



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



YÜKSEK LİSANS

ISIL İŞLEMİN SARIÇAM (*Pinus sylvestris* L.) ODUNUNUN
ANATOMİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ

Fatma Diğdem TUNCER

Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü

Orman Biyolojisi ve Odun Koruma Teknolojisi Programı

Danışman

Doç. Dr. Ayşe Dilek DOĞU

Haziran, 2014

İSTANBUL

Bu çalışma 12/06/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Orman Endüstri Mühendisliğı Anabilim Dalı Orman Biyolojisi ve Odun Koruma Teknolojisi programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi:



Doç. Dr. A. Dilek DOĞU (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Orman Fakültesi



Prof. Dr. S. Nami KARTAL
İstanbul Üniversitesi
Orman Fakültesi



Doç. Dr. Cihat TAŞÇIOĞLU
Düzce Üniversitesi
Orman Fakültesi



Doç. Dr. Nural YILGÖR
İstanbul Üniversitesi
Orman Fakültesi



Doç. Dr. Coşkun KÖSE
İstanbul Üniversitesi
Orman Fakültesi

Bu alışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin 27324 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

“Isıl İşlemin Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Odununun Anatomik Özellikleri Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi” adlı bu çalışma, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Biyolojisi ve Odun Koruma Teknolojisi Programında, Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez danışmanlığımı üstlenerek araştırma konusunun seçiminden ve yürütülmesine kadar her aşamada yanımda olan, destek ve yardımını asla esirgemeyen, değerli bilimsel uyarı ve önerilerinden yararlandığım Sayın Hocam Doç. Dr. A. Dilek DOĞU’ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmada kullanılan ağaçları temin etmeme yardımcı olan Bolu Orman Bölge Müdürlüğü, Aladağ Orman İşletme Şefi Sayın Osman ÖZDEMİR’e, ısıl işlem çalışmalarını gerçekleştirdiğim Nova Orman Ürünleri San. Tic. A.Ş.’nin Gerede de bulunan Thermowood Kereste Üretim Fabrikası müdürü ve teknik personeline teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Örneklerimin hazırlanmasında emeği geçen İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Atölyesi çalışanlarına; deneysel çalışmalarım sırasında laboratuvarlarını kullanma imkanı sunan İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Anabilim dalındaki değerli hocalarıma; çalışmalarım sırasında bilimsel düşünceleri ile beni aydınlatan tavsiyelerini aldığım Sayın hocalarımla Prof. Dr. S. Nami KARTAL, Doç. Dr. Nural YILGÖR ve Doç. Dr. Coşkun KÖSE’ye, ayrıca çalışmalarım sırasında değerli tavsiyelerini ve yardımlarını esirgemeyen, bilgilerinden faydalandığım sevgili meslektaşım Sayın Araş. Gör. Dr. Kamile TIRAK HIZAL’a şükranlarımı sunarım.

Çalışmalarım boyunca manevi desteğini esirgemeyen bugünlere gelmemde en büyük katkı sahibi olan annem Sevim KANGALOĞLU ve babam Ahmet Cafer KANGALOĞLU’na, bir yaz dönemini benimle birlikte çalışmaya ayıran sevgili kardeşim M. Hurşit KANGALOĞLU’na ve her zaman yanımda olan hayat arkadaşım Ergün TUNCER’e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haziran, 2014

F. Diğdem KANGALOĞLU TUNCER

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ	xxviii
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	xxxii
ÖZET.....	xxxii
SUMMARY	xxxiv
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL KISIMLAR	4
2.1. ÇAM TÜRLERİ (<i>PINUS SPP.</i>)	4
2.1.1. Sarıçam.....	5
2.1.1.1. Botanik Özellikleri	5
2.1.1.2. Doğal Yayılışı	7
2.1.1.3. Yetiştirme Yeri İstekleri	8
2.1.1.4. Kullanım Alanları	8
2.1.1.5. Anatomik Özellikleri	9
2.1.1.6. Fiziksel, Mekanik, Kimyasal ve Teknolojik Özellikleri.....	10
2.2. ODUN MODİFİKASYON YÖNTEMLERİ.....	11
2.2.1. Isıl İşlem Yöntemi.....	15
2.3. ISIL İŞLEMİN ODUN ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ	21
2.3.1. Isıl İşlemin Anatomik Özellikler Üzerine Etkisi.....	23
2.3.2. Isıl İşlemin Fiziksel Özellikler Üzerine Etkisi.....	26
2.3.1.1. Ağırlık Kaybı, Boyutsal Değişim ve Yoğunluk.....	29
2.3.1.2. Daralma-Genişleme Oranları (Çalışma)	30
2.3.1.3. Çatlama ve Renklenmeler	31
2.3.3. Isıl İşlemin Mekanik ve Teknolojik Özellikler Üzerine Etkisi	32
2.3.4. Isıl İşlemin Kimyasal Özellikler Üzerine Etkisi	35
2.3.5. Isıl İşlemin Dayanıklılık Özellikleri Üzerine Etkisi	38

