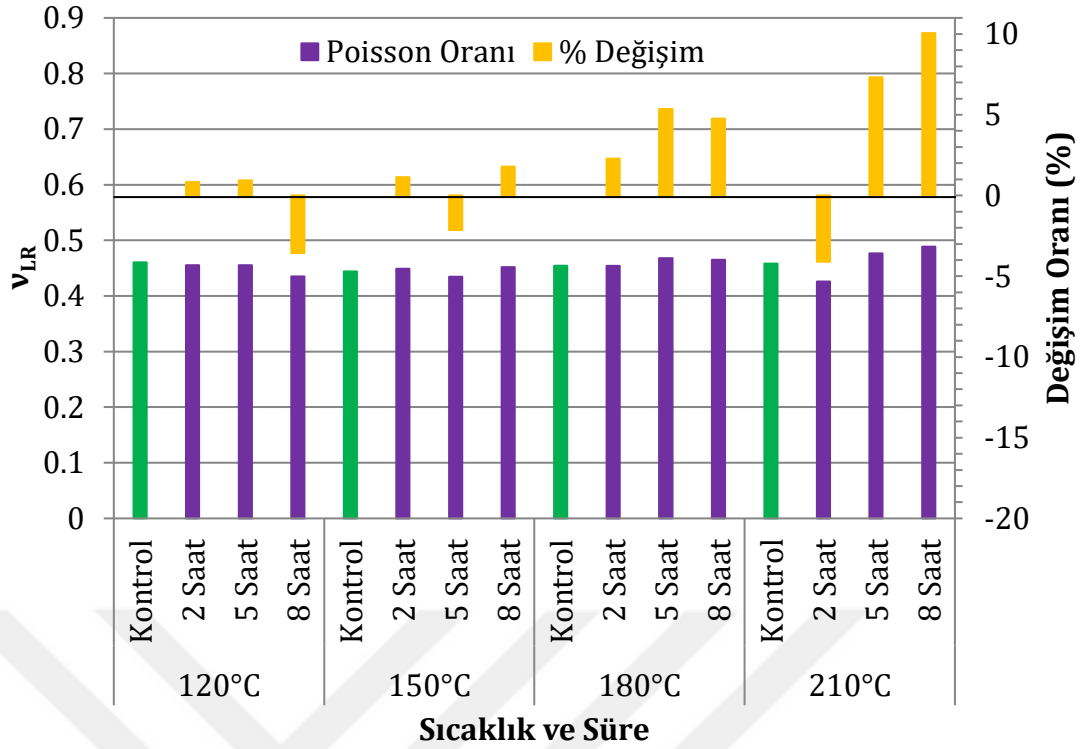
Poisson oranları kontrol gruplarında RL düzleminde 0.049, LT düzleminde 0.599 olarak hesaplanmıştır. Poisson oranlarının varyasyon katsayıları 10 ile %17 arasındadır. Odunun poisson oranının değerlerinin varyasyon katsayısının yüksek olduğu Hering vd. (2012a); Ozyhar vd. (2013a); Jeong vd. (2010); Mizutani ve Ando (2015) tarafından ifade edilmiştir. Kızılçam odununun poisson oranı değerlerinin ortalama ve varyasyon katsayıları (%) Çizelge 4.169' da gösterilmiştir.

Çizelge 4.169. Kızılçam odununun poisson oranı değerlerine ilişkin bulgular

Sıc. (°C)	Süre (Sa)		ULR	ULT	URL	URT	UTL	UTR
120	0	\bar{x}	0.46	0.48	0.056	0.61	0.061	0.360
		V[%]	(12.66)	(12.53)	(12.56)	(11.67)	(14.58)	(12.24)
	2	\bar{x}	0.45	0.48	0.056	0.60	0.062	0.367
		V[%]	(12.30)	(12.23)	(12.78)	(11.40)	(9.08)	(12.12)
	5	\bar{x}	0.45	0.48	0.054	0.62	0.062	0.379
		V[%]	(12.08)	(14.13)	(11.31)	(12.98)	(11.58)	(13.61)
8	\bar{x}	0.43	0.47	0.055	0.63	0.061	0.378	
	V[%]	(11.87)	(12.30)	(13.39)	(10.16)	(12.77)	(13.03)	
150	0	\bar{x}	0.44	0.47	0.056	0.062	0.062	0.373
		V[%]	(13.03)	(12.23)	(12.90)	(6.85)	(10.87)	(11.34)
	2	\bar{x}	0.044	0.48	0.057	0.63	0.063	0.379
		V[%]	(5.92)	(9.75)	(14.47)	(11.86)	(13.00)	(14.40)
	5	\bar{x}	0.43	0.50	0.056	0.63	0.064	0.371
		V[%]	(11.86)	(11.55)	(13.86)	(11.40)	(13.61)	(13.74)
8	\bar{x}	0.45	0.50	0.058	0.61	0.065	0.375	
	V[%]	(13.62)	(12.08)	(11.11)	(12.56)	(14.33)	(14.56)	
180	0	\bar{x}	0.45	0.46	0.057	0.60	0.061	0.381
		V[%]	(13.56)	(12.46)	(13.30)	(12.48)	(13.86)	(12.39)
	2	\bar{x}	0.45	0.48	0.058	0.61	0.061	0.396
		V[%]	(11.56)	(13.35)	(13.64)	(10.72)	(13.86)	(12.25)
	5	\bar{x}	0.46	0.49	0.060	0.60	0.064	0.402
		V[%]	(11.64)	(12.76)	(12.71)	(8.42)	(13.72)	(12.95)
8	\bar{x}	0.46	0.52	0.062	0.62	0.066	0.435	
	V[%]	(11.98)	(12.08)	(12.71)	(12.89)	(14.06)	(12.40)	
210	0	\bar{x}	0.45	0.46	0.060	0.61	0.062	0.366
		V[%]	(11.93)	(13.23)	(11.49)	(12.01)	(13.66)	(13.73)
	2	\bar{x}	0.42	0.48	0.061	0.62	0.063	0.380
		V[%]	(10.89)	(10.48)	(13.92)	(13.26)	(12.93)	(10.09)
	5	\bar{x}	0.47	0.48	0.063	0.64	0.062	0.419
		V[%]	(12.59)	(12.79)	(14.99)	(13.95)	(13.22)	(13.60)
8	\bar{x}	0.48	0.50	0.066	0.66	0.060	0.391	
	V[%]	(11.86)	(12.49)	(13.27)	(12.38)	(13.97)	(11.59)	

V(%):Varyasyon katsayısı, \bar{x} :Ortalama, v:Poisson oranı

Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (u_{LR}) değerlerindeki değişimi Şekil 4.53'de gösterilmiştir.



Şekil 4.53. Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (V_{LR}) değerlerindeki değişimi

Kızılçam odununun LR düzleminde kontrol örneklerine poisson oranı değerleri; 120°C sıcaklık grubunda 2-5 saat işlem sürelerinde sırasıyla %8.24, %0.94, oranında artış görülürken, 8 saat işlem süresinde %3.53 azalma görülmüştür. 150°C sıcaklık grubunda 2 saat işlem süresinde %1.13 oranında artış, 5 saat işlem süresinde %2.13 oranında azalma, 8 saat işlem süresinde de %1.79 artış meydana gelmiştir. 180°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %2.28, %5.35, %4.76 oranında artış görülmüştür. 210°C sıcaklık grubunda 2 saat işlem süresinde %4.10 oranında azalma görülürken, 5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %7.31, %10.05 oranında artış görülmüştür. Kızılçam odununun LR düzlemindeki poisson oranı değerlerinin varyasyon katsayıları %5.92 ile %13.56 arasında değişmektedir.

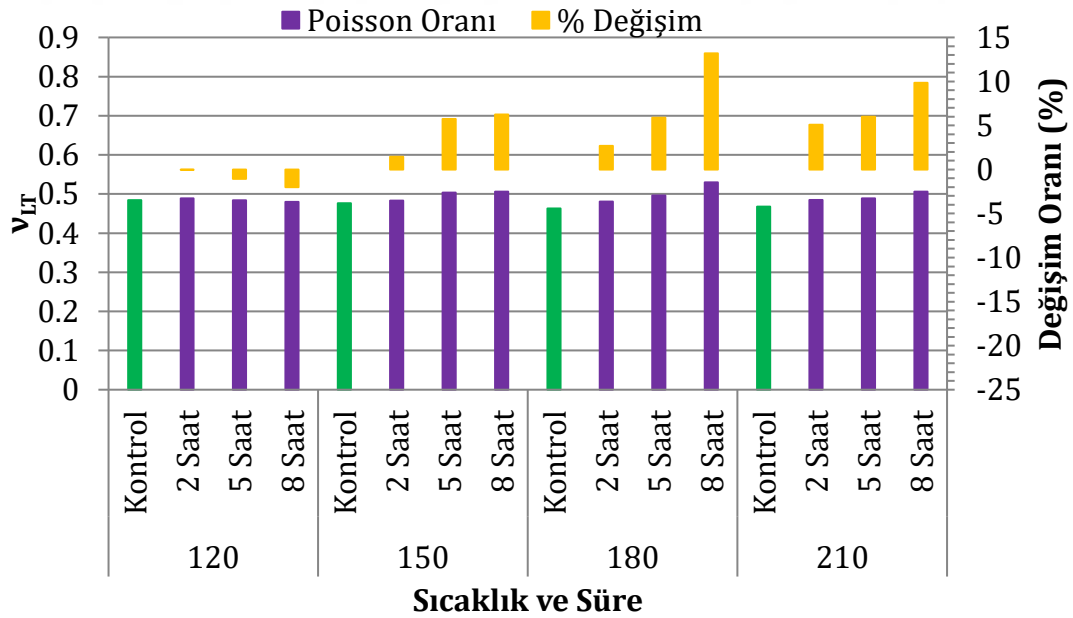
Kızılçam odununda LR (V_{LR}) düzlemindeki poisson oranları istatistiksel olarak değerlendirilerek sıcaklık ve uygulama süresinin poisson oranına (V_{LR}) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklığın poisson oranı değerlerine etkisinin varyans analizleri Çizelge 4.170'de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre poisson oranı (V_{LR}) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık görülmemiştir

(0.179>0.05). Kızılçam odununda LR düzleminde ki poisson oranı değerleri ile sıcaklık arasında ilişki yoktur ($R^2:0.108$).

Çizelge 4.170. Kızılçam odununda sıcaklık ve sürenin ν_{LR} değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	2378.196	15	158.546	1.348	.179
Intercept	416.006	1	416.006	3.538	.062
Sıcaklık	522.181	3	174.060	1.480	.222
Süre	435.726	3	145.242	1.235	.299
Sıcaklık* Süre	1442.906	9	160.323	1.364	.208
Hata	19634.692	167	117.573		
Toplam	22399.856	183			
Düzeltilmiş Toplam	22012.889	182			
R^2	0.108				

Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (ν_{LT}) değerlerindeki değişimi Şekil 4.54'de gösterilmiştir.



Şekil 4.54. Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (ν_{LT}) değerlerindeki değişimi

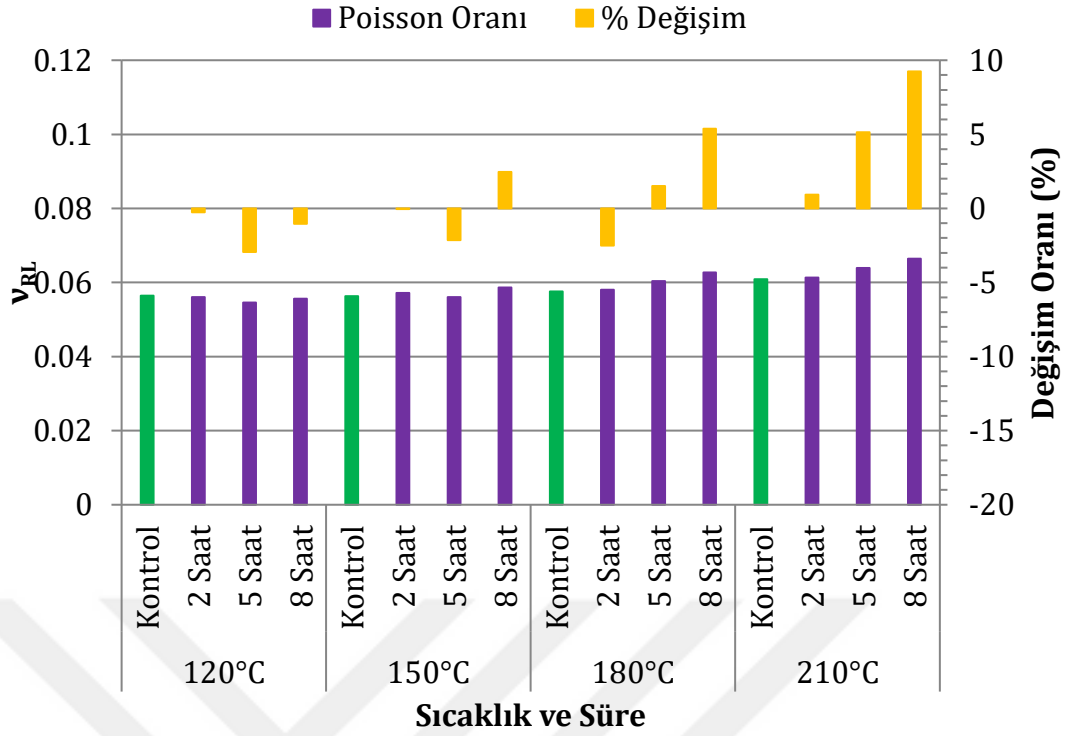
Kızılçam odununda LT düzleminde kontrol örneklerine poisson oranı değerlerinde; 120°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %0.02, %1.05, %1.99 oranında azalma görülmüştür. 150°C sıcaklık grubunda 2, 5 ve 8 saat işlem süresinde sırasıyla %1.46, %5.70, %6.24 oranında artış meydana gelmiştir. 180°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %2.67, %5.90, %13.19 oranında artış, 210°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %5.09, %6.00, %9.86 oranında artış görülmüştür. LT düzlemindeki poisson oranı değerlerinin varyasyon katsayıları %9.75 ile %14.13 arasında değişmektedir.

Kızılçam odununda LR (U_{LR}) düzlemindeki poisson oranları istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve uygulama süresinin poisson oranına (U_{LR}) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklığın poisson oranı değerlerine etkisinin varyans analizleri Çizelge 4.171'de gösterilmiştir. Kızılçam odununda poisson oranı ile sıcaklık arasında çok zayıf bir ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.115$).

Çizelge 4.171. Kızılçam odununda sıcaklık ve sürenin U_{LT} değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	3000.308	15	200.021	1.467	.122
Intercept	1982.950	1	1982.950	14.547	.000
Sıcaklık	1066.880	3	355.627	2.609	.053
Süre	1111.089	3	370.363	2.717	.046
Sıcaklık* Süre	835.437	9	92.826	.681	.725
Hata	23173.559	170	136.315		
Toplam	28331.027	186			
Düzeltilmiş Toplam	26173.867	185			
R^2	0.115				

Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (U_{LR}) değerlerindeki değişimi Şekil 4.55'de gösterilmiştir.



Şekil 4.55. Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (v_{RL}) değerlerindeki değişimi

Kızılçam odununun RL düzleminde kontrol örneklerine poisson oranı değerlerinde; 120°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %0.25, %2.94, %1.03 oranında azalma görülmüştür. 150°C sıcaklık grubunda 2 ve saat işlem süresinde sırasıyla %2.51, %2.13 oranında azalma görülürken, 8 saat işlem süresinde %2.45 oranında artma meydana gelmiştir. 180°C sıcaklık grubunda 2 saat işlem süresinde %2.51 oranında azalma görülürken, 5 ve 8 saat işlem süresinde sırasıyla %1.50, %5.38 oranında artmıştır. 210°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %0.92, %5.13, %9.24 oranında artış görülmüştür. RL düzlemindeki poisson oranı değerlerinin varyasyon katsayıları %11.11 ile %14.99 arasında değişmektedir.

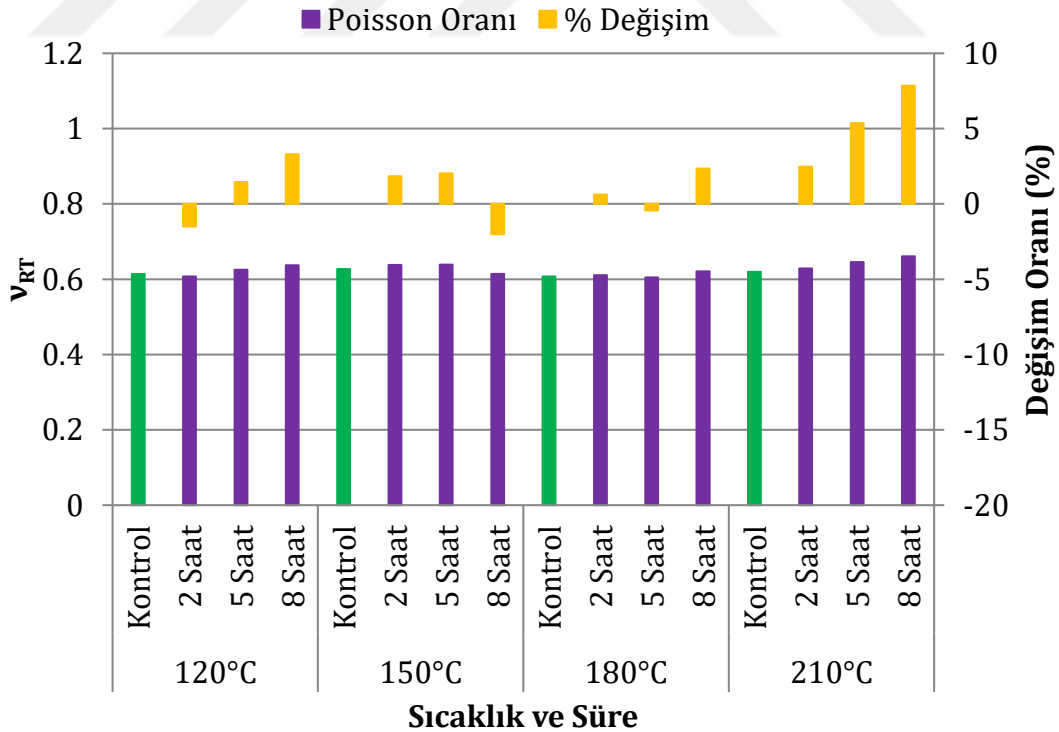
Kızılçam odununda RL (v_{RL}) düzlemindeki poisson oranları istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve uygulama süresinin poisson oranına (v_{RL}) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklığın poisson oranı değerlerine etkisinin varyans analizleri Çizelge 4.172'de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre poisson oranı (v_{RL}) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($0.667 > 0.05$). Kızılçam odununda RL düzleminde poisson oranı ile sıcaklık

arasında ilişki yoktur ($R^2:0.066$).

Çizelge 4.172. Kızılçam odununda sıcaklık ve sürenin v_{RT} değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	$P \leq 0.05$
Model	1768.101	15	117.873	.809	.667
Intercept	180.324	1	180.324	1.237	.268
Sıcaklık	587.959	3	195.986	1.345	.262
Süre	609.062	3	203.021	1.393	.247
Sıcaklık* Süre	606.499	9	67.389	.462	.898
Hata	25216.476	173	145.760		
Toplam	27127.328	189			
Düzeltilmiş Toplam	26984.576	188			
R^2	0.066				

Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (v_{RT}) değerlerindeki değişimi Şekil 4.56'da gösterilmiştir.



Şekil 4.56. Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (v_{RT}) değerlerindeki değişimi

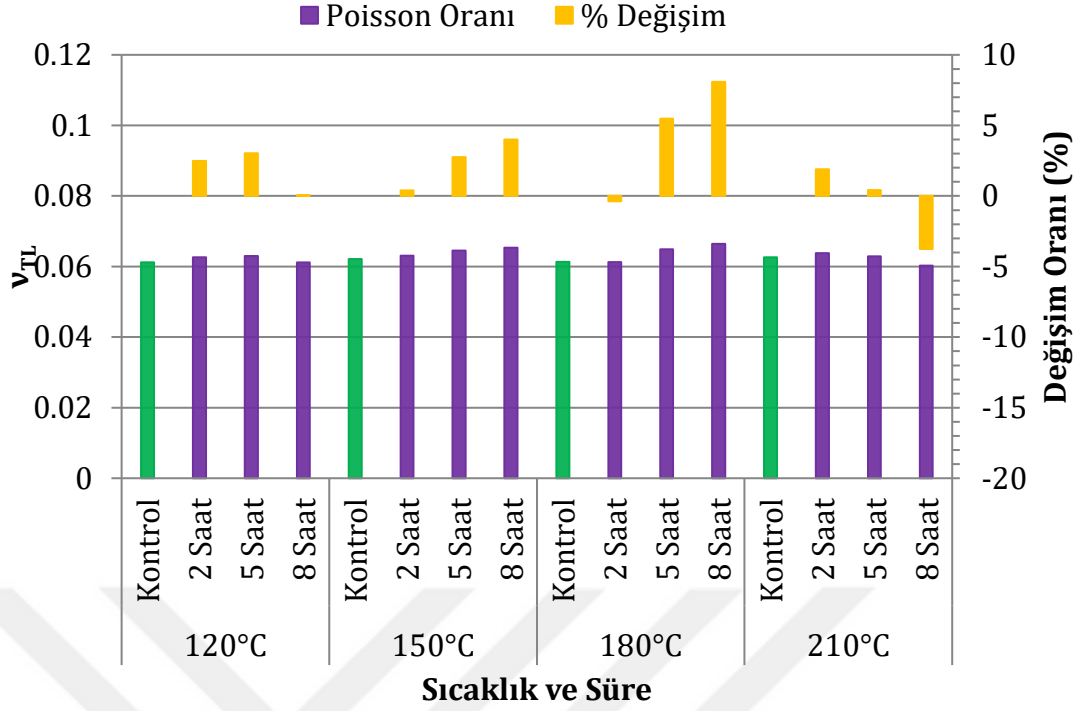
Kızılçam odununun RT düzleminde kontrol örneklerine poisson oranı değerlerinde; 120°C sıcaklık grubunda 2 işlem süresinde %1.49 oranında azalma görülürken, 5 ve 8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %1.45, %3.29 oranında artış görülmüştür. 150°C sıcaklık grubunda 2 ve 8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %1.84, %2.10 oranında artış görülürken, 8 saat işlem süresinde %1.99 oranında azalma görülmüştür. 180°C sıcaklık grubunda 2 saat işlem süresinde %0.62 oranında artış görülürken, 5 ve 8 saat işlem süresinde sırasıyla %0.43, %2.33 oranında azalma meydana gelmiştir. 210°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %2.47, %5.36, %7.84 oranında artış görülmüştür. RT düzlemindeki poisson oranı değerlerinin varyasyon katsayıları %6.85 ile %13.95 arasında değişmektedir.