3. MALZEME VE YÖNTEM	42
3.1. DENEME ALANININ TANITIMI VE DENEME AĞAÇLARININ SEÇİMİ	42
3.2. ISIL İŞLEM UYGULAMALARI İÇİN ÖRNEKLERİN HAZIRLANMASI	44
3.3. UYGULANAN ISIL İŞLEM YÖNTEMİ (THERMOWOOD).....	45
3.4. ISIL İŞLEM SONRASI İNCELEME VE ÖLÇMELER İÇİN DENEME ÖRNEKLERİNİN HAZIRLANMASI	47
3.4.1. Anatomik İncelemeler	49
3.4.1.1. Makroskopik İncelemeler.....	49
3.4.1.2. Mikroskopik İncelemeler.....	50
3.4.1.3. Ultramikroskopik İncelemeler	52
3.4.2. Fiziksel Özellikler	52
3.4.2.1. Hava Kurusu Yoğunluk.....	52
3.4.2.2. Tam Kuru Yoğunluk.....	55
3.4.2.3. Hacim-Ağırlık Değeri	55
3.4.2.4. Sorpsiyon Denemeleri.....	56
3.5. İSTATİSTİK YÖNTEMLER	58
3.6. KISITLAYICI FAKTÖRLER	58
4. BULGULAR	60
4.1. ANATOMİK İNCELEMELER.....	60
4.1.1. Makroskopik İncelemeler.....	60
4.1.2. Mikroskopik İncelemeler	76
4.1.2.1. Enine Kesit.....	77
4.1.2.2. Radyal Kesit.....	118
4.1.3. Ultramikroskopik İncelemeler	146
4.2. FİZİKSEL ÖZELLİKLER	184
4.2.1. Yoğunluk Denemeleri	184
4.2.1.1. Hava Kurusu Yoğunluk.....	184
4.2.1.2. Tam Kuru Yoğunluk.....	188
4.2.2. Hacim-Ağırlık Denemeleri.....	192
4.2.3. Sorpsiyon Denemeleri.....	196
4.2.3.1. Daralma Denemeleri	196
4.2.3.2. Genişleme Denemeleri.....	202
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	209

5.1.	MAKROSKOPİK YAPI	209
5.2.	MİKROSKOPİK VE ULTRAMİKROSKOPİK YAPI.....	211
5.3.	FİZİKSEL ÖZELLİKLER	215
5.3.1.	Daralma ve Genişleme	218
	KAYNAKLAR	228
	ÖZGEÇMİŞ.....	245

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: Sarıçamın sürgün, kozalak ve dal yapısı (Kohler, F.E., 2014).....	6
Şekil 2.2: Sarıçam'ın (<i>Pinus sylvestris</i> L.) doğal yayılışı (Mátyás ve diğ., 2004).	7
Şekil 2.3: Isıl işlem diyagramı (Mayes ve Oksanen, 2002).	18
Şekil 2.4: Isıl işlem uygulanmış odundaki reaksiyon mekanizması (Mayes ve Oksanen, 2002).....	22
Şekil 2.5: Thermowood uygulanmış çam odunundaki sıcaklığa bağlı görülen renk değişimleri (Anon., 2003).....	27
Şekil 2.6: Isıl işlem sonucunda odunun ana bileşenlerinde meydana gelen kimyasal değişimler (Esteves ve Pereira, 2009).....	36
Şekil 2.7: Nemli şartlar altında ısıl işlem muamelesi ve kurumadan dolayı odun bileşiklerindeki genel değişim (Johansson, 2005).	37
Şekil 3.1: Deneme ağaçlarının alındığı alan.	42
Şekil 3.2: Deneme ağaçlarının alınması.	43
Şekil 3.3: Deneme ağaçlarının kesim planı (K: Kontrol, T.S.: Thermo-S, T.D.: Thermo-D). ...	44
Şekil 3.4: Deneme ağaçlarından kerestelerin elde edilmesi.	45
Şekil 3.5: İthal kerestelerden ısıl işlem ve kontrol örneklerinin hazırlanması.....	45
Şekil 3.6: Isıl işlem uygulamaları için fırınlara yerleştirilen keresteler.....	46
Şekil 3.7: Anatomik incelemeler ve fiziksel özellikler için örneklerin hazırlanması.	48
Şekil 3.8: Fiziksel özellikler için deneme örneklerinin hazırlanması.	49
Şekil 3.9: Yıllık halka genişliği ölçümleri için yerli örneklerin hazırlanması.	49
Şekil 3.10: Eclund Brinell Mikroskopunda yıllık halka genişlik ölçümü.....	50
Şekil 3.11: Mikroskopik kesitlerin hazırlanması.	51
Şekil 3.12: Fiziksel özellikler için hazırlanan örneklerde kodlandırma.	53
Şekil 3.13: İklimlendirme kabiniinde hava kurusu hale getirilen örnekler.....	53
Şekil 4.1: “1 No.lu” deneme ağacının yıllık halka kronolojisi.	62