Kızılçam odununda RT (μ_{RT}) düzlemindeki poisson oranları istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve uygulama süresinin poisson oranına (μ_{RT}) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklığın poisson oranı değerlerine etkisinin varyans analizleri Çizelge 4.173'de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre poisson oranı (μ_{RT}) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($0.852 > 0.05$). Kızılçam odununda RT düzleminde poisson oranı ile sıcaklık arasında ilişki yoktur ($R^2:0.052$).

Çizelge 4.173. Kızılçam odununda sıcaklık ve sürenin μ_{RT} değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	1161.548	15	77.437	.624	.852
Intercept	393.593	1	393.593	3.174	.077
Sıcaklık	382.976	3	127.659	1.029	.381
Süre	224.043	3	74.681	.602	.614
Sıcaklık* Süre	525.804	9	58.423	.471	.893
Hata	21204.724	171	124.004		
Toplam	22755.403	187			
Düzeltilmiş Toplam	22366.272	186			
R^2	0.052				

Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (μ_{TL}) değerlerindeki değişimi Şekil 4.57'de gösterilmiştir.



Şekil 4.57. Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (v_{TL}) değerlerindeki değişimi

Kızılçam odununun TL düzleminde kontrol örneklerine poisson oranı değerlerinde; 120°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %2.47, %3.03, %0.06 oranında artış görülmüştür. 150°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %0.39, %2.75, %4.00 oranında artış görülmüştür. 180°C sıcaklık grubunda 2 saat işlem süresinde %0.38 oranında azalma görülürken, 5 ve 8 saat işlem süresinde sırasıyla %5.46, %8.08 oranında artmıştır. 210°C sıcaklık grubunda 2-5 saat işlem sürelerinde sırasıyla %1.90, %0.41 oranında artış meydana gelirken, 8 saat işlem süresinde %3.74 oranında azalma görülmüştür. TL düzlemindeki poisson oranı değerlerinin varyasyon katsayıları %9.08 ile %14.58 arasında değişmektedir.

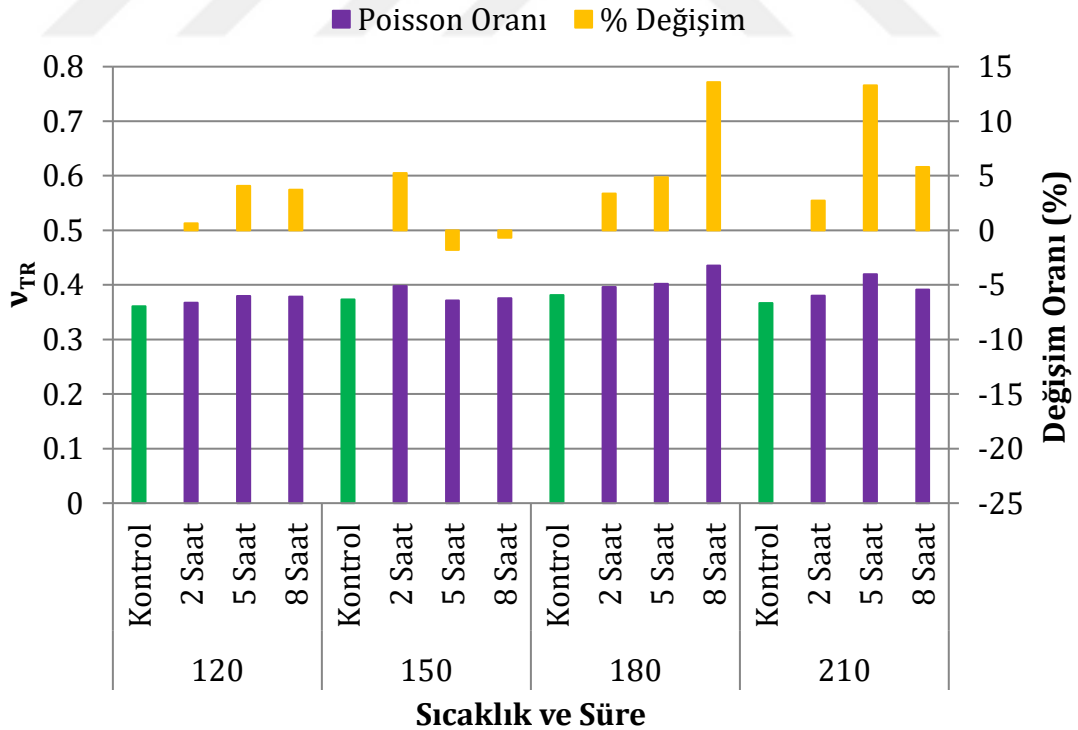
Kızılçam odununda TL (v_{TL}) düzlemindeki poisson oranları istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve uygulama süresinin poisson oranına (v_{TL}) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklığın poisson oranı değerlerine etkisinin varyans analizleri Çizelge 4.174' de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre poisson oranı (v_{TL}) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($0.866 > 0.05$). Kızılçam odununda TL düzleminde poisson oranı ile sıcaklık

arasında ilişki yoktur ($R^2:0.048$).

Çizelge 4.174. Kızılçam odununda sıcaklık ve sürenin v_{TL} değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	1377.767	15	91.851	.608	.866
Intercept	450.771	1	450.771	2.982	.086
Sıcaklık	322.854	3	107.618	.712	.546
Süre	221.876	3	73.959	.489	.690
Sıcaklık* Süre	847.412	9	94.157	.623	.777
Hata	27060.778	179	151.178		
Toplam	28931.684	195			
Düzeltilmiş Toplam	28438.545	194			
R^2	0.048				

Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (v_{TR}) değerlerindeki değişimi Şekil 4.58’de gösterilmiştir.



Şekil 4.58. Kızılçam odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (v_{TR}) değerlerindeki değişimi

Kızılçam odununun TR düzleminde kontrol örneklerine poisson oranı değerlerinde; 120°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %0.64, %4.07, %3.71 oranında artış görülmüştür. 150°C sıcaklık grubunda 2 saat işlem süresinde %5.25 oranında artış görülürken, 5 ve 8 saat işlem süresinde sırasıyla %1.79, %0.67 oranında azalma görülmüştür. 180°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %3.38, %4.85, %13.57 oranında artış görülmüştür. 210°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %2.72, %13.29, %5.80 oranında artış görülmüştür. TR düzlemindeki poisson oranı değerlerinin varyasyon katsayıları %10.09 ile %14.40 arasında değişmektedir.

Kızılçam odununda LR (U_{LR}) düzlemindeki poisson oranları istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve uygulama süresinin poisson oranına (U_{LR}) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklığın poisson oranı değerlerine etkisinin varyans analizleri Çizelge 4.175' de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre poisson oranı (U_{LR}) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir (≤ 0.05). Kızılçam odununda poisson oranı ile sıcaklık arasında çok zayıf bir ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.127$).

Çizelge 4.175. Kızılçam odununda sıcaklık ve sürenin U_{TR} değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	3543.945	15	236.263	1.540	.097
Intercept	2033.209	1	2033.209	13.254	.000
Sıcaklık	763.554	3	254.518	1.659	.178
Süre	832.435	3	277.478	1.809	.148
Sıcaklık* Süre	1808.857	9	200.984	1.310	.235
Hata	24390.943	159	153.402		
Toplam	29995.844	175			
Düzeltilmiş Toplam	27934.887	174			
R^2	0.127				

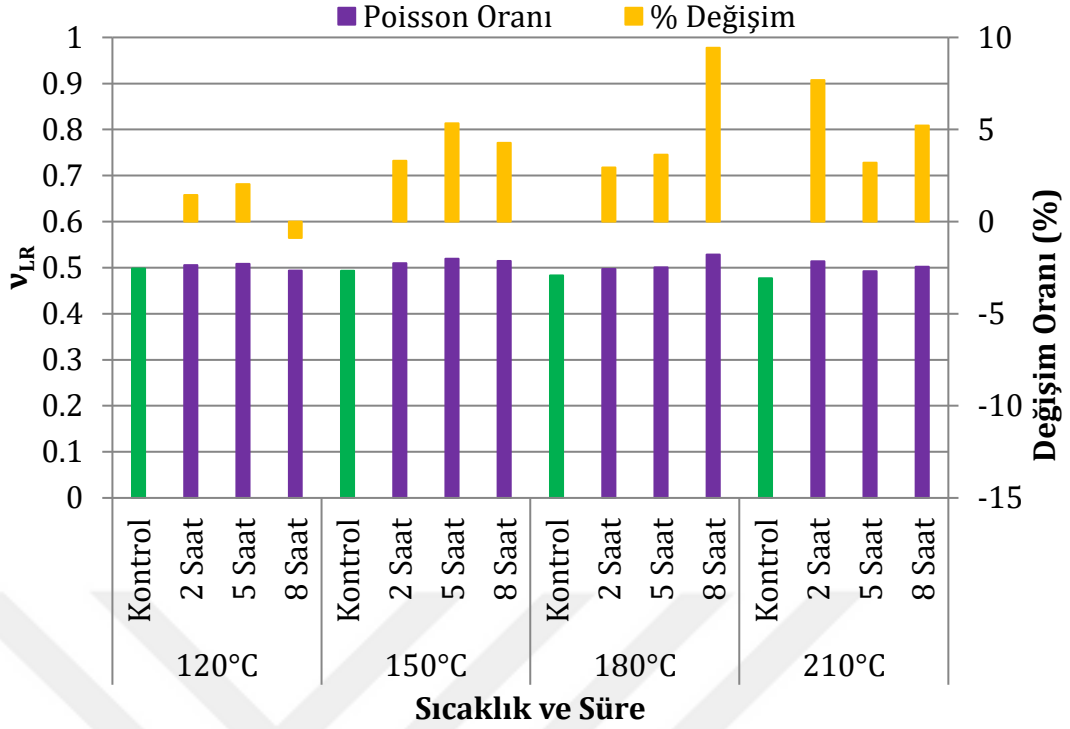
Meşe odununun poisson oranı değerlerinin ortalama ve varyasyon katsayıları (%) Çizelge 4.176' da gösterilmiştir.

Çizelge 4.176. Meşe odununun poisson oranı değerlerine ilişkin bulgular

Sıc. (°C)	Süre (Sa)		ULR	ULT	URL	URT	UTL	UTR	
120	0	\bar{x}	0.498	0.461	0.069	0.578	0.057	0.714	
		V[%]	(15.8)	(15.14)	(12.46)	(8.39)	(11.94)	(13.94)	
	2	\bar{x}	0.505	0.462	0.070	0.563	0.056	0.676	
		V[%]	(14.51)	(13.05)	(13.86)	(13.05)	(12.68)	(13.44)	
	5	\bar{x}	0.508	0.456	0.068	0.587	0.056	0.670	
		V[%]	(14.25)	(14.92)	(12.88)	(12.46)	(12.65)	(12.93)	
	8	\bar{x}	0.493	0.473	0.069	0.597	0.058	0.692	
		V[%]	(15.75)	(12.01)	(13.29)	(16.26)	(12.57)	(14.84)	
	150	0	\bar{x}	0.493	0.477	0.071	0.568	0.055	0.689
			V[%]	(13.72)	(10.67)	(11.33)	(12.30)	(12.64)	(11.89)
		2	\bar{x}	0.509	0.453	0.071	0.555	0.056	0.695
			V[%]	(12.05)	(12.18)	(14.05)	(13.08)	(13.39)	(9.57)
5		\bar{x}	0.519	0.481	0.071	0.569	0.056	0.693	
		V[%]	(14.03)	(14.03)	(13.37)	(11.99)	(12.05)	(13.50)	
8		\bar{x}	0.514	0.485	0.074	0.581	0.054	0.712	
		V[%]	(9.82)	(12.70)	(11.72)	(13.64)	(13.71)	(9.99)	
180		0	\bar{x}	0.480	0.463	0.070	0.564	0.058	0.704
			V[%]	(14.69)	(14.82)	(12.56)	(15.07)	(9.67)	(11.75)
		2	\bar{x}	0.497	0.471	0.072	0.587	0.059	0.716
			V[%]	(12.68)	(9.20)	(15.22)	(10.84)	(8.46)	(13.56)
	5	\bar{x}	0.500	0.473	0.073	0.597	0.061	0.709	
		V[%]	(14.86)	(14.30)	(14.78)	(14.62)	(12.07)	(12.91)	
	8	\bar{x}	0.528	0.490	0.073	0.605	0.063	0.693	
		V[%]	(15.46)	(10.77)	(10.49)	(9.21)	(10.80)	(11.37)	
	210	0	\bar{x}	0.477	0.489	0.072	0.573	0.057	0.686
			V[%]	(12.17)	(12.45)	(14.19)	(13.57)	(12.70)	(13.91)
		2	\bar{x}	0.513	0.493	0.074	0.583	0.059	0.692
			V[%]	(16.82)	(14.85)	(15.55)	(10.55)	(12.72)	(11.75)
5		\bar{x}	0.492	0.519	0.074	0.588	0.061	0.696	
		V[%]	(14.96)	(7.75)	(14.06)	(10.27)	(13.99)	(14.92)	
8		\bar{x}	0.501	0.512	0.075	0.606	0.062	0.688	
		V[%]	(15.92)	(8.76)	(12.75)	(9.83)	(10.45)	(14.54)	

V(%):Varyasyon katsayısı, \bar{x} :Ortalama, v:Poisson oranı

Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (u_{LR}) değerlerindeki değişimi Şekil 4.59'da gösterilmiştir.



Şekil 4.59. Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (V_{LR}) değerlerindeki değişimi

Meşe odununun LR düzleminde kontrol örneklerine poisson oranı değerlerinde; 120°C sıcaklık grubunda 2-5 saat işlem sürelerinde sırasıyla %1.43, %2.02 oranında artış meydana gelirken, 8 saat işlem süresinde %0.89 oranında azalma görülmüştür. 150°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %3.30, %5.34, %4.28 oranında artış görülmüştür. 180°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %2.94, %3.63, %9.43 oranında artış görülmüştür. 210°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %7.69, %3.20, %5.20 oranında artış görülmüştür. LR düzlemindeki poisson oranı değerlerinin varyasyon katsayıları %9.82 ile %16.82 arasında değişmektedir.

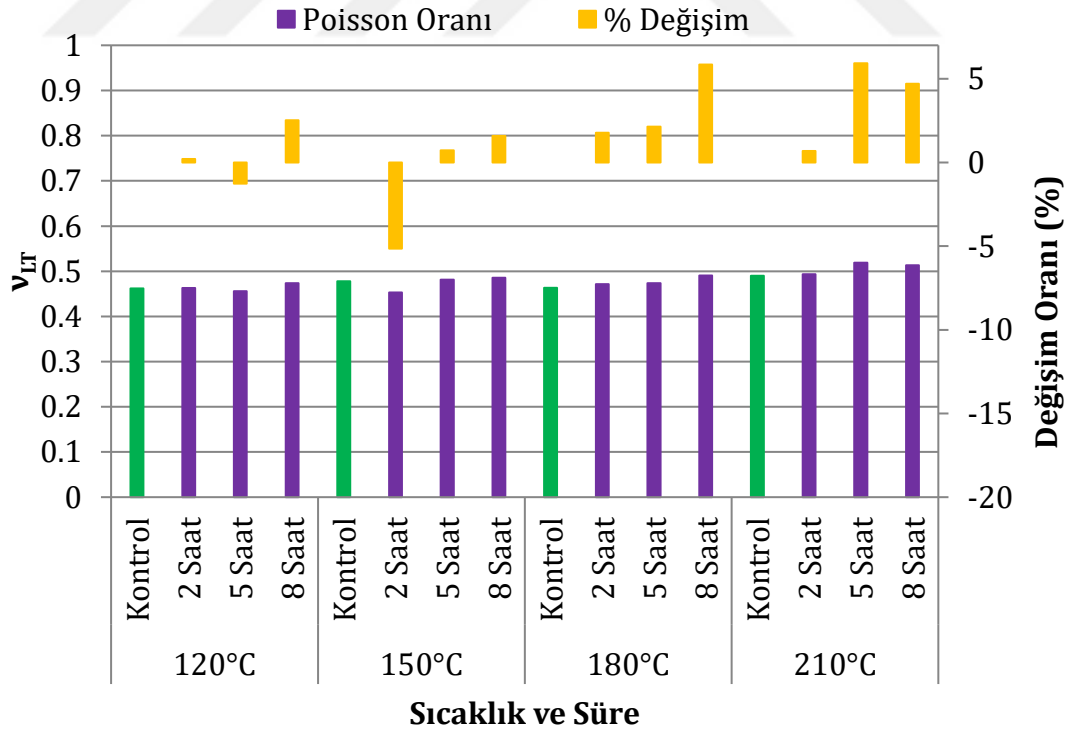
Meşe odununda LR (V_{LR}) düzlemindeki poisson oranları istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve uygulama süresinin poisson oranına (V_{LR}) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklığın poisson oranı değerlerine etkisinin varyans analizleri Çizelge 4.177' de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre poisson oranı (V_{LR}) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($0.949 > 0.05$). Meşe odununda LR düzleminde poisson oranı ile sıcaklık arasında

ilişki yoktur ($R^2:0.047$).

Çizelge 4.177. Meşe odununda sıcaklık ve sürenin v_{LR} değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	1345.930	15	89.729	.478	.949
Intercept	1424.827	1	1424.827	7.591	.007
Sıcaklık	307.512	3	102.504	.546	.652
Süre	493.607	3	164.536	.877	.455
Sıcaklık* Süre	521.094	9	57.899	.308	.971
Hata	27215.257	145	187.691		
Toplam	30025.453	161			
Düzeltilmiş Toplam	28561.188	160			
R^2	0.047				

Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (v_{LT}) değerlerindeki değişimi Şekil 4.60'da gösterilmiştir.



Şekil 4.60. Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (v_{LT}) değerlerindeki değişimi

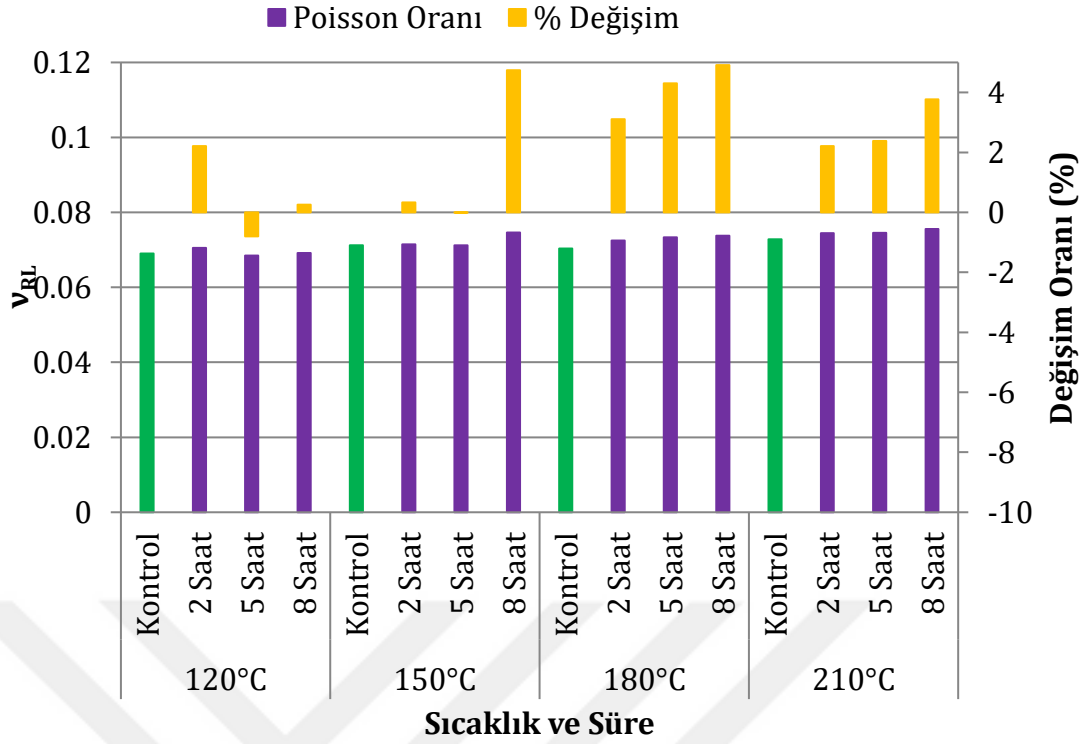
Meşe odununun LT düzleminde kontrol örneklerine göre poisson oranı değerlerinde; 120°C sıcaklık grubunda 2 saat işlem süresinde %0.21 artış, 5 saat işlem süresinde %1.25 azalma ve 8 saat işlem süresinde %2.52 oranında artış meydana gelmiştir. 150°C sıcaklık grubunda 2 saat işlem süresinde %5.14 oranında azalma görülürken, 5 ve 8 saat işlem süresinde sırasıyla %0.71, %1.58 oranında artış görülmüştür. 180°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %1.77, %2.13, %5.85 oranında artış görülmüştür. 210°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %0.69, %5.93, %4.69 oranında artış görülmüştür. LT düzlemindeki poisson oranı değerlerinin varyasyon katsayıları %8.76 ile %15.14 arasında değişmektedir.

Meşe odununda LT (U_{LT}) düzlemindeki poisson oranları istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve uygulama süresinin poisson oranına (U_{LT}) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklığın poisson oranı değerlerine etkisinin varyans analizleri Çizelge 4.178' de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre poisson oranı (U_{LT}) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($0.866 > 0.05$). Meşe odununda LT düzleminde poisson oranı ile sıcaklık arasında ilişki yoktur ($R^2:0.060$).

Çizelge 4.178. Meşe odununda sıcaklık ve sürenin U_{LT} değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	1174.208	15	78.281	.606	.866
Intercept	200.930	1	200.930	1.556	.214
Sıcaklık	291.177	3	97.059	.751	.523
Süre	518.935	3	172.978	1.339	.264
Sıcaklık* Süre	362.774	9	40.308	.312	.970
Hata	18471.086	143	129.168		
Toplam	19848.892	159			
Düzeltilmiş Toplam	19645.294	158			
R^2	0.060				

Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (U_{RL}) değerlerindeki değişimi Şekil 4.61'de gösterilmiştir.



Şekil 4.61. Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (v_{RL}) değerlerindeki değişimi

Meşe odununun RL düzleminde kontrol örneklerine göre poisson oranı değerlerinde; 120°C sıcaklık grubunda 2 saat işlem süresinde %2.21 artış, 5 saat işlem süresinde %0.79 oranında azalma, 8 saat işlem süresinde %0.25 oranında artış meydana gelmiştir. 150°C sıcaklık grubunda 2 saat işlem süresinde %0.33 artış, 5 saat işlem süresinde %0.08 oranında azalma, 8 saat işlem süresinde %4.74 oranında artış meydana gelmiştir. 180°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %3.10, %4.30, %4.90 oranında artış görülmüştür. 210°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %2.20, %2.37, %3.77 oranında artış görülmüştür. RL düzlemindeki poisson oranı değerlerinin varyasyon katsayıları %10.49 ile %15.55 arasında değişmektedir.

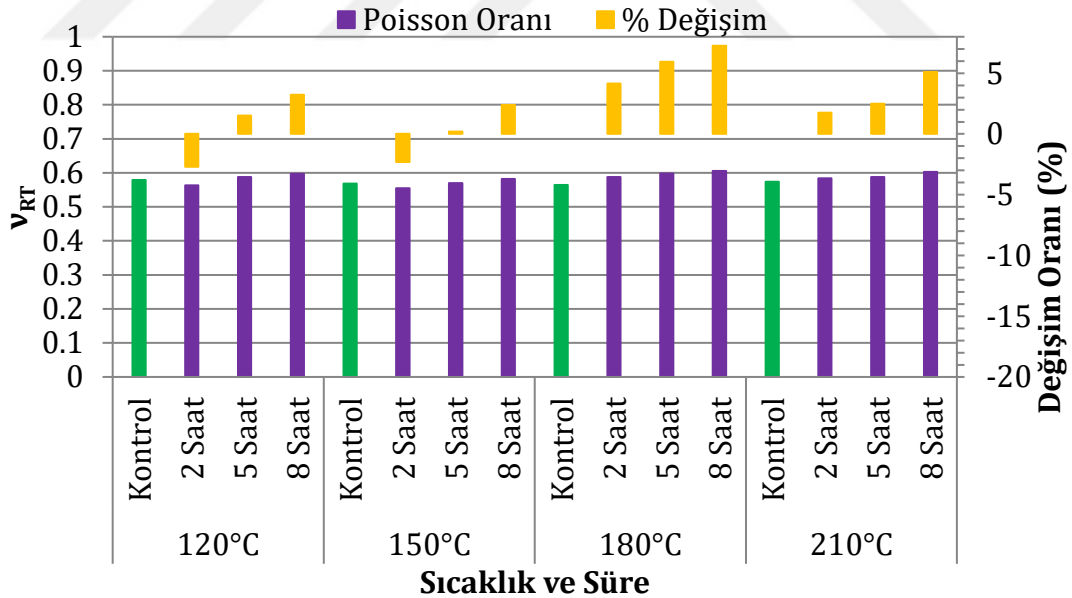
Meşe odununda RL (v_{RL}) düzlemindeki poisson oranları istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve uygulama süresinin poisson oranına (v_{RL}) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklığın poisson oranı değerlerine etkisinin varyans analizleri Çizelge 4.179' da gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre poisson oranı (v_{RL}) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($0.996 > 0.05$). Meşe odununda RL düzleminde poisson oranı ile sıcaklık arasında

ilişki yoktur ($R^2:0.025$).

Çizelge 4.179. Meşe odununda sıcaklık ve sürenin U_{RT} değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	691.496	15	46.100	.291	.996
Intercept	545.903	1	545.903	3.449	.065
Sıcaklık	183.501	3	61.167	.386	.763
Süre	282.090	3	94.030	.594	.620
Sıcaklık* Süre	221.446	9	24.605	.155	.998
Hata	27068.254	171	158.294		
Toplam	28333.851	187			
Düzeltilmiş Toplam	27759.750	186			
R^2	0.025				

Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (U_{RT}) değerlerindeki değişimi Şekil 4.62’de gösterilmiştir.



Şekil 4.62. Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (U_{RT}) değerlerindeki değişimi

Meşe odununun RT düzleminde kontrol örneklerine göre poisson oranı

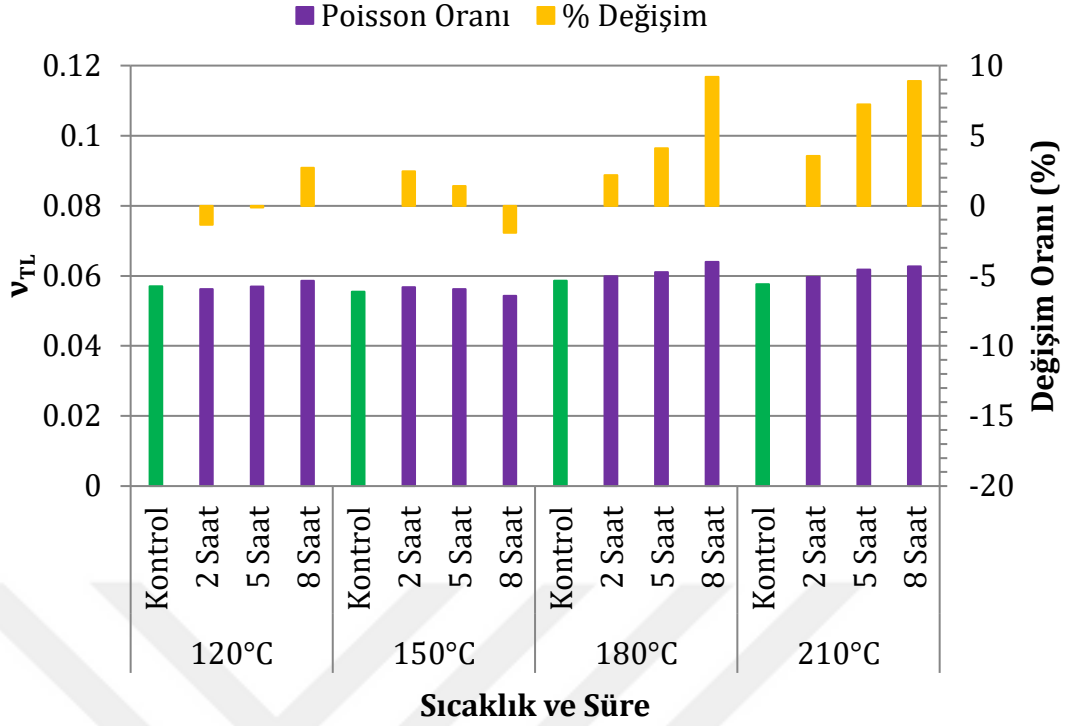
değerlerinde; 120°C sıcaklık grubunda 2 saat işlem süresinde %2.71 oranında azalma görülürken, 5 ve 8 saat işlem süresinde sırasıyla %1.50, %3.21 oranında artış görülmüştür. 150°C sıcaklık grubunda 2 saat işlem süresinde %2.31 oranında azalma görülürken, 5 ve 8 saat işlem süresinde sırasıyla %0.18, %2.38 oranında artış meydana gelmiştir. 180°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %4.14, %5.94, %7.26 oranında artış görülmüştür. 210°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %1.73, %2.49, %5.10 oranında artış görülmüştür. RT düzlemindeki poisson oranı değerlerinin varyasyon katsayıları %8.39 ile %16.26 arasında değişmektedir.

Meşe odununda RT (u_{RT}) düzlemindeki poisson oranları istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve uygulama süresinin poisson oranına (u_{RT}) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklığın poisson oranı değerlerine etkisinin varyans analizleri Çizelge 4.180'de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre poisson oranı (u_{RT}) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($0.865 > 0.05$). Meşe odununda RT düzleminde poisson oranı ile sıcaklık arasında ilişki yoktur ($R^2:0.059$).

Çizelge 4.180. Meşe odununda sıcaklık ve sürenin u_{RT} değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	1196.424	15	79.762	.607	.865
Intercept	526.111	1	526.111	4.006	.047
Sıcaklık	460.758	3	153.586	1.169	.324
Süre	543.908	3	181.303	1.380	.251
Sıcaklık* Süre	197.780	9	21.976	.167	.997
Hata	19044.089	145	131.339		
Toplam	20761.541	161			
Düzeltilmiş Toplam	20240.513	160			
R^2	0.059				

Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (u_{TL}) değerlerindeki değişimi Şekil 4.63'de gösterilmiştir.



Şekil 4.63. Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (v_{TL}) değerlerindeki değişimi

Meşe odununun TL düzleminde kontrol örneklerine göre poisson oranı değerlerinde; 120°C sıcaklık grubunda 2-5 saat işlem sürelerinde sırasıyla %1.36, %0.11 oranında azalma meydana gelirken, 8 saat işlem süresinde %2.71 oranında artış görülmüştür. 150°C sıcaklık grubunda 2 ve 5 saat işlem sürelerinde sırasıyla %2.46, %1.39 oranında artış görülürken, 8 saat işlem süresinde %1.92 oranında azalma görülmüştür. 180°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %2.17, %4.10, %9.18 oranında artış görülmüştür. 210°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %3.55, %7.22, %8.88 oranında artış görülmüştür. TL düzlemindeki poisson oranı değerlerinin varyasyon katsayıları %8.46 ile %13.99 arasında değişmektedir.

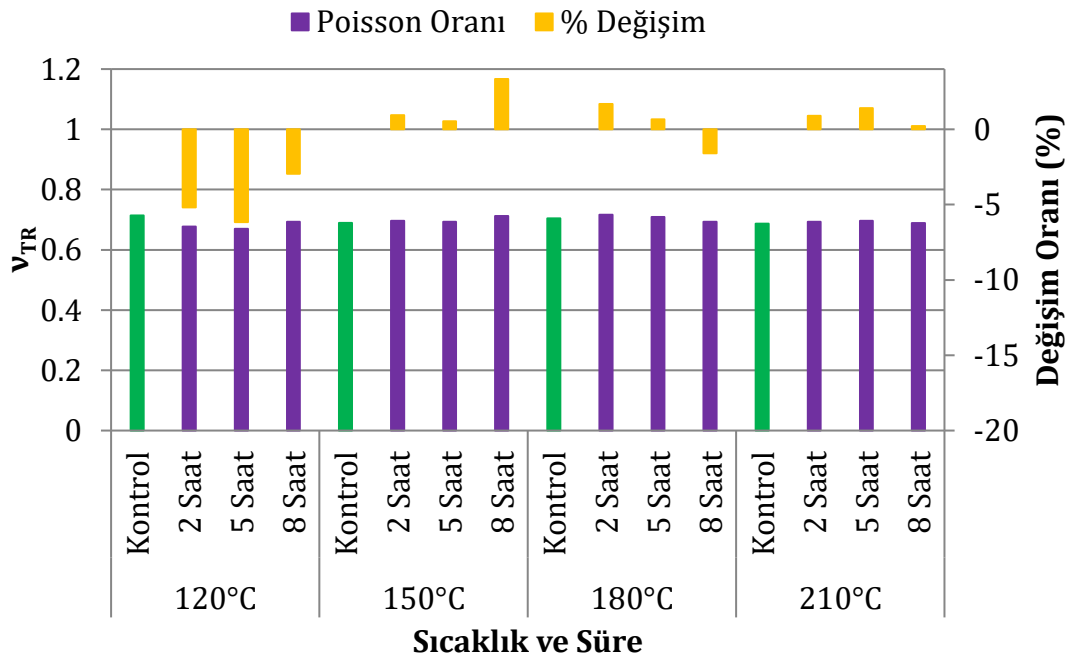
Meşe odununda TL (v_{TL}) düzlemindeki poisson oranları istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve uygulama süresinin poisson oranına (v_{TL}) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklığın poisson oranı değerlerine etkisinin varyans analizleri Çizelge 4.181' de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre poisson oranı (v_{TL}) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık görülmemiştir

(0.379>0.05). Meşe odununda TL düzleminde poisson oranı ile sıcaklık arasında ilişki yoktur. ($R^2:0.086$).

Çizelge 4.181. Meşe odununda sıcaklık ve sürenin v_{TL} değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	$P \leq 0.05$
Model	2099.021a	15	139.935	1.079	.379
Intercept	1062.541	1	1062.541	8.195	.005
Sıcaklık	763.133	3	254.378	1.962	.122
Süre	567.972	3	189.324	1.460	.227
Sıcaklık* Süre	726.299	9	80.700	.622	.777
Hata	22171.330	171	129.657		
Toplam	25345.906	187			
Düzeltilmiş Toplam	24270.351	186			
R^2	0.086				

Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (v_{TR}) değerlerindeki değişimi Şekil 4.64'de gösterilmiştir.



Şekil 4.64. Meşe odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (v_{TR}) değerlerindeki değişimi

Meşe odununun TR düzleminde kontrol örneklerine göre poisson oranı değerlerinde; 120°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %5.19, %6.15, %2.94 oranında azalma görülmüştür. 150°C sıcaklık 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %0.94, %0.53, %3.33 oranında artış görülmüştür. 180°C sıcaklık grubunda 2 ve 8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %1.68, %0.65 oranında artış meydana gelirken, 8 saat işlem süresinde %1.59 oranında azalma görülmüştür. 210°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %0.89, %1.41, %0.22 oranında artış görülmüştür. TR düzlemindeki poisson oranı değerlerinin varyasyon katsayıları %9.57 ile %14.92 arasında değişmektedir.

Meşe odununda TR (U_{TR}) düzlemindeki poisson oranları istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve uygulama süresinin poisson oranına (U_{TR}) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklığın poisson oranı değerlerine etkisinin varyans analizleri Çizelge 4.182' de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre poisson oranı (U_{TR}) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($0.960 > 0.05$). Meşe odununda TR düzleminde poisson oranı ile sıcaklık arasında ilişki yoktur ($R^2:0.045$).

Çizelge 4.182. Meşe odununda sıcaklık ve sürenin U_{TR} değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	$P \leq 0.05$
Model	920.510	15	61.367	.452	.960
Intercept	24.073	1	24.073	.177	.674
Sıcaklık	553.976	3	184.659	1.360	.258
Süre	16.887	3	5.629	.041	.989
Sıcaklık* Süre	334.209	9	37.134	.273	.981
Hata	19690.344	145	135.795		
Toplam	20634.672	161			
Düzeltilmiş Toplam	20610.854	160			
R^2	0.045				

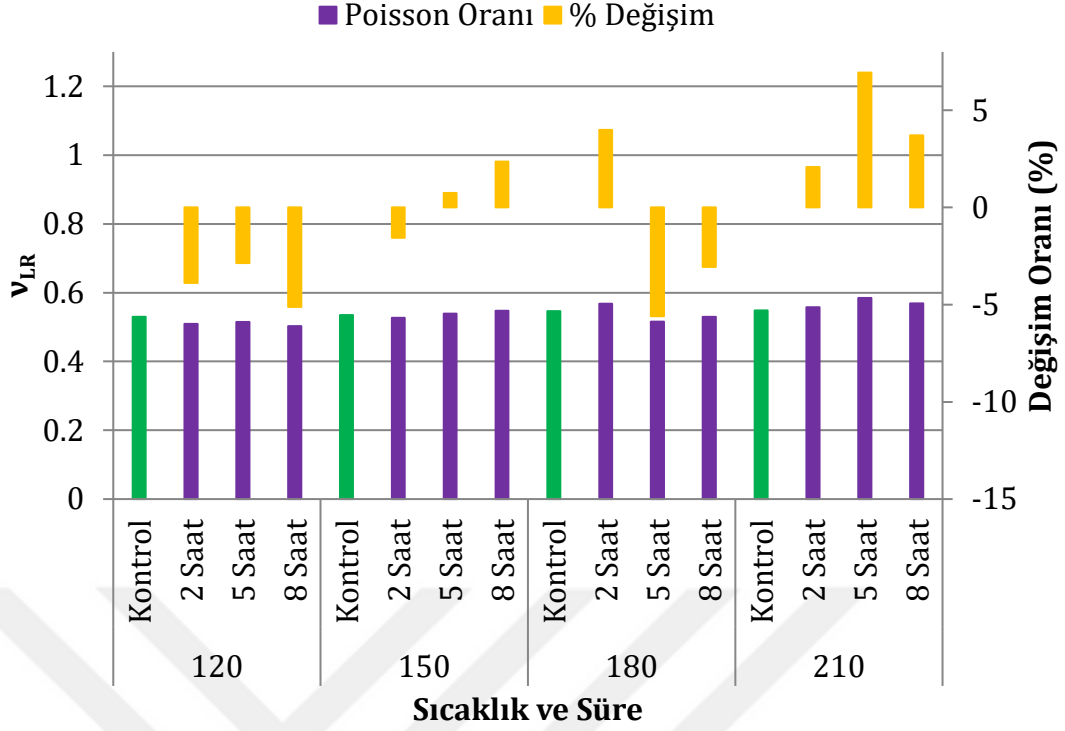
Kayın odununun poisson oranı değerlerinin ortalama ve varyasyon katsayıları (%) Çizelge 4.183' de gösterilmiştir.

Çizelge 4.183. Kayın odununun poisson oranı değerlerine ilişkin bulgular

Sıc (°C)	S (Sa)		ULR	ULT	URL	URT	UTL	UTR
120	0	\bar{x}	0.529	0.434	0.065	0.560	0.065	0.459
		V[%]	(10.47)	(11.81)	(12.35)	(13.84)	(11.98)	(11.97)
	2	\bar{x}	0.509	0.449	0.061	0.558	0.062	0.424
		V[%]	(11.23)	(13.09)	(13.35)	(11.60)	(13.02)	(13.68)
	5	\bar{x}	0.514	0.451	0.067	0.53	0.066	0.481
		V[%]	(12.69)	(12.59)	(7.88)	(10.53)	(7.77)	(11.45)
	8	\bar{x}	0.502	0.423	0.064	0.558	0.065	0.496
		V[%]	(12.21)	(12.34)	(10.31)	(14.06)	(10.03)	(12.24)
150	0	\bar{x}	0.534	0.442	0.065	0.580	0.066	0.464
		V[%]	(9.99)	(13.19)	(9.15)	(11.78)	(10.96)	(10.10)
	2	\bar{x}	0.526	0.460	0.066	0.560	0.067	0.482
		V[%]	(12.72)	(13.26)	(10.52)	(12.18)	(8.99)	(11.96)
	5	\bar{x}	0.538	0.494	0.061	0.555	0.060	0.482
		V[%]	(12.26)	(13.83)	(8.39)	(12.11)	(8.09)	(13.44)
	8	\bar{x}	0.547	0.459	0.064	0.496	0.062	0.466
		V[%]	(12.83)	(10.00)	(12.43)	(11.99)	(13.46)	(13.56)
180	0	\bar{x}	0.546	0.479	0.064	0.555	0.063	0.474
		V[%]	(10.27)	(7.95)	(9.58)	(12.15)	(7.64)	(12.30)
	2	\bar{x}	0.568	0.463	0.062	0.573	0.061	0.499
		V[%]	(13.46)	(8.76)	(7.90)	(12.29)	(11.24)	(14.34)
	5	\bar{x}	0.515	0.487	0.064	0.547	0.064	0.465
		V[%]	(12.73)	(8.01)	(12.41)	(12.96)	(11.56)	(11.49)
	8	\bar{x}	0.529	0.450	0.066	0.573	0.063	0.456
		V[%]	(13.49)	(11.39)	(9.97)	(12.65)	(10.66)	(12.81)
210	0	\bar{x}	0.548	0.442	0.063	0.567	0.062	0.465
		V[%]	(14.11)	(13.36)	(13.48)	(12.39)	(12.48)	(12.64)
	2	\bar{x}	0.557	0.422	0.065	0.588	0.064	0.496
		V[%]	(13.82)	(12.70)	(9.26)	(13.45)	(7.13)	(12.63)
	5	\bar{x}	0.584	0.465	0.065	0.594	0.065	0.502
		V[%]	(8.92)	(12.63)	(11.03)	(9.95)	(8.19)	(13.21)
	8	\bar{x}	0.568	0.487	0.069	0.566	0.069	0.497
		V[%]	(13.64)	(10.79)	(9.16)	(9.40)	(9.48)	(13.53)

V(%):Varyasyon katsayısı, \bar{x} :Ortalama, u:Poisson oranı

Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (ULR) değerlerindeki değişimi Şekil 4.65'de gösterilmiştir.



Şekil 4.65. Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (V_{LR}) değerlerindeki değişimi

Kayın odununun LR düzleminde kontrol örneklerine göre poisson oranı değerlerinde; 120°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %3.88, %2.89, %5.12 oranında azalma görülmüştür. 150°C sıcaklık grubunda 2 saat işlem süresinde %1.55 oranında azalma görülürken, 5 ve 8 saat işlem süresinde sırasıyla %0.74, %2.34 oranında artış meydana gelmiştir. 180°C sıcaklık grubunda 2 saat işlem süresinde %3.98 oranında artış görülürken, 5 ve 8 saat işlem süresinde sırasıyla %5.59, %3.06 oranında azalma meydana gelmiştir. 210°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %2.07, %6.92, %3.70 oranında artış görülmüştür. LR düzlemindeki poisson oranı değerlerinin varyasyon katsayıları %2.92 ile %14.11 arasında değişmektedir.