Şekil 4.2: “2 No.lu” deneme ağacının yıllık halka kronolojisi.	62
Şekil 4.3: Isıl işlem uygulaması sonucu oluşan renk değişikliği.	64
Şekil 4.4: Teknik kurutmaya tabi tutulmuş yerli sarıçam kontrol örneği; a: orta kısım, b:uç kısım, yüzeysel çatlak oluşumu. (Fotoğraf makinesi görüntüsü)	66
Şekil 4.5: Teknik kurutmaya tabi tutulmuş yerli sarıçam kontrol örneği; a: orta kısım, b: uç kısım, yüzeysel çatlak oluşumu. (Stereomikroskop görüntüsü; X 0,7)	66
Şekil 4.6: Yerli sarıçam diri odunundan elde edilen Thermo-S örnekleri; a:orta kısım, b:uç kısım, yüzeysel çatlak oluşumu (Fotoğraf makinesi görüntüsü).	67
Şekil 4.7: Yerli sarıçam diri odunundan elde edilen Thermo-S örnekleri; a:orta kısım, b:uç kısım, yüzeysel çatlak oluşumu. (Stereomikroskop görüntüsü; X 0,7)	67
Şekil 4.8: Diri odundan elde edilen yerli sarıçam Thermo-D örnekleri; a:orta kısım, b:uç kısım, yüzeysel çatlak oluşumu (Fotoğraf makinesi görüntüsü)	68
Şekil 4.9: Yerli sarıçam diri odunundan elde edilen ısıl işlem uygulanmış uç kısım örneklerinin karşılaştırılması; a: Thermo-S, b: Thermo-D, çatlak sayısı ve ebatlarında artış (Stereomikroskop görüntüsü; x 0,7).	68
Şekil 4.10: Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam öz odununda orta (a, c) ve uç (b, d) kısımlar. .	69
Şekil 4.11: Yerli sarıçam Thermo-D uygulanmış öz odun; a:orta kısım, iç çatlak oluşumu, b:uç kısım, oluklaşma (Fotoğraf makinesi görüntüsü).	70
Şekil 4.12: Yerli sarıçam Thermo-D uygulanmış öz odun; a:orta kısım, iç çatlak oluşumu, b: uç kısım (Stereomikroskop görüntüsü; x 0,7).....	70
Şekil 4.13: İthal sarıçam Thermo-S kontrol örnekleri; a, c, e: uç kısımlar, b, d, f: orta kısımlar, radyal yönde ilerleyen ince çatlaklar (beyaz oklar). (Stereomikroskop görüntüsü; X 0,7).....	72
Şekil 4.14: İthal sarıçam Thermo-D kontrol örnekleri; a, c, e: uç kısımlar, b, d, f: orta kısımlar. (Stereomikroskop görüntüsü; X 0,7)	73
Şekil 4.15: İthal sarıçam Thermo-S örnekleri; ; a, c, e: uç kısımlar, b, d, f: orta kısımlar. radyal yönde ilerleyen ince çatlaklar (beyaz oklar). (Stereomikroskop görüntüsü; X 0,7).....	74
Şekil 4.16: İthal sarıçam Thermo-D örnekleri; a, c, e: uç kısım, b, d, f: orta kısım. radyal yönde ilerleyen ince çatlaklar (beyaz oklar). (Stereomikroskop görüntüsü; X 0,7)	75
Şekil 4.17: Hiç işlem uygulanmamış yerli sarıçam kontrol örneği; a) ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalarda (1 no.lu oklar), b) yaz odunu tabakasında boyuna reçine kanalı etrafındaki boyuna traheid çeperlerinde incelemeler (2 no.lu oklar).	78
Şekil 4.18: Hiç işlem uygulanmamış yerli sarıçam kontrol örneği; yaz odunu tabakası boyunca öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalarda (1 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheid çeperlerinde orta lamelden ayrılmalarda (2 no.lu oklar).	79

- Şekil 4.19:** Teknik kurutma uygulanmış yerli sarıçam iç kısım kontrol örneği; öz ışınları boyunca yaz odunu tabakalarında teğet yönde ayrılmalar (1 no.lu oklar), parçalanmış boyuna reçine kanalları (2 no.lu oklar).....80
- Şekil 4.20:** Teknik kurutma uygulanmış yerli sarıçam iç kısım kontrol örneği; a) yıllık halka başlangıcında ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (4 no.lu oklar), b) boyuna reçine kanalları etrafındaki traheid hücre çeperlerinde incelme (2 no.lu oklar) ve parçalanmalar (3 no.lu oklar) yaz odunu boyuna traheid hücrelerinin orta lamelden ayrılmaları nedeniyle oluşan düzensiz çatlaklar (1 no.lu oklar).....80
- Şekil 4.21:** Teknik kurutma uygulanmış yerli sarıçam dış kısım kontrol örneği; ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde ayrılmalar (1 no.lu oklar), öz ışınlarında bozunmalar (2 no.lu ok).....81
- Şekil 4.22:** Teknik kurutma uygulanmış yerli sarıçam dış kısım kontrol örneği; ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar) ve kopmalar (2 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde teğet yönde genişlemeler (3 no.lu oklar) ve kopmalar (4 no.lu oklar).81
- Şekil 4.23:** Teknik kurutma uygulanmış yerli sarıçam dış kısım kontrol örneği; ilkbahar odunu tabakasından yaz odununa geçiş zonunda boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar) ve ilkbahar odunu tabakası başlangıcında hücre çeperlerinde kopmalar (2 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücrelerinde orta lamelden ayrılmalar sonucu düzensiz ilerleyen çatlaklar (3 no.lu oklar), boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücrelerinde parçalanmalar (4 no.lu oklar), bu kanalların yakınındaki yaz odunu boyuna traheid çeperlerinde incelme (5 no.lu oklar) ve parçalanmalar (6 no.lu oklar).....82
- Şekil 4.24:** Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam diri odun iç kısım örneği; yaz odunu tabakası boyunca öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar (1 no.lu ok), boyuna reçine kanalları çevresindeki epitel hücre çeperlerinde parçalanma (5 no.lu ok) ve bu kanalların yakınındaki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler ve parçalanmalar (2 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (4 no.lu oklar) ve kopmalar (3 no.lu oklar).....82
- Şekil 4.25:** Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam diri odun iç kısım örneği; a-c-d) ilkbahar odunu tabakası boyunca boyuna traheid hücre çeper tabakalarında ayrılmalar (1 no.lu oklar) ve parçalanmalar (2 no.lu oklar), b) yaz odunu tabakasındaki sağlam haldeki kenarlı geçitler (3 no.lu oklar).83
- Şekil 4.26:** Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam diri odun iç kısım örneği; a) daha dar yıllık halka, b) daha geniş yıllık halka.84
- Şekil 4.27:** Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam diri odun iç kısım örneği; a-c-d) ilkbahar odunu tabakası boyunca boyuna traheid hücre çeper tabakalarında ayrılmalar ve parçalanmalar (1 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde teğet yönde genişlemeler (2 no.lu oklar), b) yaz odunu tabakası boyunca reçine kanalı yakınındaki boyuna traheid hücre çeperlerinde parçalanmalar(3 no.lu oklar).....84
- Şekil 4.28:** Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam diri odun iç kısım örneği; yıllık halka düzleminde kayma.85