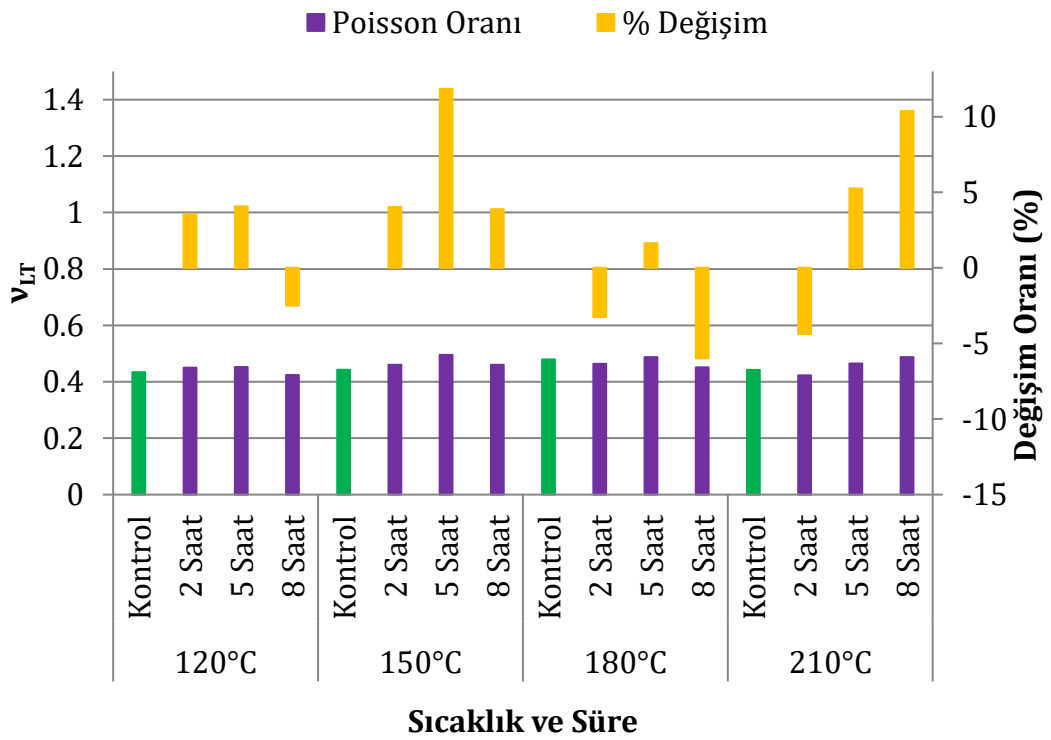
Kayın odununda LR (V_{LR}) düzlemindeki poisson oranları istatistiksel olarak değerlendirilerek sıcaklık ve uygulama süresinin poisson oranına (V_{LR}) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklığın poisson oranı değerlerine etkisinin varyans analizleri Çizelge 4.184' de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre poisson oranı (V_{LR}) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu

görülmektedir (≤ 0.05). Kayın odununda poisson oranı ile sıcaklık arasında çok zayıf bir ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.152$).

Çizelge 4.184. Kayın odununda sıcaklık ve sürenin v_{LT} değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	$P \leq 0.05$
Model	2044.835	15	136.322	1.046	.412
Intercept	3.665	1	3.665	.028	.867
Sıcaklık	940.262	3	313.421	2.404	.069
Süre	12.039	3	4.013	.031	.993
Sıcaklık* Süre	1106.663	9	122.963	.943	.489
Hata	21773.167	167	130.378		
Toplam	23818.662	183			
Düzeltilmiş Toplam	23818.002	182			
R^2	0.086				

Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (v_{LT}) değerlerindeki değişimi Şekil 4.66'da gösterilmiştir.



Şekil 4.66. Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (v_{LT}) değerlerindeki değişimi

Kayın odununun LT düzleminde kontrol örneklerine göre poisson oranı değerlerinde; 120°C sıcaklık grubunda 2-5 saat işlem sürelerinde sırasıyla %3.54, %4.06 oranında artış görülürken, 8 saat işlem süresinde %2.48 oranında azalma meydana gelmiştir. 150°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %4.02, %11.84, %3.87 oranında artış görülmüştür. 180°C sıcaklık grubunda 2 saat işlem süresinde %3.25 oranında azalma, 5 saat işlem süresinde %1.63 oranında artış, 8 saat işlem süresinde de %5.98 oranında azalma meydana gelmiştir. 210°C sıcaklık grubunda 2saat işlem süresinde %4.37 oranında azalma meydana gelirken, 5 ve 8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %5.27, %10.38 oranında artış görülmüştür. LT düzlemindeki poisson oranı değerlerinin varyasyon katsayıları %7.95 ile %13.83 arasında değişmektedir.

Kayın odununda LT (v_{LT}) düzlemindeki poisson oranları istatistiksel olarak değerlendirilerek sıcaklık ve uygulama süresinin poisson oranına (v_{LT}) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklığın poisson oranına etkisinin varyans analizleri Çizelge 4.185’de gösterilmiştir. Varyans analizine göre poisson oranı (v_{LT}) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir (≤ 0.05). Kayın odununda poisson oranı ile sıcaklık arasında çok zayıf bir ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.173$). DUNCAN testi sonuçlarına göre LT düzlemindeki poisson oranları sıcaklığa ve süreye göre iki grup oluşmuştur (Çizelge 4.186).

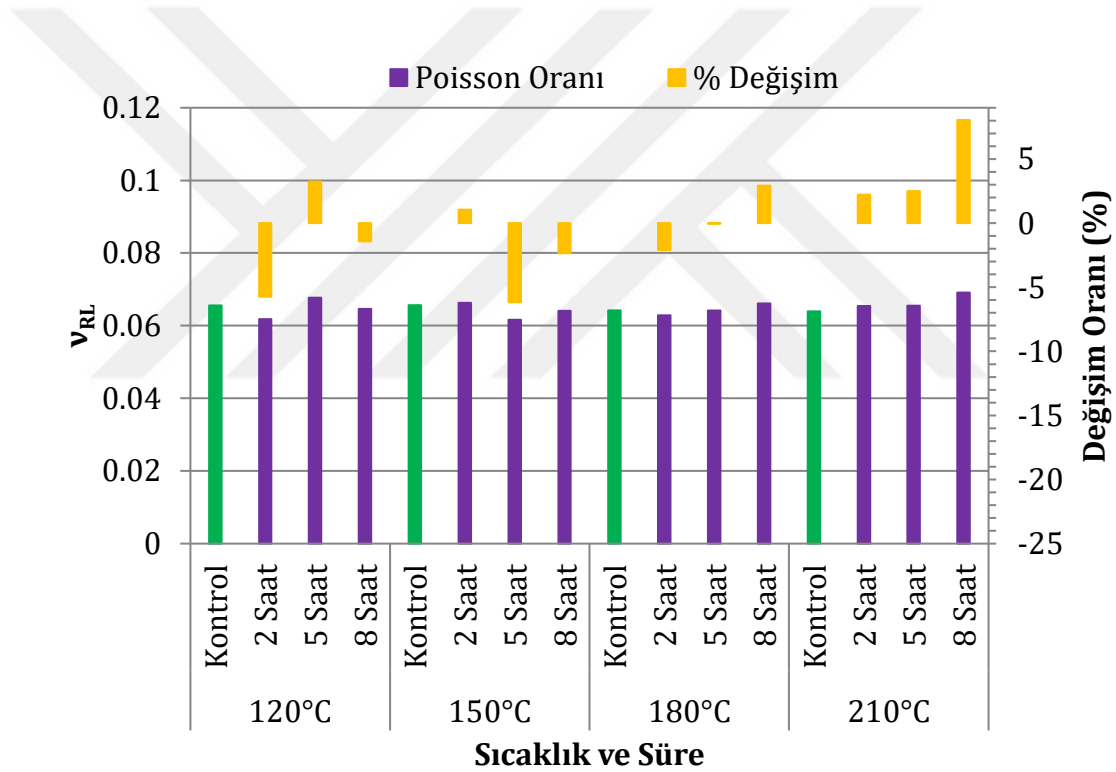
Çizelge 4.185. Kayın odununda sıcaklık ve sürenin v_{LT} değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	$P \leq 0.05$
Model	4053.066	15	270.204	2.282	.006
Intercept	567.486	1	567.486	4.794	.030
Sıcaklık	1191.493	3	397.164	3.355	.020
Süre	977.103	3	325.701	2.751	.044
Sıcaklık* Süre	1854.503	9	206.056	1.741	.084
Hata	19414.809	164	118.383		
Toplam	23892.130	180			
Düzeltilmiş Toplam	23467.875	179			
R^2	0.173				

Çizelge 4.186. Kayın odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin χ^2 poisson oranı Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar		Süre (saat)	Gruplar	
	1	2		1	2
210	2.58	2.58	8	0.91	
180	-1.96		5		5.53
150		4.93	2	-0.30	
120	1.25	1.25	0	0.00	
Sig.	0.06	0.13	Sig.	0.61	1.00

Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (χ^2) değerlerindeki değişimi Şekil 4.67'de gösterilmiştir.



Şekil 4.67. Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (χ^2) değerlerindeki değişimi

Kayın odununun RL düzleminde kontrol örneklerine göre poisson oranı değerlerinde; 120°C sıcaklık grubunda 2 saat işlem süresinde %5.75 oranında azalma, 5 saat işlem süresinde %3.23 oranında artış, 8 saat işlem süresinde %1.42 azalma meydana gelmiştir. 150°C sıcaklık grubunda 2 saat işlem süresinde %1.03 oranında artış görülürken, 5 ve 8 saat işlem süresinde sırasıyla

%6.16, %2.35 oranında azalma görülmüştür. 180°C sıcaklık grubunda 2 ve 5 saat işlem süresinde sırasıyla %2.10, %0.05 oranında azalma görülürken, 8 saat işlem süresinde %2.92 oranında artış görülmüştür. 210°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %2.23, %2.49, %8.05 oranında artış görülmüştür. RL düzlemindeki poisson oranı değerlerinin varyasyon katsayıları %7.88 ile %13.48 arasında değişmektedir.

Kayın odununda RL (ν_{RL}) düzlemindeki poisson oranları istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve uygulama süresinin poisson oranına (ν_{RL}) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklığın poisson oranı değerlerine etkisinin varyans analizleri Çizelge 4.187’de gösterilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre poisson oranı (ν_{RL}) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir (≤ 0.05). Kayın odununda poisson oranı ile sıcaklık arasında çok zayıf bir ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.113$).

DUNCAN testi sonuçlarına göre RL düzlemindeki poisson oranları sıcaklığa göre iki grup oluşurken, süreye göre tek grupta toplanmıştır (Çizelge 4.188).

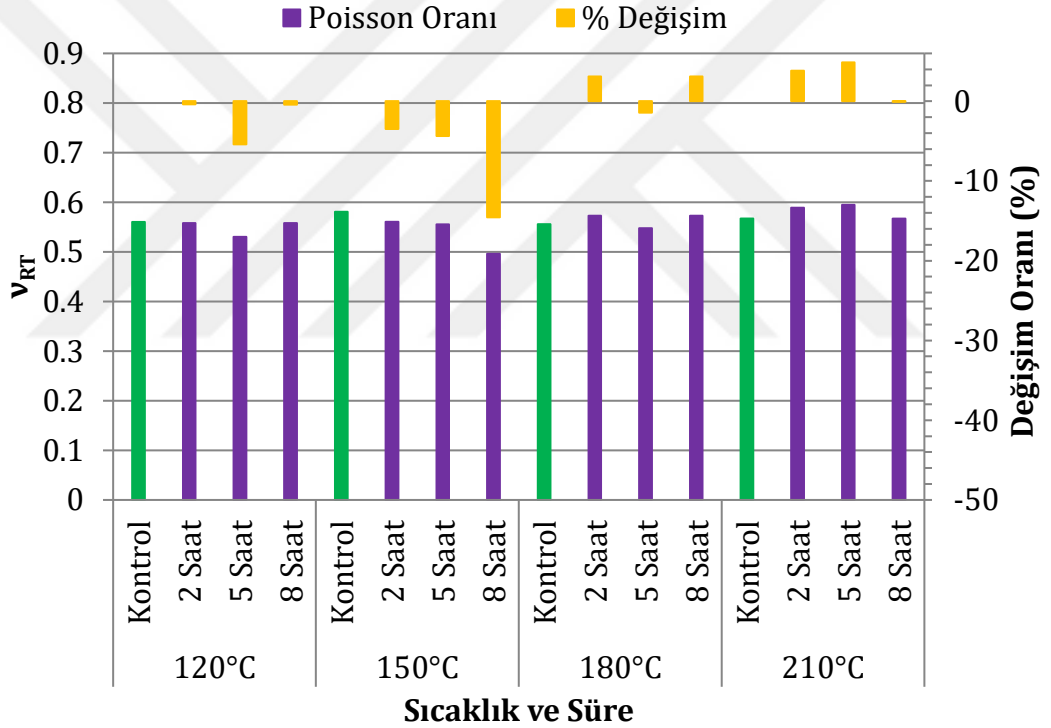
Çizelge 4.187. Kayın odununda sıcaklık ve sürenin ν_{RL} değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	$P \leq 0.05$
Model	2129.539	15	141.969	1.677	.058
Intercept	3.698	1	3.698	.044	.835
Sıcaklık	729.865	3	243.288	2.873	.037
Süre	228.572	3	76.191	.900	.442
Sıcaklık* Süre	1323.442	9	147.049	1.737	.083
Hata	16680.340	197	84.672		
Toplam	18813.153	213			
Düzeltilmiş Toplam	18809.879	212			
R^2	0.113				

Çizelge 4.188. Kayın odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin v_{RT} poisson oranı Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar		Süre (saat)	Gruplar 1
	1	2		
210		2.90	8	1.65
180	0.18	0.18	5	0.12
150	-1.63		2	-1.18
120	-0.87		0	0.00
Sig.	0.34	0.13	Sig.	0.15

Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (v_{RT}) değerlerindeki değişimi Şekil 4.68'de gösterilmiştir.



Şekil 4.68. Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (v_{RT}) değerlerindeki değişimi

Kayın odununun RT düzleminde kontrol örneklerine göre poisson oranı değerlerinde; 120°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %0.37, %5.39, %0.40 oranında azalma görülmüştür. 150°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %3.46, %4.35, %14.50 oranında azalma görülmüştür. 180°C sıcaklık grubunda 2 saat işlem süresinde %3.10 oranında artış, 5 saat işlem süresinde %1.43 oranında azalma ve 8 saat işlem süresinde

%3.09 oranında artış meydana gelmiştir. 210°C sıcaklık grubunda 2-5 saat işlem sürelerinde sırasıyla %3.82, %4.89 oranında artış meydana gelirken, 8 saat işlem süresinde %0.05 oranında azalma görülmüştür. RT düzlemindeki poisson oranının varyasyon katsayıları %9.40 ile %14.06 arasında değişmektedir.

Kayın odununda RT (ν_{RT}) düzlemindeki poisson oranları istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve uygulama süresinin poisson oranına (ν_{RT}) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklığın poisson oranı değerlerine etkisinin varyans analizleri Çizelge 4.189' da gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre poisson oranı (ν_{RT}) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir (≤ 0.05). DUNCAN testi sonuçlarına göre RT düzlemindeki poisson oranları sıcaklığa göre iki grup oluşurken, süreye göre tek grupta toplanmıştır (Çizelge 4.190).

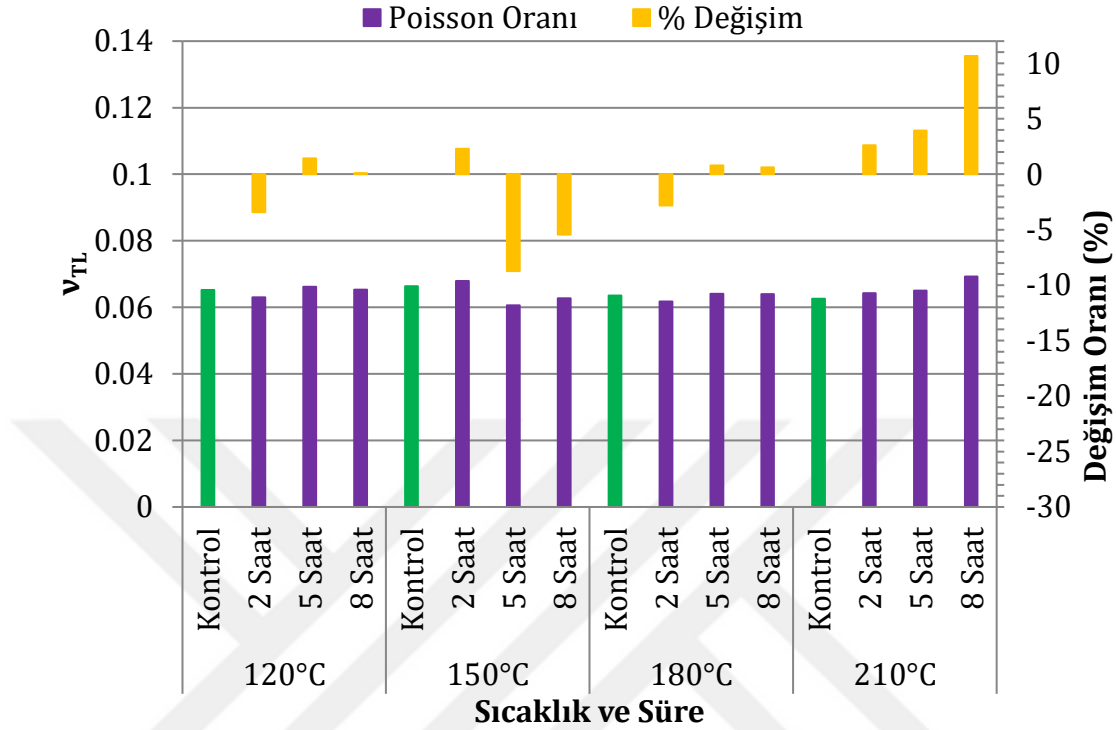
Çizelge 4.189. Kayın odununda sıcaklık ve sürenin ν_{RT} değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P \leq 0.05
Model	3481.215	15	232.081	1.982	.019
Intercept	158.948	1	158.948	1.358	.246
Sıcaklık	1609.502	3	536.501	4.582	.004
Süre	371.028	3	123.676	1.056	.369
Sıcaklık* Süre	1555.166	9	172.796	1.476	.161
Hata	19083.798	163	117.079		
Toplam	22740.051	179			
Düzeltilmiş Toplam	22565.013	178			
R ²	0.154				

Çizelge 4.190. Kayın odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin ν_{RT} poisson oranı Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar		Süre (saat)	Gruplar 1
	1	2		
210		2.01	8	-2.84
180		1.17	5	-1.76
150	-5.56		2	0.73
120	-1.58	-1.58	0	0.00
Sig.	0.08	0.14	Sig.	0.15

Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (v_{TL}) değerlerindeki değişimi Şekil 4.69'da gösterilmiştir.



Şekil 4.69. Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (v_{TL}) değerlerindeki değişimi

Kayın odununun TL düzleminde kontrol örneklerine göre poisson oranı değerlerinde; 120°C sıcaklık grubunda 2 saat işlem süresinde %3.42 oranında azalma görülürken, 5 ve 8 saat işlem süresinde sırasıyla %1.42, %0.10 oranında artış görülmüştür. 150°C sıcaklık grubunda 2 saat işlem süresinde %2.29 oranında artış görülürken, 5 ve 8 saat işlem süresinde sırasıyla %8.73, %5.44 oranında azalma görülmüştür. 180°C sıcaklık grubunda 2 saat işlem süresinde %2.81 oranında azalma görülürken, 5 ve 8 saat işlem süresinde sırasıyla %0.80, %0.62 oranında artış görülmüştür. 210°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %2.59, %3.95, %10.64 oranında artış görülmüştür. TL düzlemindeki poisson oranı değerlerinin varyasyon katsayıları %7.13 ile %13.46 arasında değişmektedir.

Kayın odununda TL (v_{TL}) düzlemindeki poisson oranları istatistiksel değerlendirilerek sıcaklık ve uygulama süresinin poisson oranına (v_{TL}) etkisi

araştırılmıştır. Sıcaklığın poisson oranı değerlerine etkisinin varyans analizleri Çizelge 4.191'de gösterilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre poisson oranı (ν_{TL}) değerlerinde 0.05 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir (≤ 0.05). Kayın odununda poisson oranı ile sıcaklık arasında çok zayıf bir ilişki olduğu görülmektedir ($R^2:0.167$).

DUNCAN testi sonuçlarına göre TL düzlemindeki poisson oranları sıcaklığa göre iki grup oluşurken, süreye göre tek grupta toplanmıştır (Çizelge 4.192).

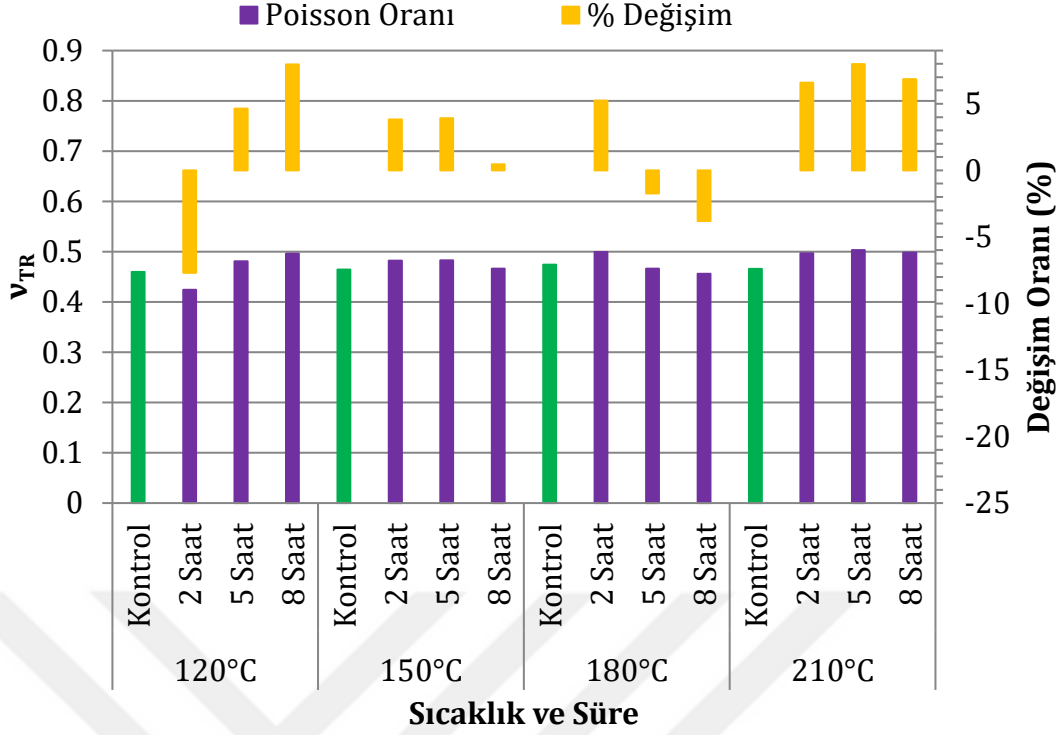
Çizelge 4.191. Kayın odununda sıcaklık ve sürenin ν_{TL} değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	$P \leq 0.05$
Model	3187.746	15	212.516	2.570	.002
Intercept	3.345	1	3.345	.040	.841
Sıcaklık	1375.974	3	458.658	5.548	.001
Süre	132.601	3	44.200	.535	.659
Sıcaklık* Süre	1850.308	9	205.590	2.487	.010
Hata	15956.400	193	82.676		
Toplam	19145.538	209			
Düzeltilmiş Toplam	19144.147	208			
R^2	0.167				

Çizelge 4.192. Kayın odununda gruplar arasında sıcaklık ve süre etkisinin ν_{TL} Poisson oranı Duncan testi

Sıcaklık (°C)	Gruplar		Süre (saat)	Gruplar	
	1	2		1	
210		4.04	8	1.26	
180	-0.42		5	-0.41	
150	-2.80		2	-0.41	
120	-0.39		0	0.00	
Sig.	0.20	1.00	Sig.	0.397	

Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (ν_{TR}) değerlerindeki değişimi Şekil 4.70'de gösterilmiştir.



Şekil 4.70. Kayın odununda sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerin, kontrol örneklerine göre poisson oranı (v_{TR}) değerlerindeki değişimi

Kayın odununun TR düzleminde kontrol örneklerine göre poisson oranı değerlerinde; 120°C sıcaklık grubunda 2 saat işlem süresinde %7.69 oranında azalma görülürken, 5 ve 8 saat işlem süresinde sırasıyla %4.62, %7.95 oranında artış görülmüştür. 150°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %3.82, %3.91, %0.45 oranında artış görülmüştür. 180°C sıcaklık grubunda 2 saat işlem süresinde %5.24 oranında artış görülürken, 5 ve 8 saat işlem süresinde sırasıyla %1.72, %3.80 oranında azalma meydana gelmiştir. 210°C sıcaklık grubunda 2-5-8 saat işlem sürelerinde sırasıyla %6.59, %7.97, %6.85 oranında artış görülmüştür. TR düzlemindeki poisson oranı değerlerinin varyasyon katsayıları %10.10 ile %14.34 arasında değişmektedir.

Kayın odununda TR (v_{TR}) düzlemindeki poisson oranları istatistiksel olarak değerlendirilerek sıcaklık ve uygulama süresinin poisson oranına (v_{TR}) etkisi araştırılmıştır. Sıcaklığın poisson oranı değerlerine etkisinin varyans analizleri Çizelge 4.193' de gösterilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre poisson oranı (v_{TR}) değerlerinde 0.05 güven

düzeyinde anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($0.087 > 0.05$). Kayın odununda TR düzleminde poisson oranı ile sıcaklık arasında ilişki yoktur ($R^2:0.124$).

Çizelge 4.193. Kayın odununda sıcaklık ve sürenin v_{TR} değerine etkisinin varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	$P \leq 0.05$
Model	3388.891	15	225.926	1.571	.087
Intercept	821.057	1	821.057	5.708	.018
Sıcaklık	777.076	3	259.025	1.801	.149
Süre	336.915	3	112.305	.781	.506
Sıcaklık* Süre	2298.466	9	255.385	1.775	.076
Hata	23879.763	166	143.854		
Toplam	28094.895	182			
Düzeltilmiş Toplam	27268.654	181			
R^2	0.124				

Poisson oranı genel olarak anatomik farklılıklardan ve rutubet seviyelerinden etkilenmektedir (Ross, 2010). Bu çalışmada uygulanan sıcaklık ile Poisson oranlarında küçük bir değişim olduğu görülmekle birlikte bu değişim rutubet miktarının ve yoğunlukların değişmesinden kaynaklanıyor olabilir. Ayrıca sıcaklık uygulanmış ahşap malzemenin daha kırılgan olduğu (brittle) bilinmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada ağaç malzemenin mekanik özelliklerini etkileyen önemli çevresel faktörlerden olan rutubet ve sıcaklığın bazı ortotropik mekanik özelliklere etkisi araştırılmıştır. Ağaç türü olarak Toros sediri (*Cedrus libani* A.Rich.), kızılçam (*Pinus brutia* Ten.), sapsız meşe (*Quercus Petraea* Lieble) ve Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) seçilmiştir. Rutubet etkisinde her ağaç türü için dört farklı bağıl nemde (%50, 65, 85 ve 95) deney örnekleri iklimlendirilmiş ve basma testleriyle Young modülü, basma direnci ve Poisson oranları hesaplanmıştır. Sıcaklığın etkisinde, dört farklı sıcaklık (120, 150, 180 ve 210°C) ve üç farklı sürede (2, 5 ve 8 saat) sıcaklığa maruz bırakılan örnekler %65 bağıl nem ve 20°C sıcaklıkta iklimlendirildikten sonra (8-10 hafta) eğilme testleriyle eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü, basma testleriyle de basma direnci Young modülü ve Poisson oranları hesaplanmıştır. Her sıcaklık grubunun işlem yapılmamış kontrol gruplarına göre yüzde değişimleri hesaplanmıştır.

Rutubet miktarının tüm ortotropik yönlerde (L,R,T) basma direncine önemli ölçüde etki ettiği görülmüştür. Sedir odununda basma direnci lif yönünde %43.10, radyal yönde %27.26, teğet yönde %35.41 oranında azalmıştır. Kızılçam odununda lif yönünde %39.71, radyal yönde %40.11, teğet yönde %49.20 oranında azalmıştır. Meşe odununda lif yönünde %28.81, radyal yönde %32.96, teğet yönde %30.20 oranında azalmıştır. Kayın odununda ise lif yönünde %37.35, radyal yönde %33.83, teğet yönde %29,04 oranında basma direncinin azaldığı görülmüştür. Lif yönünde en fazla azalma sedir odununda, radyal ve teğet yönde kızılçam odununda görülmüştür. Lif yönündeki en yüksek basma direnci kayın odununda (54.13 MPa), en düşük basma direnci meşe odununda (35.57 MPa) hesaplanmıştır. Genellikle radyal ve teğet yöndeki basma dirençleri rutubetten daha fazla etkilenmiştir. Yapılan varyans analizlerine göre rutubet miktarı ile basma direnci arasında doğrusala yakın bir ilişki görülmüştür.

Elastik özelliklerden Young modülü değerleri de rutubet miktarından etkilenmiştir. Rutubet miktarının artmasıyla Young modülü değerleri ciddi

oranda azalmıştır. En düşük Young modülü değerleri tüm ortotropik yönlerde LDN'na yakın rutubet seviyelerinde hesaplanmıştır. Bütün türlerde en yüksek Young modülü değerleri %50 bağıl nem seviyelerinde görülmüştür. Young modülü değerleri sedir odununda L yönünde %14.93, R yönünde 37.60, T yönünde % 38.95, kızılçam odununda L yönünde %19.17, R yönünde %39.26, T yönünde %38.08 azalmıştır. Meşe odununda Young modülü değerleri L yönünde %39.60, R yönünde 43.42, T yönünde %42.70 azalırken kayın odununda L yönünde %28.07, R yönünde %43.18 ve T yönünde %31.72 oranında azaldığı görülmüştür. Radyal ve teğet yönlerindeki Young modülü değerleri Lif yönüyle kıyaslandığında rutubetten daha fazla etkilenmiştir. Lif yönündeki en yüksek Young modülü değeri kayın odununda (14091 MPa) en düşük Young modülü değeri de sedir odununda (7865 MPa) hesaplanmıştır. Varyans analizi sonuçlarına göre rutubet miktarı ile Young modülü değerleri arasında doğrusala yakın bir ilişki olduğu görülmüştür.

Poisson oranı değerleri genel olarak rutubetten etkilenmiştir. En düşük Poisson oranları RL ve TL düzlemlerinde hesaplanmıştır. LR düzlemindeki Poisson oranları (ν_{LR}) %50 bağıl nem seviyesinden %95 bağıl rutubet seviyesine doğru sedir odununda %35.68, kızılçam odununda %41.66, meşe odununda %41.98 ve kayın odununda % 21.23 oranında değişmiştir. LT düzlemindeki Poisson oranı değerleri sedir odununda %26.60, kızılçam odununda %55.86, meşe odunda %48.85 ve kayın odununda %11.69 oranında değişmiştir. RL düzlemindeki Poisson oranı (ν_{RL}) değerleri sedir odununda %23.30, kızılçam odununda %58.82, meşe odunda %31.35 ve kayın odununda %16.45 oranında değişmiştir. RT düzlemindeki Poisson oranı değerleri sedir odununda %12.55, kızılçam odununda %15.55, meşe odununda %29.10 ve kayın odununda %12.82 oranında değişmiştir. TL düzlemindeki Poisson oranı (ν_{TL}) değerleri sedir odununda %44.61, kızılçam odununda %48.54, meşe odununda %25.50 ve kayın odunda %28.57 oranında değişmiştir. TR düzlemindeki Poisson oranı değerleri ise sedir odununda %18.13, kızılçam odununda 47.27, meşe odununda %52.03 ve kayın odununda %17.89 oranında değişmiştir. Genel olarak rutubet miktarı artarken Poisson oranı değerleri de artmıştır. Fakat kayın odununun LT düzlemindeki Poisson oranı değeri rutubetten etkilenmemiştir.

Çizelge 5. 1. Rutubete bağlı ortotropik mekanik özellikler

Ağaç Türü	RH[%]	Basma Direnci (MPa)			Young Modülü (MPa)			Poisson Oranları(-)					
		L	R	T	L	R	T	ULR	ULT	URL	URT	UTL	UTR
SEDİR	50	45.79	9.83	6.89	7856.53	1297.53	716.00	0.465	0.560	0.079	0.557	0.072	0.677
	65	41.32	9.21	6.18	7496.36	974.63	663.50	0.555	0.599	0.072	0.597	0.082	0.771
	85	35.79	7.86	5.19	6831.50	850.40	490.83	0.643	0.741	0.095	0.636	0.098	0.790
	95	31.02	7.15	4.45	6683.53	809.56	437.06	0.723	0.763	0.103	0.637	0.130	0.827
KIZILÇAM	50	38.42	8.70	7.58	9131.33	1114.03	649.30	0.378	0.435	0.07	0.657	0.053	0.358
	65	33.14	8.25	6.71	8650.73	916.80	623.90	0.481	0.496	0.08	0.665	0.077	0.372
	85	24.42	5.83	4.67	7731.03	765.93	431.67	0.529	0.576	0.09	0.749	0.084	0.435
	95	21.16	5.21	3.85	7380.53	676.57	402.00	0.648	0.678	0.17	0.78	0.103	0.679
MEŞE	50	35.57	14.32	10.23	8305.53	2001.47	1249.20	0.362	0.423	0.081	0.709	0.061	0.413
	65	34.86	12.76	9.08	7691.37	1883.33	1033.07	0.413	0.525	0.082	0.891	0.069	0.734
	85	27.20	10.23	7.55	6583.57	1312.93	892.43	0.593	0.685	0.110	0.931	0.084	0.785
	95	25.32	9.60	7.14	5016.33	1132.37	715.77	0.624	0.827	0.118	1.00	0.083	0.861
KAYIN	50	54.12	14.04	8.40	14091.97	2137.06	902.13	0.471	0.559	0.066	0.680	0.040	0.523
	65	49.07	12.60	7.65	13360.47	1684.46	824.40	0.483	0.576	0.075	0.724	0.049	0.579
	85	38.88	10.81	6.58	11586.07	1481.43	706.26	0.547	0.623	0.083	0.766	0.055	0.593
	95	33.91	9.29	5.96	10135.10	1214.23	615.9	0.598	0.633	0.079	0.780	0.056	0.637

Sedir, kızılçam, meşe ve kayın odununun ortotropik mekanik davranışı rutubet miktarından ciddi oranda etkilenmektedir. Bu çalışmanın sonuçları rutubet miktarının tüm ortotropik yönlerde (L,R,T) hem elastik hem de direnç davranışı üzerine önemli ölçüde etki ettiğini göstermiştir. Bu, rutubet miktarının artmasıyla mekanik özelliklerin önemli ölçüde azalması sonucu ortaya çıkarmıştır. Rutubet miktarının etkisi anatomik yönlere bağlıdır. Mekanik özellikler rutubet miktarının artmasıyla azalırken en düşük değere LDN yakınında ulaşır. Bu durum rutubet miktarındaki daha fazla bir yükselişin mekanik özelliklerde daha fazla düşüşe sebebiyet verebilir.

Sıcaklığın sedir odununda eğilme direncine etkisine bakıldığında 120°C sıcaklık uygulamasında eğilme direnci uygulama sürelerinin hepsinde artmıştır. En fazla artış 8 saat uygulama süresinde görülmüştür (%13.91). 150, 180 ve 210°C'ta eğilme direnci azalmıştır. Uygulama süresi artarken eğilme direnci de azalmıştır. En fazla azalma 210°C sıcaklık ve 8 saat uygulama süresinde görülmüştür (%30.61). Kızılçam odununun eğilme direnci değerleri de sedir odunun eğilme direnciyle benzer olduğu görülmüştür. 120°C sıcaklık uygulamasında eğilme direnci artarken 150, 180 ve 210°C sıcaklık uygulamaların da eğilme direnci azalmıştır. En fazla azalma 210°C sıcaklık ve 8 saat işlem süresinde görülmüştür (%33.80). Meşe ve kayın odununda da benzer sonuçlar görülmüştür. 120°C sıcaklık uygulamalarında eğilme direnci artarken sıcaklık ve sürenin artmasıyla birlikte 150, 180 ve 210°C eğilme direnci sırasıyla %32.54, %32.63 oranında azalmıştır. Eğilme direnci değerlerinde en fazla azalma kızılçam odununda görülmüştür. Eğilme direnci değerlerinde yüksek sıcaklıklarda direnç değerlerinin azalmasındaki sebep, hemiselülozun degradasyonu temel etken olarak ileri sürülmektedir fakat amorfoz selülozun kristalleşmesi de bunda önemli bir rol oynayabilir (Boonstra vd., 2007a).

Sıcaklığın eğilmede elastikiyet modülüne etkisi eğilme direncinden biraz farklı olmuştur. Sedir odununda 120 ve 150°C sıcaklık uygulamalarında eğilmede elastikiyet modülü artmıştır. En fazla artış 120°C sıcaklık 8 saat uygulama süresinde görülmüştür (%13.99). 180 ve 210°C sıcaklık uygulamalarında elastikiyet modülü azalmıştır. En fazla azalma 210°C sıcaklık 8 saat uygulama

süresinde görülmüştür (%18.21). Kızılçam odununda 120°C sıcaklık uygulamasında tüm sürelerde elastikiyet modülü artarken 150°C sıcaklık uygulamasında 2 ve 5 saat uygulama sürelerinde artış görülmüş fakat 8 saat uygulama süresinde azalma görülmüştür. En fazla artış 120°C sıcaklıkta görülmüştür (%11.23). 180 ve 210 sıcaklık uygulamalarında elastikiyet modülü azalmıştır. En fazla azalma 210°C sıcaklık 8 saat uygulama süresinde görülmüştür (%19.83). Meşe odununda 120 ve 150°C sıcaklık uygulamalarının hepsinde artış görülürken, 180 ve 210°C sıcaklık uygulamalarının da eğilmede elastikiyet modülü azalmıştır. En fazla artış 120°C sıcaklık ve 8 saat uygulamasında (%11.06), en fazla azalma da 210°C sıcaklık ve 8 saat uygulama süresinde görülmüştür (%17.97). Kayın odununda da benzer bir durum görülmüştür. 120 ve 150°C sıcaklıklarda eğilmede elastikiyet modülü artarken 180 ve 210°C sıcaklık uygulamalarında azalmıştır. En fazla artış 120°C 8 saat uygulama süresinde (%8.45) görülürken en fazla azalmada 210°C 8 saat uygulama süresinde görülmüştür (%21.43). Elastikiyet modülü değerlerinde en fazla azalma kayın odununda görülmüştür. Varyans ve DUNCAN analizi sonuçlarına göre eğilmede elastikiyet modülü süreye göre sıcaklıktan daha fazla etkilenmiştir.

Sıcaklığın lif yönündeki basma direncine etkisi incelendiğinde sedir odununda 120, 150 ve 180°C sıcaklık uygulamalarında basma direnci artarken 210°C sıcaklık uygulamasında azalmıştır. En fazla artış 150°C sıcaklık ve 8 saat uygulama süresinde görülürken (%12.71) en fazla azalma 210°C sıcaklık ve 8 saat uygulama süresinde görülmüştür (%11.37). Kızılçam odununda da 120, 150 ve 180°C sıcaklık uygulamasında L yönündeki basma direnci artarken 210°C sıcaklık uygulamasında azalmıştır. En fazla artış 150°C sıcaklık ve 8 saat işlem süresinde (%12.43) olurken en fazla azalma 210°C sıcaklık ve 8 saat işlem süresinde (%12.46) olmuştur. Meşe odununda 120 ve 150°C sıcaklık uygulamalarının hepsinde artış görülürken 180°C sıcaklık uygulamasının 2 ve 5 saat işlem sürelerinde önce artmış 8 saat işlem süresinde ise azalmıştır. 210°C sıcaklıkta bütün işlem sürelerinde azalma görülmüştür. En fazla artış 120°C ve 8 saat işlem süresinde (%16.58) görülürken en fazla azalma 210°C sıcaklık ve 8 saat işlem süresinde görülmüştür(%14.35). Kayın odununda ise 120, 150 ve

180°C sıcaklık uygulamalarının tüm işlem sürelerinde lif yönündeki basma direnci artarken 210°C sıcaklık uygulamasında azalmıştır. En fazla artış 150°C sıcaklık ve 8 saat işlem süresinde (%16.15) olurken en fazla azalma 210°C sıcaklık ve 8 saat işlem süresinde görülmüştür (%13.33). Yapılan istatistiksel çalışmalar sonucunda sıcaklık ve işlem süresinin lif yönündeki basma direnci üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Lif yönündeki basma direncinde önce bir miktar artış meydana gelmiştir. Çapraz bağa neden olan ligninin polikondenzasyon reaksiyonunun esasen lif yönünde pozitif bir etkiye sahip olduğuna değinilmektedir (Esteves ve Pereira, 2009).

Sıcaklığın radyal yöndeki basma direncine etkisine bakıldığında lif yönündeki basma direnci değerlerinden daha farklı çıkmıştır. Sıcaklık ve işlem sürelerinin artmasıyla radyal yöndeki basma direnci değerlerinin hepsinin azaldığı görülmüştür. Radyal yöndeki basma direnci değerleri sedir odununda %25.96, kızılçam odununda %23.56, meşe odununda %28.34 ve kayın odununda %27.70'e kadar azalmıştır. En fazla azalma meşe odununda görülmüştür. Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre sıcaklık ve uygulama süresinin radyal yöndeki basma direncine etkili olduğu görülmüştür. Lif yönünde basma direncinde bir miktar artış görülürken radyal yöndeki bu farklılığın sebebi selüloz kristalin anizotropisine atfedilmektedir (Esteves ve Pereira, 2009).

Sıcaklık ve işlem süresinin teğet yöndeki basma direncine etkisi lif yönüne biraz benzerdir. Sedir odununda 120 ve 150°C sıcaklık ve uygulama sürelerinde basma direnci biraz artarken 180 ve 210°C sıcaklık uygulamalarında azalmıştır. En fazla artış 150°C sıcaklık ve 2 saat işlem süresinde (%5.28) görülmüştür. En fazla azalma ise 210°C sıcaklık ve 8 saat işlem süresinde(%9.48) görülmüştür. Kızılçam odununda da 120 ve 150°C sıcaklıklarda teğet yöndeki basma direnci biraz artarken 180 ve 210°C sıcaklıkta azalmıştır. En fazla artış 120°C sıcaklık ve 8 saat işlem süresinde (%6.24) olurken en fazla azalma 210°C sıcaklık ve 8 saat işlem süresinde (%11.13) olmuştur. Meşe odununda da diğer türlere benzer bir durum görülmüştür. 120 ve 150°C sıcaklık uygulamalarında teğet yöndeki basma direnci önce bir miktar artarken sıcaklığın 180 ve 210°C'ye çıkmasıyla azalmıştır. En fazla artış 150°C sıcaklık ve 8 saat işlem süresinde (%7.91), en

fazla azalma ise 210°C sıcaklık ve 8 saat işlem süresinde (%11.00) görülmüştür. Kayın odununun teğet yöndeki basma direncine bakıldığında 120 ve 150°C sıcaklıkta bir miktar artış görülürken 180 ve 210°C sıcaklık uygulamalarında basma direnci azalmıştır. En fazla artış 120°C ve 8 saat işlem süresinde (%7.15), en fazla azalma ise 210°C sıcaklık ve 8 saat işlem süresinde (%13.45) görülmüştür. Teğet yöndeki basma direncinde en fazla azalma kayın odununda meydana gelmiştir. Yapılan istatistiksel çalışmalara göre sıcaklığın teğet yöndeki basma direnci üzerine etkisinin olduğu görülmüştür.

Ahşap malzemenin elastik davranışlarından olan basmada elastikiyet modülü Young modülü olarak bilinmektedir. Lif yönündeki Young modülü değerlerine bakıldığında sedir odunun da 120 ve 150°C sıcaklık uygulamalarında artış meydana gelirken 180 ve 210°C sıcaklık uygulamalarında azalma görülmüştür. En fazla artış 120°C sıcaklık ve 8 saat işlem süresinde (%14.79), en fazla azalma 210°C sıcaklık ve 8 saat işlem süresinde (%20.61) görülmüştür. Kızılcım odununda da 120 ve 150°C sıcaklıklarda artış görülürken 180 ve 210°C sıcaklıklarda azalma görülmüştür. En fazla artış 150°C sıcaklık ve 5 saat işlem süresinde (%14.13), en fazla azalma 210°C sıcaklık ve 8 saat işlem süresinde (%14.98) görülmüştür. Meşe odununda da benzer durum görülmüştür. 120 ve 150°C sıcaklıklarda lif yönündeki Young modülü bir miktar artarken 180 ve 210°C sıcaklıklarda azalmıştır. En fazla artış 120°C sıcaklık ve 8 saat işlem süresinde (%16.44) görülürken en fazla azalma 210°C sıcaklık ve 8 saat işlem süresinde (%17.14) görülmüştür. Son olarak kayın odununda sıcaklıkla beraber Young modülü bir miktar artarken (120 ve 150°C sıcaklıkta) sıcaklığın artmasıyla (180 ve 210°C sıcaklıkta) Young modülü azalmıştır. Kayın odununun teğet yöndeki Young modülü değerlerinde en fazla artış 150°C sıcaklık ve 8 saat işlem süresinde (%14.44) meydana gelirken en fazla azalma 210°C sıcaklık ve 8 saat işlem süresinde görülmüştür (%19.04). Genel olarak teğet yöndeki Young modülü değerleri 180°C nin altındaki sıcaklıklarda artarken üzerindeki sıcaklıklarda azalmıştır. Sıcaklık ve uygulama süresinin teğet yöndeki Young modülü üzerinde etkili olduğu görülmüştür.

Sıcaklık ve uygulama süresinin radyal yöndeki Young modülü değerlerine etkisi

basma direncine etkisinden farklı çıkmıştır. Sedir odununda 120 ve 150°C sıcaklıklarda Young modülü bir miktar artarken 180 ve 210°C sıcaklık uygulamalarında azalmıştır. En fazla artış 120°C sıcaklık ve 8 saat işlem süresinde (%11.53) en fazla azalma 210°C sıcaklık 8 saat işlem süresinde (%19.59) görülmüştür. Kızılçam odunu Young modülü değerleri 120°C sıcaklık uygulamasının tüm işlem sürelerinde artarken 150°C sıcaklık uygulamasının sadece 2 ve 5 saat işlem sürelerinde artmış, 8 saat işlem süresinde azalmaya başlamıştır. 180 ve 210°C sıcaklık uygulamalarında radyal yöndeki Young modülü değerleri azalmıştır. En fazla artış 120°C sıcaklık ve 8 saat işlem süresinde (10.01), en fazla azalma 210°C sıcaklık ve 8 saat işlem süresinde (%18.85) görülmüştür. Meşe odununda sadece 120°C sıcaklık uygulamasında artış görülürken 150, 180 ve 210°C sıcaklık uygulamalarında radyal yöndeki Young modülü değerleri azalmıştır. En fazla artış 120°C sıcaklık ve 8 saat işlem süresinde (%9.22), en fazla azalma ise 210°C sıcaklık ve 8 saat işlem süresinde (%20.01) görülmüştür. Kayın odununun Young modülü değerlerinde ise 120°C sıcaklık uygulamasının bütün sürelerinde artış görülürken 150°C sıcaklık uygulamasının sadece 2 ve 5 saat işlem sürelerinde artış görülmüştür. 180 ve 210°C sıcaklıklarda Young modülü değerleri azalmıştır. En fazla artış 120°C sıcaklık ve 8 saat işlem süresinde (%9.25) görülürken en fazla azalma 210°C sıcaklık ve 8 saat işlem süresinde (%18.35) görülmüştür. Sıcaklık miktarı ve uygulama süresinin artmasıyla radyal yöndeki Young modülü değerleri önce bir miktar artmış, sıcaklığın ve uygulama süresinin artmasıyla değerler azalmıştır. Sıcaklık ve uygulama süresinin radyal yöndeki Young modülü değerleri üzerinde etkili olduğu görülmüştür.

Teğet yöndeki Young modülü değerlerine sıcaklığın etkisi de diğer ortotropik yönlerde benzerdir. Sedir odununda 120 ve 150°C sıcaklık uygulamalarının hepsinde Young modülü değerleri artarken sıcaklığın ve işlem süresinin artmasıyla azalmıştır. En fazla artış 150°C sıcaklık ve 8 saat işlem süresinde (%14.39), en fazla azalma ise 210°C sıcaklık ve 8 saat işlem süresinde (%25.32) görülmüştür. Kızılçam odununda da benzer bir durum söz konusudur. 180°C sıcaklık uygulamasının altındaki sıcaklıklarda Young modülü değerlerinde biraz artış görülürken üzerindeki sıcaklık gruplarında azalma meydana gelmiştir. En

fazla artış 120°C sıcaklık ve 8 saat işlem süresinde (%11.41) en fazla azalma ise 210°C sıcaklık ve 8 saat işlem süresinde (%15.81) görülmüştür. Meşe odununda da 120 ve 150°C sıcaklıklarda teğet yönündeki Young modülü artarken 180 ve 210°C sıcaklık uygulamalarında işlem süresinin artmasıyla azalmıştır. En fazla artış 150°C sıcaklık ve 8 saat işlem süresinde (10.00), en fazla azalma ise 210°C sıcaklık ve 8 saat işlem süresinde (%27.67) görülmüştür. Kayın odununda ise 180°C'nin altındaki sıcaklıklarda Young modülü biraz artarken 180 ve 210°C sıcaklık uygulamalarında azalmıştır. En fazla artış 150°C sıcaklık ve 8 saat işlem süresinde (%10.68), en fazla azalma ise 210°C sıcaklık ve 8 saat işlem süresinde (%24.40) meydana gelmiştir. Teğet yönündeki Young modülü değerlerindeki en fazla azalma meşe odununda görülmüştür.

Sıcaklığın Poisson oranı değerlerine etkisi rutubet miktarının etkisi gibi çok anlamlı değildir. En düşük Poisson oranları RL ve TL düzlemlerinde hesaplanmıştır. Sedir odununda LR, RL, RT ve TL düzlemindeki Poisson oranlarına sıcaklık ve uygulama süresinin biraz etkisi olduğu görülürken LT ve TR düzlemindeki Poisson oranları sıcaklıktan etkilenmemiştir. Kızılcım odununda sadece LT ve TR düzlemindeki Poisson oranı değerlerine sıcaklığın etkisi olurken diğer düzlemdeki değerler etkilenmemiştir. Meşe odununun Poisson oranı değerlerine sıcaklık ve işlem süresinin etkisi görülmemiştir. Kayın odununda ise LR, LT, RL, RT ve TL düzlemindeki Poisson oranları sıcaklık ve uygulama süresinden biraz etkilenirken TR düzlemindeki değerler sıcaklık değişiminden etkilenmemiştir.

Çizelge 5. 2. Sedir odununda sıcaklığa bağlı ortotropik mekanik özellikler

Sıc. (°C)	Süre (Saat)	Eğilme Direnci (MPa)	Eğilmeye Elastikiyet Modülü (MPa)	Basma Direnci (MPa)			Young Modülü (MPa)			Poisson Oranları (-)					
				L	R	T	L	R	T	U _{LR}	U _{LT}	U _{RL}	U _{RT}	U _{TL}	U _{TR}
120	0	66.96	7419.57	44.58	9.09	7.80	7814.17	891.59	640.10	0.537	0.599	0.049	0.551	0.060	0.377
	2	71.87	8126.63	46.88	9.00	8.80	8341.14	914.00	656.57	0.582	0.595	0.049	0.528	0.061	0.377
	5	73.25	8226.35	47.57	8.78	8.12	8586.77	953.00	698.59	0.592	0.587	0.056	0.538	0.060	0.368
	8	79.68	8457.78	48.96	8.15	8.14	8662.68	994.36	700.84	0.607	0.586	0.052	0.525	0.062	0.399
150	0	84.25	8295.00	42.08	8.00	8.20	7389.00	890.63	688.51	0.568	0.594	0.055	0.535	0.055	0.367
	2	77.53	9133.54	45.01	7.85	8.63	8072.00	932.69	712.83	0.577	0.618	0.055	0.538	0.059	0.374
	5	76.72	8953.34	46.54	7.28	8.62	8219.70	915.09	762.89	0.550	0.617	0.056	0.560	0.059	0.381
	8	75.00	8746.15	47.43	7.10	8.58	7962.00	908.26	786.91	0.516	0.619	0.061	0.553	0.063	0.364
180	0	79.84	8168.00	41.41	7.75	6.57	7936.85	904.17	701.38	0.551	0.572	0.050	0.494	0.067	0.361
	2	74.48	8108.00	44.86	7.21	6.30	7410.56	856.63	651.79	0.510	0.584	0.056	0.531	0.059	0.380
	5	70.73	8074.00	45.43	7.02	6.11	7363.30	839.69	637.31	0.592	0.595	0.058	0.545	0.062	0.374
	8	67.68	7855.24	44.00	6.79	6.02	7294.49	826.34	617.67	0.582	0.614	0.063	0.542	0.063	0.401
210	0	74.20	7762.92	46.85	9.17	7.64	7889.54	888.47	631.49	0.563	0.573	0.058	0.527	0.057	0.370
	2	68.63	7487.64	45.75	8.43	7.33	7158.26	814.84	550.67	0.587	0.591	0.056	0.520	0.055	0.373
	5	57.80	7442.50	41.99	7.53	6.99	6658.60	733.43	516.25	0.593	0.608	0.060	0.545	0.058	0.371
	8	51.70	6324.72	41.52	6.79	6.92	6263.07	711.18	471.58	0.617	0.607	0.063	0.528	0.060	0.397

Çizelge 5. 3. Kızılçam odununda sıcaklığa bağlı ortotropik mekanik özellikler

Sıc. (°C)	Süre (Saat)	Eğilme Direnci (MPa)	Eğilmede Elastikiyet Modülü (MPa)	Basma Direnci (MPa)			Young Modülü (MPa)			Poisson Oranları (-)					
				L	R	T	L	R	T	U _{LR}	U _{LT}	U _{RL}	U _{RT}	U _{TL}	U _{TR}
120	0	83.49	9007.64	40.78	9.57	8.86	8709.47	904.32	645.06	0.46	0.48	0.056	0.61	0.061	0.360
	2	89.35	9380.21	44.31	9.39	9.04	9088.00	949.49	670.01	0.45	0.48	0.056	0.60	0.062	0.367
	5	95.52	9932.70	44.77	9.29	9.27	9403.00	967.98	686.35	0.45	0.48	0.054	0.62	0.062	0.379
	8	90.57	10019.45	45.16	8.85	9.41	9470.00	994.83	718.67	0.43	0.47	0.055	0.63	0.061	0.378
150	0	92.31	10856.49	39.3	7.88	7.71	8430.81	897.19	674.79	0.44	0.47	0.056	0.062	0.062	0.373
	2	91.94	11590.79	43.09	7.71	8.12	9144.77	940.00	705.87	0.044	0.48	0.057	0.63	0.063	0.379
	5	88.77	11206.62	43.45	7.63	7.90	9622.26	921.45	719.80	0.43	0.50	0.056	0.63	0.064	0.371
	8	86.00	10614.00	44.19	7.24	7.74	9044.05	843.8	712.19	0.45	0.50	0.058	0.61	0.065	0.375
180	0	85.67	8905.24	40.35	9.89	7.47	8468.52	954.08	628.82	0.45	0.46	0.057	0.60	0.061	0.381
	2	79.44	8653.39	44.67	9.41	7.29	8384.68	895.03	615.31	0.45	0.48	0.058	0.61	0.061	0.396
	5	76.04	8519.45	43.21	9.27	7.10	7984.69	869.05	597.37	0.46	0.49	0.060	0.60	0.064	0.402
	8	72.30	8254.64	42.88	8.85	6.97	7866.42	845.49	580.05	0.46	0.52	0.062	0.62	0.066	0.435
210	0	84.25	8576.34	41.35	9.12	7.40	8655.24	907.35	622.80	0.45	0.46	0.060	0.61	0.062	0.366
	2	72.61	8021.86	39.86	8.53	7.00	7985.21	840.96	584.00	0.42	0.48	0.061	0.62	0.063	0.380
	5	61.95	7737.78	37.85	7.83	6.77	7678.90	798.26	568.29	0.47	0.48	0.063	0.64	0.062	0.419
	8	58.78	6645.87	36.19	6.97	6.58	7358.61	731.87	524.34	0.48	0.50	0.066	0.66	0.060	0.391

Çizelge 5. 4. Meşe odununda sıcaklığa bağlı ortotropik mekanik özellikler

Sıc. (°C)	Süre (Saat)	Eğilme Direnci (MPa)	Eğilmede Elastikiyet Modülü (MPa)	Basma Direnci (MPa)			Young Modülü (MPa)			Poisson Oranları (-)					
				L	R	T	L	R	T	ν_{LR}	ν_{LT}	ν_{RL}	ν_{RT}	ν_{TL}	ν_{TR}
120	0	90.28	8941.23	45.92	15.57	11.44	9021.27	1827.24	1093.34	0.498	0.461	0.069	0.578	0.057	0.714
	2	94.55	9250.46	48.40	15.8	11.83	9231.18	1874.87	1119.21	0.505	0.462	0.070	0.563	0.056	0.676
	5	95.84	9584.91	52.31	15.62	11.94	9789.56	1921.06	1149.85	0.508	0.456	0.068	0.587	0.056	0.670
	8	99.55	9930.47	53.53	14.88	12.12	10504.76	1995.86	1193.01	0.493	0.473	0.069	0.597	0.058	0.692
150	0	90.60	9133.02	48.82	16.97	10.64	9272.52	1912.87	1094.65	0.493	0.477	0.071	0.568	0.055	0.689
	2	87.05	9607.86	52.93	16.52	11.18	9642.90	1826.35	1145.61	0.509	0.453	0.071	0.555	0.056	0.695
	5	86.04	9808.97	55.06	15.77	11.48	9674.37	1798.44	1167.33	0.519	0.481	0.071	0.569	0.056	0.693
	8	82.26	9512.63	56.63	15.43	11.48	9990.10	1792.70	1204.10	0.514	0.485	0.074	0.581	0.054	0.712
180	0	87.31	8934.47	47.53	16.00	10.82	9154.08	1870.25	1087.37	0.480	0.463	0.070	0.564	0.058	0.704
	2	75.24	8578.62	50.76	14.86	10.28	8914.76	1740.08	1037.60	0.497	0.471	0.072	0.587	0.059	0.716
	5	68.13	8487.57	49.89	14.36	10.22	8693.91	1704.59	999.11	0.500	0.473	0.073	0.597	0.061	0.709
	8	66.01	8288.31	46.73	13.7	9.88	8395.03	1681.17	953.75	0.528	0.490	0.073	0.605	0.063	0.693
210	0	92.66	9118.42	47.05	16.33	11.04	8913.08	1922.93	1110.89	0.477	0.489	0.072	0.573	0.057	0.686
	2	76.92	8747.52	45.41	14.52	10.31	8301.47	1705.46	964.00	0.513	0.493	0.074	0.583	0.059	0.692
	5	71.76	8056.29	41.87	13.32	9.88	7748.27	1635.97	916.62	0.492	0.519	0.074	0.588	0.061	0.696
	8	63.67	7314.01	40.28	11.70	9.75	7385.51	1538.01	803.42	0.501	0.512	0.075	0.606	0.062	0.688

Çizelge 5. 5. Kayın odununda sıcaklığa bağlı ortotropik mekanik özellikler

Sıc. (°C)	Süre (Sa.)	Eğilme Direnci (MPa)	Elastikiyet Modülü (MPa)	Basma Direnci (MPa)			Young Modülü (MPa)			Poisson Oranları(-)					
				L	R	T	L	R	T	ν_{LR}	ν_{LT}	ν_{RL}	ν_{RT}	ν_{TL}	ν_{TR}
120	0	122.16	12546.72	57.47	16.66	10.10	13077.09	1812.99	967.63	0.529	0.434	0.065	0.560	0.065	0.459
	2	129.90	13053.48	61.24	16.25	10.54	14057.20	1846.60	1000.03	0.509	0.449	0.061	0.558	0.062	0.424
	5	132.29	13390.77	61.60	15.98	10.69	14160.24	1920.01	1028.29	0.514	0.451	0.067	0.53	0.066	0.481
	8	134.62	13607.31	63.69	15.25	10.82	14420.05	1980.64	1058.43	0.502	0.423	0.064	0.558	0.065	0.496
150	0	133.23	13750.33	52.22	14.12	10.02	12986.38	1858.12	968.98	0.534	0.442	0.065	0.580	0.066	0.464
	2	130.03	14308.97	57.95	13.80	10.71	14068.45	1905.35	1025.65	0.526	0.460	0.066	0.560	0.067	0.482
	5	128.47	14244.11	58.87	13.36	10.59	14318.45	1950.55	1062.52	0.538	0.494	0.061	0.555	0.060	0.482
	8	126.31	13836.96	60.65	12.81	10.26	14861.44	1823.58	1072.49	0.547	0.459	0.064	0.496	0.062	0.466
180	0	122.44	12251.06	53.70	16.06	11.86	13189.09	1802.74	958.73	0.546	0.479	0.064	0.555	0.063	0.474
	2	115.69	11909.45	60.06	15.27	11.47	13113.22	1757.18	903.99	0.568	0.463	0.062	0.573	0.061	0.499
	5	110.39	11202.33	60.79	14.67	10.94	12854.52	1680.54	860.78	0.515	0.487	0.064	0.547	0.064	0.465
	8	104.53	10809.89	61.82	14.41	10.70	12117.26	1643.08	834.09	0.529	0.450	0.066	0.573	0.063	0.456
210	0	123.83	11963.60	53.18	16.00	11.03	12938.02	1846.99	940.17	0.548	0.442	0.063	0.567	0.062	0.465
	2	106.24	10943.02	51.23	14.67	10.47	11724.35	1660.56	845.07	0.557	0.422	0.065	0.588	0.064	0.496
	5	93.19	10310.46	48.96	13.62	9.95	11291.89	1584.47	787.56	0.584	0.465	0.065	0.594	0.065	0.502
	8	82.99	9442.71	46.09	11.57	9.55	10475.21	1516.04	710.81	0.568	0.487	0.069	0.566	0.069	0.497

Ahşap genellikle dokuz bağımsız elastik sabiti içeren ortotropik bir malzeme olarak kabul edilmektedir. Sıcaklık, ahşap malzemenin fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerini değiştirmektedir. Düşük sıcaklık uygulamalarında elastik sabitlerde ve basma dirençlerinde bir miktar artış gözlemlenmiştir. Bunun sebebi kontrol gruplarına göre sıcaklığa maruz bırakılmış örneklerde hem yoğunluk değişimi hem de denge rutubetlerinin düşmesi olabilir. Literatürde sıcaklıkla basma direncinin azaldığı yönünde bir fikir birliği yoktur. Bazı çalışmalarda (Ünsal ve Ayrılmış, 2005; Korkut vd. 2008a; Korkut vd. 2008b) basma direncinin sıcaklıkla azaldığı, bazılarında ise (Boonstra ve Blomberg, 2007; Altınok vd. 2010) arttığı görülmüştür. Sıcaklık ve sürenin artması ile öncelikle hemiselulozların bozulması mekanik özelliklerdeki düşüşün ana sebebi olarak değerlendirilmektedir (Boonstra vd. 2007a). Hillis (1984)'e göre sıcaklığa dayanıklılığı en az olan odun polimeri hemiselulozdur. Dirençteki azalmanın sebebi Kotilainen (2000)'e göre odun polimerlerinin bozulması ile açıklanabilir. Direnç değerlerini etkileyen diğer önemli etken de amorf selülozun kristalleşmesi olabilir (Wahl vd. 2004). Benzer değerlendirmeler Esteves ve Pereira (2009) tarafından da belirtilmiştir. Basma direnci değerlerinin de sıcaklıkla beraber artmasının sebebi selüloz kristalliğinin yükselmesi ve çapraz bağlanma reaksiyonlarına atfedilmektedir (Esteves ve Pereira, 2009). Daha yüksek sıcaklık ve sürelerde yapılan işlemlerde elastik sabitlerin azaldığı ölçülmüştür. S1 ve S3 tabakalarındaki hemiselülozun radyal yöndeki mekanik özellikler üzerine etkisi oldukça fazladır. Bunun yanında selüloz mikrofibrilleri ise L yönündeki mekanik özellikleri kontrol eder (Bergander ve Salmén, 2002). Sıcaklık ile oluşan mikro çatlaklar da mekanik özellikleri etkileyebilir (Esteves ve Pereira, 2009).

Kubojima vd. (2000b) sıcaklığa maruz bırakılan odunun denge rutubeti miktarı azaldığını ve bu durumun örneklerin yapısının değiştiğini belirterek elde edilen değerleri rutubet miktarı düzeltilmesi olmaksızın kullanmıştır. Patterson ve Hartley (2013)'e göre sonuçların, MC'ye göre düzenlenmesi ile sıcaklığın ana etkileri ortadan kaldırılabilir, maskelenebilir ve normal odunun direnç özelliklerini %12MC'ye göre değiştirirken kullanılacak eşitliğin sıcaklık etkisindeki odunda kullanılabilir olduğu da soru işaretidir. Bu doğrultuda

çalışmadaki sıcaklık uygulaması sonucunda elde edilen değerler rutubet değerine göre düzeltilmemiştir. Dolayısı ile sıcaklık uygulaması sonucu elde edilen değerler Sinha vd. (2010)'nin belirttiği gibi sıcaklığın yanında rutubet değişiminin etkisini de içeren değerleri yansıtmaktadır.

Çalışma sonuçlarına göre Poisson oranlarının sıcaklığa daha az duyarlı olduğu görülmüştür. Poisson oranları Kretschmann (2010)'a göre türe, rutubet miktarına ve özgül ağırlığa göre farklılık gösterir.

Ülkemizde hiçbir ağaç türü odununa ait ortotropik mekanik özellikler mevcut değildir. Türkiye'deki önemli ağaç türleri üzerinde yapılan çalışmalar genellikle direnç özellikleri ile sınırlanmıştır. Birçok çalışmada da eğilmedeki elastikiyet modülü araştırma konusu olmuştur. Ahşap malzemenin mekanik davranışının tanımlanmasında on iki adet sabite (dokuzu bağımsız) ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlar üç elastikiyet modülü (E), üç rijitlik modülü (G) ve altı Poisson oranı (ν) dir. Ahşap malzeme için E_L , E_R ve E_T , lif yönü, radyal ve teğet yönlerdeki elastikiyeti tanımlamak için kullanılmaktadır. Elastikiyet modülü genellikle basma testlerinden elde edilir, ancak E_R ve E_T yönleri için veri yoktur. Basma testi yerine eğilme testinden belirlenen elastikiyet modülü E_L ' dir. Eğilme testlerinde elde edilen elastikiyet değerleri kesme deformasyonu içermektedir.

Günümüzde ahşap malzeme gerek dekoratif gerekse de yapısal olarak birçok alanda kullanılmaktadır. Rutubet ve sıcaklık ahşap malzemenin özelliklerini değiştiren en önemli faktörlerden iki tanesidir. Bu çalışma ile ülkemizde önemli kullanım alanı olan bazı ağaç türleri odunlarında bazı mekanik özelliklerin rutubet ve sıcaklık ile nasıl değiştiği ortaya konulmuştur. Çalışma ile elde edilen veriler kullanılarak kullanım yeri ve amacına uygun yapısal elemanların yük altında gerçeğe yakın davranışının belirlenmesinde, emniyet gerilmelerinin hesaplanmasında, yapısal tasarımların ANSYS® ve benzeri bilgisayar yazılımlarıyla detaylı olarak modellenmesi ve analizinde kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- Altınok, M., Özalp, M., Korkut, S., 2010. The Effects of Heat Treatment on Some Mechanical Properties of Laminated Beech (*Fagus orientalis* L.) wood. *Wood Research* 55(3), 131-142.
- Anşin, R., 1988. Tohumlu Bitkiler, 1. Cilt Gymnospermae, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No:15, 262s, Trabzon.
- Anşin, R., Özkan, Z.C., 1993. Tohumlu Bitkiler, Odunsu Taksonlar, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Genel Yayın No: 167, Fakülte Yayın No: 19, 512s, Trabzon.
- As, N., Dündar, T., Büyüksarı, Ü., 2008. Budakların Odunun Fiziksel Ve Mekanik Özellikler Üzerine Etkileri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 58(2), 1-13.
- As, N., Koç, K.H., Doğu, D., Atik, C., Aksu, B., Erdinler, S., 2001. Türkiye’de Yetişen Endüstriyel Öneme Sahip Ağaçların Anatomik, Fiziksel, Mekanik ve Kimyasal Özellikleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B, 52(1), 71-88.
- Ateş, S., Akyıldız, M.H., Ozdemir, H., 2009. Effects of Heat Treatment on Calabrian Pine (*Pinus Brutia* Ten.) Wood. *Bioresources*, 4(3), 1032-1043.
- Bal, B.C., Bektaş, İ., Kaymakçı, A., 2011. Sedir (*Cedrus Libani* A.Richard) Odununun Bazı Önemli Mekanik Özellikleri Ve Bu Özelliklerin Tam Kuru Yoğunlukla İlişkisi. I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 26-28 Ekim, Kahramanmaraş, 1134-1139.
- Baradit, E., Niemz, P., 2012. Elastic Constants of Some Native Chilean Wood Species Using Ultrasound Techniques. *Wood Research*, 57(3), 497-504.
- Bekhta, P., Niemz, P., 2003. Effect of High Temperature on the Change in Color, Dimensional Stability and Mechanical Properties of Spruce Wood. *Holzforschung*, 57, 539-546.
- Bektaş, I., Güler, C., Baştürk, M.A., 2002. Principal Mechanical Properties of Eastern Beech Wood (*Fagus orientalis* Lipsky) Naturally Grown in Andirin Northeastern Mediterranean Region of Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 26, 147-154.
- Bengtsson, C., Jermer, J., and Brem, F., 2002. Bending Strength of Heat-treated Spruce and Pine Timber. International Research Group Wood Protection Conference N° IRG/WP 02-40242, 12-17 June 2002, Cardiff, Wales, UK,
- Bergander, A., Salmen, L., 2002. Cell Wall Properties and Their Effects on the Mechanical Properties of Fibers. *Journal of Materials Science*, 37, 151-156.

- Berkel, A., 1951. Lübnan Sedirinde Teknolojik Araştırmalar, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri A1(1), 182-211.
- Berkel, A., 1957. Kızılçamda (*pinus brutia*) Teknolojik Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 7a(1), 22-61
- Bernier, G.A., Kline, D.E., 1968. Dynamic Mechanical Behavior of Birch Compared with Methylnmethacrylate Impregnated Birch from 90° to 475° K. Forest Product Journal, 18(4), 79-82.
- Bodig J, Jayne BA., 1993. Mechanics of Wood and Wood Composites. Krieger Publishing Company, 736p, Malabar, Florida, USA.
- Boonstra, M., Blomberg, J., 2007. Semi-isostatic Densification of Heat-treated Radiata Pine. Wood Science and Technol. 41, 607-617.
- Boonstra, M., Van Acker, J, Tjeerdsma, B., Kegel, E., 2007a. Strength Properties of Thermally Modified Softwoods and Its Relation to Polymeric Structural Wood Constituents. Annals of Forest Science, 64, 679-690.
- Boonstra, M., Van Acker, J., Kegel, E., 2007b. The Effect of a Two-stage Heat Treatment Process on the Mechanical Properties of Full Construction Timber. Wood Material Science and Engineering, 2(3-4), 138-146.
- Boydak, M., 1986. Lübnan (Toros) Sedirinin (*Cedrus libani* A. Rich.) Yayılışı, Ekolojik ve Silvikültürel Nitelikleri, Doğal ve Yapay Gençleştirme Sorunları. Ormanlık Araştırma Enstitüsü Dergisi, Temmuz, 7-56.
- Bozkurt, Y., Erdin, N., 1989. Ticarete Önemli Yabancı Ağaçlar, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınları, Yayın No:4, 381s, İstanbul.
- Bozkurt, Y., Erdin, N., 2000. Odun Anatomisi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları , 360s, İstanbul.
- Bucur, V., 2006. Acoustics of Wood. Springer Berlin Heidelberg, 394p, Berlin.
- Büyüksarı, Ü., 2011. Farklı Yarıçaplarda Bükülmüş Kayın (*Fagus orientalis* L.) ve Meşe (*Quercus* spp.) Odunlarının Bazı Teknolojik Özellikleri, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 241s, İstanbul.
- Byvshykh, M.D., 1959. Influence of Temperature and Moisture Content of Wood on Its Elastic Properties. Derev. Prom, 8(2), 13-15.
- Comben, A.J., 1964. The Effect of Low Temperatures on the Strength and Elastic Properties of Timber. Journal of the Institute of Wood Science, 13, 44-55.
- Dahl, K.B., 2009. Mechanical Properties of Clear Wood from Norway Spruce, Norwegian University of Science and Technology, Faculty of Engineering Science and Technology, Department of Structural Engineering, PhD

Thesis, 235p, Trondheim.

Demetçi, E., 1986. Toros Sediri (*Cedrus libani* a. Rich.) Odununun Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Araştırmalar. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No: 180, 60s, Ankara.

Dinwoodie, J.M., 2000. Timber: Its Nature and Behavior. E & FN Spon, 257p, London.

Doğu, D., Koç, H.K., As, N., Atik, C., Aksu, B., Erdinler, S., 2001. Türkiye’de Yetişen Endüstriyel Öneme Sahip Ağaçların Temel Kimlik Bilgileri ve Kullanıma Yönelik Genel Değerlendirme, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, 51(2), 69-84.

Doruk, Ş., Perçin, O., 2010. Isıl İşlemin Bazı Ağaç Malzemelerin Eğilme ve Basınç Direncine Etkileri. Politeknik Dergisi, 13(2), 143-150.

Drow, J.T., 1957. Effect of Moisture Content on the Compressive, Bending, and Shear Strengths, and on the Toughness of Plywood. U.S. For. Serv. Rep. No. 1519, 26p.

Efe, H., Çağatay, K., 2011. Çeşitli Masif Ağaç Malzemelerin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi. Politeknik Dergisi, 14(1), 56-61.

Ellwood, E.L., 1954. Properties of American Beech in Tension and Compression Perpendicular to the Grain and Their Relation to Drying. Yale University, 82p, New Haven, CT, USA.

Erdin, N., 1985. Toros Sediri Odununun Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, 369, 210s.

Erdinler, E.S., 1999. Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky)’da Ardaklanmanın Teknolojik Özellikler Üzerine Etkisi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 84s, İstanbul.

Erten, P., Önal, S., 1987. Kızılçam Odununun Özellikleri, Korunması, Reçine Üretimi ve Kullanım Yerleri. Öktem E. (Ed.), Kızılçam içinde (169-181). Orman Araştırma Enstitüsü Yayınları El Kitapları Dizisi 2, 181s, Ankara.

Esteves, B., Domingos, I., Pereira, H., 2007a. Improvement of Technological Quality of Eucalypt Wood by Heat Treatment in Air at 170-200°C. Forest Products Journal, 57(1/2), 47-52.

Esteves, B., Velez Marques, A., Domingos, I., Pereira, H., 2007b. Influence of Steam Heating on the Properties of Pine (*Pinus pinaster*) and Eucalypt (*Eucalyptus globulus*) Wood. Wood Science and Technology, 41, 193-207.

Esteves, B.M., Domingos, I.J., Pereira, H.M., 2008a. Pine Wood Modification by Heat Treatment in Air. BioResources, 3(1), 142-154.

- Esteves, B.M., Pereira, H.M., 2009. Wood Modification by Heat Treatment: A Review. *BioResources*, 4(1), 370-404.
- Ewing, P.D., Williams, J.G., 1979. Thickness and Moisture Content Effect in the Fracture Toughness of Scots Pine. *J. Mater. Sci.*, 14(12), 2959-2966.
- Frühmann, K., Reiterer, A., Tschegg, E.K., Stanzl-Tschegg, S.E., 2002. Fracture Characteristics of Wood Under Mode I, Mode II and Mode III Loading. *Philos. Mag. A* 82(17), 3289-3298.
- Gerhards, C.C., 1982. Effect of Moisture Content and Temperature on the Mechanical Properties of Wood: An Analysis of Immediate Effects. *Wood and Fiber Science*, 14(1), 4-36.
- Gibson, L.J., 2005. Biomechanics of Cellular Solids. *Journal of Biomechanics*, 38(3), 377-399.
- Goroyias, G., Hale, M., 2002. Heat Treatment of Wood Strands for OSB Production: Effect on the Mechanical Properties, Water Absorption and Dimensional Stability. International Research Group Wood Protection Conference, Section 4-Processes, N^o IRG/WP 02-40238, 12-17 June 2002, Cardiff, Wales, UK.
- Gören, H., 2013. Mikrodalga Frekanslarda Lamine Ağaç Malzemelerin Dielektrik Özelliklerinin Belirlenmesi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 115s, Karabük.
- Green, D.W., Shelley, B.E., Vokey, H.P., 1989. In-grade Testing of Structural Lumber. Proceedings 47363. Madison, WI: Forest Products Society.
- Green, D.W., Kretschmann, D.E., 1994. Moisture Content and the Properties of Clear Southern Pine. USDA Forest Service Forest Prod. Lab. Res. Pap. FPL-RP-531, 28p.
- Green, D.W., Evans, J.W., Hatfield, C.A., Byrd, P.J., 2005. Durability of Structural Lumber Products after Exposure at 82°C and 80% Relative Humidity. USDA Forest Service Forest Prod. Lab. Res. Pap. FPL-RP-631, 21p.
- Greenhill, W.L., 1936. Strength Tests Perpendicular to the Grain of Timber at Various Temperatures and Moisture Contents. *J. Coun. Sci. Ind. Res*, 9(4), 265-278.
- Güler, C., Bektaş, İ., 2000. Andırın Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.) Odununda Elastiklik Özellikler İle Yoğunluk Arasındaki İlişki. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 3(2), 51-57.
- Güntekin, E., 2003. Ahşap ve Ahşap Kompozitlerinde Sünmeyi Etkileyen Faktörler. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, A(1), 87-102.

- Guntekin, E., Ozkan, S., Yilmaz, T., 2014. Prediction of Bending Properties for Beech Lumber Using Stress Wave Method. *Maderas. Ciencia y tecnología*.16(1):93-98
- Gürsu, İ., 1966. Karabük Mintikası Sapsız Meşelerinin Anatomik ve Teknolojik Özellikleri Üzerinde Araştırmalar. Güzel İstanbul Matbaası, 98s, Ankara.
- Harrington, J.J., 2002. Hierarchical Modelling of Softwood Hygro-elastic Properties. University of Canterbury, PhD Thesis, 296p, Christchurch, NZ.
- Haygreen, J.G., Bowyer, J.L., 1982. Forest Products and Wood Science : An Introduction. Iowa State University Press, Ames, Iowa, pp.495.
- Hearmon, R.F.S., Barkas, W.W., 1941. The effect of Grain Direction on the Young's Moduli and Rigidity Moduli of Beech and Sitka Spruce. *Proc. Phys. Soc.*, 53(6), 674-680.
- Hering, S., Keunecke, D., Niemz, P., 2012a. Moisture-dependent Orthotropic Elasticity of Beech Wood. *Wood Science and Technology*, 45, 927-938.
- Hering, S., Saft, S., Resch, E., Niemz, P., Kaliske, M., 2012b. Characterization of Moisture-dependent Plasticity of Beech Wood and Its Application to a Multi-surface Plasticity Model. *Holzforschung*, 66, 373-380.
- Hillis, W.E., 1984. High-temperature and Chemical Effects on Wood Stability. Part 1. General considerations. *Wood Science and Technology*, 18, 281-293.
- Holmberg, S., Persson, K., Petersson, H., 1999. Nonlinear Mechanical Behaviour and Analysis of Wood and Fibre Materials. *Computer and Structures*, 72(4-5), 459-480.
- Inoue, M., Norimoto, M., Tanahashi, M., Rowell, R., 1993. Steam or Heat Fixation of Compressed Wood. *Wood Fiber Science*, 25(3), 224-235.
- Ishida, S. 1954., The Effect of Temperature on the Strength of Wood. *Hokkaido Univ. Res. Bull., Coll. Exp. For.*, 17(1), 1-14.
- İlter, E., Saraçbaşı, A., Balkız, Ö.D., 2008. Bazı Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Orijinlerinin Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten No: 291, 66s.
- James, W.L., 1961. Effect of Temperature and Moisture Content on Internal Friction and Speed of Sound in Douglas-fir. *Forest Products Journal*, 11(9), 383-390.
- James, W.L., 1964. Vibration and Static Strength and Elastic Properties of Clear Douglas-fir at Various Levels of Moisture Content. *Forest Products Journal*, 14(9), 409-413.

- Jayne, B.A., 1972. Orthotropic Elasticity. In Jayne, B.A. (Ed.), Theory and Design of Wood and Fiber Composite Materials (23-48). Syracuse Univ. Press, 418p, Syracuse, NY, USA.
- Jeong, G.Y., Hindman, D.P., Zink-Sharp, A., 2010. Orthotropic Properties of Loblolly Pine (*Pinus taeda*) Strands. Journal of Material Science, (45), 5820-5830.
- Kadita, S., Yamada, T., Suzuki, M., Komatsu, K., 1961. Studies on the Rheological Properties of Wood. 1. Effect of Moisture Content on the Dynamic Young's Modulus of Wood. 11. Effect of Heat-treating Condition on the Hygroscopicity and Dynamic Young's Modulus of Wood. Journal of the Japan Wood Research Society, 7(1), 29-33, 34-38.
- Kasal, A., Efe, H., Dizel, T., 2010. Masif ve Lamine Edilmiş Ağaç Malzemelerde Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülünün Belirlenmesi. Politeknik Dergisi, 13(3), 183-190.
- Kamdem, D., Pizzi, A., Jermannaud, A., 2002. Durability of Heat-treated Wood. Holz als Roh- und Werkstoff, 60, 1-6.
- Keskin, H., 2001. Lamine Masif Ağaç Malzemelerin Teknolojik Özellikleri ve Ağaç İşleri Endüstrisinde Kullanım İmkanları. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 150s, Ankara.
- Keunecke, D., Hering, S., Niemz, P., 2008. Three-dimensional Elastic Behaviour of Common Yew and Norway Spruce. Wood Science and Technology, 42(8), 633-647.
- Kim, G., Yun, K., Kim, J., 1998. Effect of Heat Treatment on the Decay Resistance and the Bending Properties of Radiata Pine Sapwood. Material and Organismen, 32(2), 101-108.
- Kitahara, K., Suematsu, A., 1955. The Influence of Temperature on Compressive Properties of Wood. Journal of the Japan Wood Research Society, 1(2), 47-51.
- Kitahara, K., Matsumoto, T., 1974. Temperature Dependence of Dynamic Mechanical Loss of Wood. Journal of the Japan Wood Research Society, 20(8), 349-354.
- Knudson, R.M., 1973. Performance of Structural Wood Members Exposed to Fire. Univ. California, Dep. Wood Sci. Tech., Ph.D Thesis, 232p, Berkeley, CA.
- Knudson, R.M., Schiewind, A.P., 1975. Performance of Structural Wood Members Exposed to Fire. Forest Products Journal, 25(2), 23-32.
- Kollmann, F., 1940. The Mechanical Properties of Wood of Different Moisture

Content within -200° to +200°C Temperature Range. VDI-Forschungsh. 403(11), 1-18.

Kollmann, F., 1951. *Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe* (Springer Verlag, Berlin Göttingen-Heidelberg).

Kollmann, F., 1952. The Dependence of Some Mechanical Properties of Woods on Time, Notching and Temperature. III. The Influence of Temperature on Some Mechanical Properties of Woods. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 10(7), 269-278.

Kollmann, F., 1960. The Dependence of the Elastic Properties of Wood on Temperature. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 18(8), 304-314.

Kollmann, F.F.P., Cote, W.A., 1984. *Principles of Wood Science and Technology*. Springer-Verlag, 592p, Berlin.

Korkut, D.S., Guller, B., 2008. The Effects of Heat Treatment on Physical Properties and Surface Roughness of Red-bud Maple (*Acer trautvetteri* Medw.) Wood. *Bioresource Technology*, 99, 2846-2851.

Korkut, S., Akgül, M., Dündar, T., 2008a. The Effects of Heat Treatment on Some Technological Properties of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Wood. *Bioresource Technology*, 99, 1861-1868.

Korkut, S., Kök, M.S., Korkut, D.S., Gürleyen T., 2008b. The Effects of Heat Treatment on Technological Properties in Red-bud Maple (*Acer trautvetteri* Medw.) Wood. *Bioresource Technology*, 99, 1538-1543.

Korkut, S., Budakçı, M., 2009. Effect of High-Temperature Treatment on the Mechanical Properties of Rowan (*Sorbus aucuparia* L.) Wood, *Drying Technology*, 27(11), 1240-1247.

Korkut, S., Karayilmazlar, S., Hiziroğlu, S., Sanli, T., 2010. Some of the Properties of Heat-Treated Sessile Oak (*Quercus petraea*). *Forest Products Journal*, 60(5), 473-480.

Kotilainen, R., 2000. *Chemical Changes in Wood During Heating at 150-260°C*. Jyvaskyla University, Ph.D. thesis, 180p, Jyvaskyla, Finland.

Kretschmann, D.E., 2010. *Wood Handbook, Wood as Engineering Material*. General Technical Report FPL-GTR-190. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory.

Kretschmann, D.E., Green, D.W., 1996. Modeling Moisture Content-Mechanical Property Relationships for Clear Southern Pine. *Wood and Fiber Science*, 28(3), 320-337.

Kubojima, Y., Okano, T., Ohta, M., 1998. *Vibrational Properties of Sitka Spruce*

- Heat-treated in Nitrogen Gas. *Journal of Wood Science*, 44, 73-77.
- Kubojima, Y., Okano, T., Ohta, M., 2000a. Vibrational Properties of Heat Treated Green Wood. *Journal of Wood Science*, 46, 63-67.
- Kubojima, Y., Okano, T., Ohta, M., 2000b. Bending Strength and toughness of Heat-treated Wood. *Journal of Wood Science*, 46, 8-15.
- Kufner, M., 1978. Modulus of Elasticity and Tensile Strength of Wood Species with Different Density and Their Dependence on Moisture Content. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 36(11), 435-439.
- Kunesh, R.H., 1968. Strength and Elastic Properties of Wood in Transverse Compression. *Forest Products Journal*, 18(1), 65-72.
- Lakes, R.S., 2009. *Viscoelastic Materials*. Cambridge University Press, New York.
- Leont'ev, N.L., 1960. The Strength of Wood at Varying Moisture Content. *Derev. Prom.* 10, 17-18.
- Malkoçoğlu, A.K., 1994. Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.) Odununun Teknolojik Özellikleri, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 154s, Trabzon.
- Matan, N., Kyokong, B., 2003. Effect of Moisture Content on Some Physical and Mechanical Properties of Juvenile Rubberwood (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) *Songklanakarın Journal of Science and Technology*, 25(3), 327-340.
- Matejek, M., Starecka, D., 1971. Influence of the Freezing Process with Wood on Its Compressive Strength. *Holztechnologie*, 12(3), 144-146.
- Mburu, F., Dumarçay, S., Bocquet, J. F., Pétrissans, M., Gérardin, P., 2008. Effect of Chemical Modifications Caused by Heat Treatment on Mechanical Properties of *Grevillea Robusta* Wood. *Polymer Degradation and Stability*, 93, 401-405.
- McBurney, R.S., Drow, J.T., 1962. The Elastic Properties of Wood: Young's Moduli and Poisson's Ratios of Douglas-fir and Their Relations to Moisture Content, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory Report No. 1528-D, 18p.
- Merela, M., Cufar, K., 2013. Mechanical Properties of Sapwood Versus Heartwood, In Three Different Oak Species. *Drvna Industrija*, 64(4), 323-334.
- Mitchell, P., 1988. Irreversible Property Changes of Small Loblolly Pine Specimens Heated in Air, Nitrogen, or Oxygen, *Wood Fiber Science*, 20(3), 320-333.

- Mizutani, M., Ando, K., 2015. Influence of a Wide Range of Moisture Contents on the Poisson's Ratio of Wood. *Journal of Wood Science*, 61, 81-85.
- Nakano, T., Miyazaki, J., 2003. Surface Fractal Dimensionality and Hygroscopicity for Heated Wood. *Holzforschung*, 57, 289-294.
- Neuhaus, H., 1983. Über das Elastische Verhalten von Fichtenholz in Abhängigkeit von der Holzfeuchtigkeit. *Holz Roh. Werkst.* 41(1), 21-25.
- Niemz, P., 1993. *Physik des Holzes und der Holzwerkstoffe*. DRW-Verlag, 243p, Leinfelden-Echterlingen.
- Noack, D., Geissen, A., 1976. Influence of Temperature and Moisture on the Modulus of Elasticity in the Freezing State. *Holz als Roh und Werkstoff*, 34(2), 55-62.
- Noack, D., Von Roth, W., 1976. On the Theory of Elasticity of the Orthotropic Material Wood. *Wood Science and Technology*, 10(2), 97-110 (1976).
- OGM, 2013. *Orman Atlası*. 116s, Ankara.
- Ozyhar, T., 2013. *Moisture and Time-Dependent Orthotropic Mechanical Characterization of Beech Wood*. Swiss Federal Institute of Technology, PhD. Thesis, 150p, Zurich.
- Ozyhar, T., Hering, S., Niemz, P., 2013a. Moisture-Dependent Orthotropic Tension Compression Asymmetry of Wood. *Holzforschung* 67(4), 395-404.
- Ozyhar, T., Hering, S., Niemz, P., 2013b. Viscoelastic Characterization of Wood: Time Dependence of the Orthotropic Compliance in Tension and Compression. *Journal of Rheology*, 57, 699-715.
- Ozyhar, T., Mohl, L., Hering, S., Hass, P., Zeindler, L., Ackermann, R., Niemz, P., 2014. Orthotropic Hygric and Mechanical Material Properties of Oak Wood. *Wood Material Science and Engineering*, July, 1-10.
- Okuyama, T., 1974. Effect of Strain Rate on Mechanical Properties of Wood. IV. On the Influence of the Rate of Deflection and the Temperature to Bending Strength of Wood. V. On the Influence of the Temperature to Impact Bending Strength. *Journal of the Japan Wood Research Society*, 20(5), 210-216.
- Okuyama, T., 1975. Effect of Strain Rate on Mechanical Properties of Wood. IV. On the Influence of the Rate of Deflection and the Temperature to Bending Strength of Wood. V. On the Influence of the Temperature to Impact Bending Strength. *Journal of the Japan Wood Research Society*, 21(4), 212-216.

- Okuyama, T., Suzuki, S., Terazawa, S., 1977. Effect of Temperature on Orthotropic Properties of Wood. I. On the Transverse Anisotropy in Bending. *Journal of the Japan Wood Research Society*, 23(12), 609-616.
- Östman, B.A.L., 1985. Wood Tensile Strength at Temperatures and Moisture Contents Simulating Fire Conditions. *Wood Sci. Technol.* 19(2),103.
- Öktem, E., Sözen, M.R., 1994. Sedir Odununun Anatomik ve Teknolojik Özellikleri İle Kullanım Yerleri, Eler Ü. (Ed.) *Sedir İçinde* (287-296), Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, 336s, Ankara.
- Özkaya, K., 2013. Determination of Some Physical and Mechanical Properties of Calabrian Pine (*Pinus brutia* Ten.) Trees Grown in the Denizli Area of Turkey, *International Journal of Physical Sciences*, 8(46), 2063-2068.
- Panshin, A.J., De Zeeuw, C., 1980. *Textbook of Wood Technology*, McGraw-Hill, 722p, New York, USA.
- Partl, M., Strassler, H., 1977. Effect of Temperature on the Static and Impact Bending Behavior of Spruce Wood. *Holzforschung und Holzverwertung*, 29(5), 94-101.
- Patterson, D.W., Hartley, J.I., 2013. Do You Always Adjust Test Results to 12 Percent Moisture Content? No!. *Forest Products Journal*, 63 (3/4), 125-127.
- Phuong, L., Shida, S., Saito Y., 2007. Effects of Heat Treatment on Brittleness of *Styrax Tonkinensis* Wood. *Journal of Wood Science*, 53, 181-186.
- Poncsak, S., Kocaefe, D., Bouazara, M., Pichette, A., 2006. Effect of High Temperature Treatment on the Mechanical Properties of Birch (*Betula papyrifera*). *Wood Science and Technology*, 40, 647-663.
- Pozgaj, A., Chovanec, D., Kuriatko, S., Babiak, M., 1993. *Štruktúra a vlastnosti dreva Bratislava*.
- Preusser, R., 1968. Plastic and Elastic Behavior of Wood Affected by Heat in Open Systems. *Holztechnologie*, 9(4), 229-231.
- Prokopski, G., 1996. Influence of Moisture Content on Fracture Toughness of Wood. *Int. J. Fract.* 79(4),R73-77.
- Reiter, A., Sinn, G., 2002. Fracture Behaviour of Modified Spruce Wood: A Study Using Linear and Non-linear Fracture Mechanics. *Holzforschung*, 56, 191-198.
- Reiterer, A., Tschegg, S., 2002. The Influence of Moisture Content on the Mode I Fracture Behaviour of Sprucewood. *J. Mater. Sci.*, 37(20),4487-4491.

- Ross, R.J. (Ed.), 2010. Wood Handbook: Wood as an Engineering Material. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 509p, Madison, WI.
- Rusche, H., 1973a. Thermal Degradation of Wood at Temperatures up to 200°C: Part I. Holz als Roh- und Werkstoff, 31, 273-281.
- Rusche, H., 1973b. Thermal Degradation of Wood at Temperatures up to 200°C: Part II, Holz als Roh- und Werkstoff, 31, 307-312.
- Sailer, M., Rapp, A.O., Leithoff, H., 2000. Improved Resistance of Scots Pine and Spruce by Application of an Oil-Heat Treatment. International Research Group Wood Protection Conference, Section 4-Processes, N^o IRG/WP 00-40162, 14-19 May, Kona, Hawaii, USA.
- Sano, E., 1961. Effects of Temperature on the Mechanical Properties of Wood. I. Compression Parallel-to-grain. II. Tension Parallel to Grain. III. Torsion Test. Journal of the Japan Wood Research Society, 7(4), 147-150, 7(5), 189-191, 7(5), 191-193.
- Santos, J., 2000. Mechanical Behaviour of Eucalyptus Wood Modified by Heat. Wood Science and Technology, 34, 39-43.
- Schaffer, E.L., 1970. Elevated Temperature Effect on the Longitudinal Mechanical Properties of Wood. University of Wisconsin, Dep. Eng. Mech., Ph.D. Thesis, Madison, WI, USA.
- Schaffer, E.L., 1973. Effect of Pyrolytic Temperatures on the Longitudinal Strength of Dry Douglas-Fir. Journal of Testing and Evaluation, 1(4), 319-329.
- Schachner, H., Reiterer, A., Stanzl-Tschegg, S.E., 2000. Orthotropic Fracture Toughness of Wood. J.Mater. Sci. Lett. 19(20),1783-1785.
- Scheffler, M., Niemz, P. Diener, M. Lustig, V. Hardtke, H.J., 2004. Untersuchungen zur Ermittlung der Bruchzähigkeit an Laubholz in den Rissöffnungsmodi I und II. Eur J Wood Prod., 62(2), 93-100.
- Schneider, A., 1971. Investigations on the Influence of Heat Treatments with A Range of Temperatures From 100° to 200°C on the Modulus of Elasticity, Maximum Crushing Strength, and Impact Work of Pine Sapwood and Beech Wood. Holz als Roh- und Werkstoff, 29(11), 431-440.
- Schniewind, A.P., 1962. Tensile Strength Perpendicular to the Grain as a Function of Moisture Content in California Black Oak. Forest Products Journal, 12(5), 249-252.
- Schniewind, A. P., Pozniak, R.A., 1971. On the Fracture Toughness of Douglas fir wood Eng.Fract. Mech. 2(3), 223-233.

- Schniewind, A.P., Barrett, J.D., 1972. Wood as a Linear Orthotropic Viscoelastic Material. *Wood Sci. Technol.*, 6(1), 43-57.
- Sellevold, E.J., Radjy, F., Hoffmeyer, P., Bach, L., 1975. Low Temperature Internal Friction and Dynamic Modulus for Beech Wood. *Wood Fiber*, 7(3),162-169.
- Shi, J., Kocaefe, D., Zhang J., 2007. Mechanical Behaviour of Quebecwood Species Heat-treated Using Thermo Wood Process. *Holz als Roh und Werkstoff*, 65, 255-259.
- Shmulsky, R., Jones, P.D., 2011. *Forest Products and Wood Science An Introduction*. Wiley & Blackwell, West Sussex, UK.
- Siimes, F.E., 1967. The Effect of Specific Gravity, Moisture Content, Temperature and Heating Time on the Tension and Compression Strength and Elastic Properties Perpendicular to the Grain of Finnish Pine, Spruce and Birch Wood and the Significance of Those Factors on the Checking of Timber at Kiln Drying. *Valtion teknillinen tutkimuslaitos*, 86p, Helsinki, Finland.
- Sinha, A., Gupta, R., Nairn, J.A., 2010. Effect of Heat on the Mechanical Properties of Wood and Wood Composites. *World Conference on Timber Engineering*, Riva del Garda, Italy, 20-24 June.
- Skarvelis, M., Mantanis, G.I., 2013. Physical and Mechanical Properties of Beech Wood Harvested in the Greek Public Forests. *Wood Research*, 58(1), 1-8.
- Smith, I., Landis, E., Gong, M., 2003. *Fracture and Fatigue in Wood*, Wiley, 242p, Chichester, West Sussex, England.
- Smith, I., Vasic, S., 2003. Fracture Behaviour of Softwood. *Mech. Mater.* 35(8),803-815.
- Stamer, J., Sieglerschmidt, H., 1993. Elastische Formänderung der Hölzer. *Z. Ver. Dtsch. Ing.*, 77(19), 503-505.
- Stamm, A., Burr, H., Kline, A., 1946. Stayb-wood a Heat Stabilized Wood. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 38(6), 630-634.
- Sulzberger, P.H., 1953. The Effect of Temperature on the Strength of Wood, Plywood and Glue Joints. *Aeronautical Research Consultative Committee Rep. ACA-46*, 44p.
- Şanlı, I., 1977. Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky)'nin Türkiye'de Çeşitli Yörelere Oluşan Odunları Üzerine Anatomik Araştırmalar, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri A*, 27(1), 1-78.
- Şanlı, T., 2008. Sapsız Meşe (*Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl. subsp. *iberica* (Steven ex Bieb) Krassiln)'nin Bazı Teknolojik Özellikleri Üzerine İsil

İşlemin Etkileri, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 127s, Düzce.

Taghiyari, H.R., Enayati, A., Gholamiyan, H., 2012. Effects of Nano Silver Impregnation on Brittleness, Physical and Mechanical Properties of Heat Treated Hardwoods. *Wood Science and Technology*, 47(3), 467-480.

Thibaut, B., Gril, J., Fournier, M., 2001. Mechanics of Wood and Trees: Some New Highlights for An Old Story. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Series IIB-Mechanics*, 329(9), 701-716.

Tiemann, H.D., 1906. Effect of Moisture Upon the Strength and Stiffness of Wood. *Forest Service Bul. 70*, U.S. Dept. of Agriculture.

Toker, H., 2007. Borlu Bileşiklerin Ağaç Malzemenin Bazı Fiziksel Mekanik ve Biyolojik Özelliklerinin Belirlenmesi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 246s, Ankara.

Tsuzuki, K., Takemura, T., Asano, I., 1976. Physical Properties of Wood-based Material at Low Temperatures. I. The Bending Strength of Wood as Related to Temperature and Specific Gravity. *Journal of the Japan Wood Research Society*, 22(7), 381-386.

TS 2471, 2005. Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Rutubet Miktarı Tayini. TSE, Ankara.

TS 2472, 2005. Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Birim Hacim Ağırlığı Tayini. TSE, Ankara.

TS 2474, 2005. Odunun Statik Eğilme Dayanımının Tayini. TSE, Ankara.

TS 2478, 2005. Odunun Statik Eğilmede Elastikiyet Modülünün Tayini. TSE, Ankara.

Ünsal, Ö., Ayrılmış, N., 2005. Variations in Compression Strength and Surface Roughness of Heat-treated Turkish River Red Gum. *Journal of Wood Science*, 51, 405-409.

Vasic, S., Stanzl-Tschegg, S.E., 2007. Experimental and Numerical Investigation of Wood Fracture Mechanisms at Different Humidity Levels. *Holzforschung*, 61, 367-374.

Vital, B., Lucia, R., Della, R., Euclides, R., 1983. Effect of Heating on Some Properties of Eucalyptus Saligna Wood. *Revista-Árvore*, 7(2), 136-146.

Yaltırık, F., 1984. Türkiye Meşeleri Teşhis Kılavuzu. Yenilik Basımevi, 87s, İstanbul.

Yang, Te-H., Chang, F.R., Lin, C.J., Chang, F.C., 2016. Heat-treated Japanese Cedar. *BioResources*, 11(2), 3947-3963.

- Yildiz, S., 2002. Isıl İşlem Uygulanan Doğu Kayını ve Doğu Ladini Odunlarının Fiziksel, Mekanik, Teknolojik ve Kimyasal Özellikleri. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 285s, Trabzon.
- Youngs, R.L., 1957. The Perpendicular-to-grain Mechanical Properties of Red Oak as Related to Temperature, Moisture Content, and Time. U.S. Dep. Agric., For. Serv., For. Prod. Lab Rep. No. 2079, 209p.
- Zhao, L., Lu, J., Zhou, Y., Jiang, J., 2015. Effect of Temperature Cyclic Treatments on Modulus of Elasticity of Birch Wood. *Bioresources*, 10(2), 2318-2327.
- Zhong, Y., Zhou, H., Wen, L., 2015. The Effect of Elevated Temperature on Bending Properties of Normal Wood Inside Chinese Larch Wood During Fire Events. *BioResources*, 10(2), 2926-2935.
- Zink, AG, Hanna, R.B., Stelmokas, J.W., 1997. Measurements of Poisson's Ratios for Yellow Poplar. *Forest Products Journal*, 47(3), 78.
- Wahl, P., Simonaho, S.P., Pakarinen, T., Silvennoinen, R., 2004. Effect of heat-treatment on scattering of laser light from wood grains. *Holz Roh-Werkstoff*, 62(5), 343-345.
- Wilson, T.R.C., 1932. Strength-moisture Relations for Wood. U.S. Department of Agriculture, Technical Bulletin No. 282, 89p.
- Winandy, J., Lebow, P., 2001. Modeling Strength Loss in Wood by Chemical Composition. Part I. An Individual Component Model for Southern Pine. *Wood Fiber Science*, 33(2), 239-254.
- Winandy, J.E., Rowell, R.M., 2005. Chemistry of Wood Strength, Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites. CRC Press, 487p, Madison.
- Windeisen, E., Bachle, H., Zimmer, B., Wegener, G., 2008. Relations Between Chemical Changes and Mechanical Properties of Thermally Treated Wood. *Holzforschung*, 63(6), 773-778.
- Wommelsdorf, O., 1996. Dehnungs- und Querdehnungszahlen von Hölzern. Dissertation, Technische Hochschule Hannover.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Tuğba YILMAZ AYDIN
Doğum Yeri ve Yılı : Aybastı, 1985
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : tugbayilmaz@sdu.edu.tr



Eğitim Durumu

Lise :Aybastı Çok Programlı Lisesi, 2002
Lisans :DPÜ, Teknik Eğitim Fakültesi, Mobilya ve Dekorasyon Öğretmenliği, 2008
Yüksek Lisans :SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği, 2011

Mesleki Deneyim

Aybastı Çok Programlı Lisesi	2008-2009
M.S.K.Ü. Teknoloji Fakültesi	2011-2011
S.D.Ü. Orman Fakültesi	2011-..... (halen)

Yayımları

Guntekin, E., Emiroglu, Z.G., Yılmaz T., 2013. Prediction of Bending Properties for Turkish Red Pine (*Pinus brutia* Ten.) Lumber using Stress Wave Method. BioResources, 8(1), 231-237.

Guntekin, E., Ozkan, S., Yılmaz,T., 2014. Prediction of bending properties for beech lumber using stress wave method. Maderas. Ciencia y tecnología, 16(1), 93-98.

Guntekin, E., Yılmaz Aydın, T., Niemz, P., 2015. Prediction of Compression Properties in Three Orthotropic Directions for Some Important Turkish Wood Species Using Ultrasound. BioResources 10(4), 7252-7262.

Guntekin, E., Yılmaz Aydın, T., Niemz, P., 2016. Some Orthotropic Elastic Properties of *Fagus Orientalis* as Influenced by Moisture Content. Wood

Research, 61(1),95-104.

Güntekin, E., Yılmaz Aydın, T., 2016. Prediction of Bending Properties for Some Softwood Species Grown in Turkey Using Ultrasound. WOOD RESEARCH, 61(6), p. 993-1002.

Güntekin, E., Başboğa, İ.H., Yılmaz, T., 2012. Paralel Başlıklı Ahşap Kafes Kirişlerin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Analizi. Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi, 8(1),102-106.

Güntekin, E., Yılmaz, T., 2012. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Kerestesi için Direnç Sınıflandırması. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 2, 134-139.

Yılmaz, T., Güntekin, E., 2012. Sandalye Çerçvelerinin Sonlu Elemanlar Analizi. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 2, 140-142.

Güntekin, E., Yılmaz, T., 2013. Eğilmeye Çalışan Budaklı Kirişlerin Sonlu Elemanlar Modelleri. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 14, 53-57.

Güntekin, E., Cengiz, Y., Aydoğan, T., Yılmaz Aydın, T., Özdamar, H., 2014. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Kerestesinde Elastikiyet Modülünün Doğrusal Modelleme ve Yapay Sinir Ağları İle Tahmini. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 18(2), 64-68.

Güntekin, E., Yılmaz Aydın, T., 2015. Kızılçamdan (*Pinus brutia* Ten.) Üretilen Tabakalı Kerestede Cam Lifi ve Çelik Plaka ile Güçlendirmenin Eğilme Performansına Etkisi. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 15 (1), 73-77.

Güntekin, E., Yılmaz Aydın, T., 2015. Kızılçam Odununda (*Pinus brutia* Ten.) Yorulma Özelliklerinin Belirlenmesi. Turkish Journal of Forestry, 16(1), 36-41.

Güntekin, E., Yılmaz Aydın, T., Niemz, P., 2016. Some Orthotropic Mechanical Properties of Sessile Oak (*Quercus petraea*) as Influenced by Moisture Content. Eurasian Journal of Forest Science, (41):40-47.

Aydın, M., Aydın Yılmaz, T. 2016. Türkiye’de İnşa Edilen Yatların İç Mekan Tasarımı Üzerine Bir Araştırma. Tasarım+Kuram Dergisi, 12(21),61-77.

Güntekin, E., Cengiz, Y., Yılmaz, T., 2011. Prediction of MOE for Turkish Red Pine: Stress Wave versus Artificial Neural Networks. 17th International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium, September 14th-16th, Sopron, Hungary.

Güntekin, E., Yılmaz Aydın, T., 2013. Effects of Moisture Content on Some Mechanical Properties of Turkish Red Pine (*Pinus Brutia* Ten.).

International Caucasian Forestry Symposium, 24-26 October 2013, Artvin, Turkey.

Guntekin, E., Yılmaz Aydın, T., Niemz, P., 2015. Prediction of Young Modulus in Three Orthotropic Directions for Some Important Turkish Wood Species Using Ultrasound. 19th International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium, September 22-25, Rio de Janeiro – Brazil.

Güntekin, E., Yılmaz Aydın, T., Niemz, P., 2015. Some Orthotropic Mechanical Properties Of Sessile Oak (*Quercus petraea*) as Influenced by Moisture Content. 27th International Conference Research for Furniture Industry, September 17th-18th, Ankara, Turkey.

Güntekin, E., Yılmaz Aydın, T., Niemz, P., 2015. Determination of Young's Modulus in Three Orthotropic Directions for Calabrian Pine and Taurus Cedar Using Ultrasound and Digital Image Correlation (DIC). ISITES2015, Valencia Polytechnic University, Spain.

Yılmaz,T.,Güntekin, E., Şahin,H.T., Yalçın,Ö.Ü., 2013. UV Işınlarnın Lake Boya Uygulamasında Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikler Üzerine Etkisi. II. Ulusal Mobilya Kongresi, Nisan 11-13, Denizli, 150-159.

Güntekin,E., Yılmaz Aydın, T., Uner, B., 2015. Isıl İşlemin Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Odununda Bazı Mekanik Özelliklere ve Yapışma Direncine Etkisi. III. Ulusal Mobilya Kongresi, Nisan 10-12, Konya, 51.

Yılmaz,T., Güntekin,E., 2015. Rutubetin Kayın (*Fagus orientalis*) Odununda Ortotropik mekanik özelliklere etkisi. III. Ulusal Mobilya Kongresi, Nisan 10-12, Konya, 50.

Güntekin, E., Yılmaz Aydın, T., 2016. Determination of Elastic Constants For Anatolianblack Pine Wood Using Ultrasound. World Conference on Timber Engineering, p. 976-981, 22-25 August 2016, Vienna-Austria.

Güntekin, E., Yılmaz Aydın, T., Aydın, M., 2016. Elastic Constants of Calabrian Pine and Cedar. International Forestry Symposium, 7-10 2016 December, Kastamonu, TURKEY.

Yılmaz Aydın, T., Güntekin, E., Aydın, M., 2016. Finite Element (FE) Analysis of Chair Frames Constructed with Turkish Red Pine (*Pinus brutia* Ten.). 1st International Mediterranean Science and Engineering Congress, 26-28 October 2016, Adana, Turkey.

Yılmaz Aydın, T., Güntekin, E., Aydın, M., 2016. Effects of Heat Treatment on Some Orthotropic Mechanic Properties of Oak (*Quercus petraea*) Wood. 1st International Mediterranean Science and Engineering Congress, 26-28 October 2016, Adana, Turkey.

Aydın, M., Yılmaz Aydın, T., Güntekin, E.,2016. Noise And Vibration Damping For Yacht Interior. II. International Furniture Congress (IFC), 13-15th October 2016, Muğla, Turkey.

Güntekin, E., Yılmaz Aydın, T., Aydın, M., 2016. Elastic Constants of Oriental Beech (*Fagus orientalis*) and Sessile Oak (*Quercus petraea*). II. International Furniture Congress (IFC), 13-15th October 2016, Muğla, Turkey.

Güntekin, E., Üner, B., Yılmaz Aydın, T. 2016. Mass loss, Wettability and Bonding Performance of Calabrian Pine (*Pinus brutia* Ten.) Wood as Influenced by Heat Treatment. International Multidisciplinary Congress of Eurasia, 11-13th July 2016, Odessa, Ukraine.