- Şekil 4.29:** Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam diri odun dış kısım örneği; c-d) ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeper tabakalarında ayrılmalar (5 no.lu oklar) ve kopmalar (6 no.lu oklar), a) yaz odunu tabakasında boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücre çeperlerinde parçalanmalar (1 no.lu oklar), bu kanalların yakınındaki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler (2 no.lu oklar), öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar (3 no.lu oklar), a-b) yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinin dış tabakalarında bozunmalar (4 no.lu oklar).86
- Şekil 4.30:** Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam diri odun örneği dış kısım örneği; a) ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde bozunmalar (2 no.lu oklar), b) yaz odunu tabakasında boyuna reçine kanalı çevresinde bulunan boyuna traheid hücre çeperlerinde parçalanmalar (1 no.lu oklar).86
- Şekil 4.31:** Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam diri odun dış kısım örneği; yaz odunu tabakasında öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar (1 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheidlerinde orta lamelden ayrılmalar sonucu düzensiz ilerleyen çatlaklar (2 no.lu oklar), boyuna reçine kanalları çevresinde parçalanmış traheid çeperleri (4 no.lu oklar), öz ışınlarının radyal yönde uzanışında meydana gelen değişiklikle belirgin hale gelen yıllık halka düzleminden kayma (3 no.lu oklar).87
- Şekil 4.32:** Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam diri odun dış kısım örneği; a-b) ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde kopmalar (1 no.lu oklar), boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücrelerinde parçalanmalar (2 no.lu ok), bu kanalların yakınındaki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler (3 no.lu ok), öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar (4 no.lu oklar).....87
- Şekil 4.33:** Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam öz odun iç kısım örneği; ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar) ve kopmalar (2 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde teğet yönde genişlemeler (3 no.lu oklar).....88
- Şekil 4.34:** Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam öz odun iç kısım örneği; yaz odunu tabakasında boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücre çeperlerinde parçalanmalar (1 no.lu oklar), bu kanalların yakınındaki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler (2 no.lu oklar) ve parçalanmalar (3 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücrelerinde orta lamelden ayrılmalar sonucu teğet yönde (4 no.lu oklar) ve radyal yönde (5 no.lu oklar) ilerleyen çatlaklar.....88
- Şekil 4.35:** Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam öz odun iç kısım örneği; ilkbahar odunu boyuna traheidlerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar) ve kopmalar (2 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheidlerinde orta lamelden ayrılmalar sonucu düzensiz ilerleyen çatlaklar (3 no.lu oklar).....89
- Şekil 4.36:** Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam öz odun iç kısım örneği; a-b) yaz odunu tabakası; yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinin orta lamelden ayrılmaları sonucu odun yapısında düzensiz yönde ilerleyen çatlaklar (1 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinin dış tabakalarında bozunmalar (2 no.lu oklar), boyuna reçine kanallarının yakınındaki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler (3 no.lu oklar) c-d) ilkbahar odunu tabakası; ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (4 no.lu oklar), hücre çeperlerinde kopmalar (5 no.lu ok), sekonder çeperin lümen tarafında bozunmalar (6 no.lu ok), kenarlı geçitlerde teğet yönde genişlemeler (7 no.lu ok).....90
- Şekil 4.37:** Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam öz odun dış kısım örneği; a) ilkbahar odunu tabakası boyunca boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu

- oklar) ve kopmalar (2 no.lu oklar), b) yaz odunu tabakası, boyuna reçine kanalları yakınındaki yaz odunu traheid hücre çeperlerinde incelmeler (3 no.lu ok) ve parçalanmalar (4 no.lu ok), boyuna reçine kanalı ile temas eden öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar sonucu radyal çatlaklar (5 no.lu ok).91
- Şekil 4.38:** Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam öz odun dış kısım örneği; yıllık halka sınırı boyunca teğet yönde uzanan çatlaklar (1 no.lu oklar), yaz odunu tabakasında boyuna traheid hücre çeperlerinin orta lamelden ayrılmaları sonucunda oluşan düzensiz çatlaklar (2 no.lu oklar) ve radyal yönde (3 no.lu ok) ilerleyen çatlaklar.....91
- Şekil 4.39:** Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam öz odun dış kısım örneği; a) yıllık halka düzleminde kaymalar (1 no.lu oklar), b) yaz odunu tabakasında boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücre çeperlerinde parçalanmalar (3 no.lu oklar), bu kanalların yakınındaki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler (2 no.lu oklar).....92
- Şekil 4.40:** Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam öz odun dış kısım örneği; a) ilkbahar odunu tabakasında boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar) ve kopmalar (2 no.lu oklar), b) yaz odunu tabakasında boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücre çeperlerinde (4 no.lu ok) ve bu kanalların yakınındaki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde (5 no.lu ok) parçalanmalar.....92
- Şekil 4.41:** İthal sarıçam Thermo-S kontrol örnekleri dış kısım; a) daha geniş yıllık halkaya sahip kontrol örneğinde öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar (oklar), b) dar yıllık halkaya sahip kontrol örneğinde teğet yönde ayrılmaların görülmediği öz ışınları.....95
- Şekil 4.42:** İthal sarıçam Thermo-S kontrol örnekleri dış kısım; daha geniş yıllık halkaya sahip kontrol örneklerinde ilkbahar odunu tabakası, a) ilkbahar odunu boyuna traheidlerinde orta lamelden ayrılma (1 no.lu ok), traheid hücre çeperlerinde parçalanmalar (3 no.lu ok), traheid hücre çeperlerinin lümen tarafında bozunmalar (4 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde teğet yönde genişlemeler (beyaz oklar), b) ilkbahar odunu traheid hücre çeperlerinde kopmalar (2 no.lu oklar).....96
- Şekil 4.43:** İthal sarıçam Thermo-S kontrol örnekleri dış kısım; dar yıllık halkaya sahip kontrol örneği ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde kopmalar (1 no.lu oklar), orta lamelden ayrılmalar (2 no.lu oklar) ve parçalanmalar (3 no.lu oklar).96
- Şekil 4.44:** İthal sarıçam Thermo-S kontrol örnekleri dış kısım; daha geniş yıllık halkaya sahip kontrol örneklerinde yaz odunu tabakası, a) yaz odunu boyuna traheid hücrelerinin lümen tarafındaki çeperlerinde (beyaz oklar) ve orta lamel tarafında (1 no.lu oklar) bozunmalar; b) yaz odunu boyuna traheid çeperlerinde lümeden orta lamel doğru ilerleyen ince çatlaklar (2 no.lu oklar).97
- Şekil 4.45:** İthal sarıçam Thermo-S kontrol örnekleri dış kısım; a) Daha geniş yıllık halkaya sahip kontrol örneklerinde boyuna reçine kanalı çevreleyen epitel hücrelerinde parçalanmalar (1 no.lu oklar), reçine kanalı çevresindeki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler (3 no.lu oklar) ve parçalanmalar (4 no.lu ok), boyuna reçine kanalı çevresinde yaz odunu traheid hücrelerinin orta lamellerinden ayrılmaları sonucu oluşan radyal çatlaklar (2 no.lu ok); b) daha dar yıllık halkalı kontrol örneklerinde boyuna reçine kanalı çevreleyen epitel hücrelerinde parçalanmalar (1 no.lu ok) ve reçine kanalı çevresindeki boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler (3 no.lu ok) ve parçalanmalar (4 no.lu ok).....97

- Şekil 4.46:** İthal sarıçam Thermo-S dış kısım; örneklerinde boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücrelerinde parçalanma (siyah oklar); a) dar yıllık halkalı daha geniş yaz odunu tabakasına sahip Thermo-S örneğinde doğrusal yıllık halka düzlemi; b) daha dar yıllık halka genişliği ve daha dar yaz odunu tabakasına sahip Thermo-S örneğinde yıllık halka düzleminde kayma.98
- Şekil 4.47:** İthal sarıçam Thermo-S dış kısım; daha geniş yıllık halkalı örneklerde, a-b) ilkbahar odunu traheid çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar), hücre çeper tabakalarında kopmalar (içi boş oklar), kenarlı geçitlerde teğet yönde genişlemeler ve bozunmalar.98
- Şekil 4.48:** İthal sarıçam Thermo-S dış kısım; a) ilkbahar odunu tabakasından yaz odunu tabakasına geçiş bölgesinde traheid çeperlerinde kopmalar (1 no.lu oklar), b) yaz odunu tabakasındaki traheid hücre çeperlerinde lümeninden orta lamele doğru ilerleyen ince çatlaklar.99
- Şekil 4.49:** İthal sarıçam Thermo-S dış kısım; a) daha geniş yıllık halkalı örnekte boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücrelerinde parçalanmalar (1 no.lu oklar), bu kanalların çevresinde bulunan boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler (içi boş oklar), sekonder çeperin lümen tarafında bozunmalar; b) daha dar yıllık halkalı örnekte; boyuna reçine kanalı çevresinde ve ani geçiş zonunda bulunan yaz odunu traheid çeperlerinde kopmalar (3 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheid çeperlerinde oluşan bozunmalara bağlı olarak orta lamelden ayrılmalar (4 no.lu oklar)...99
- Şekil 4.50:** İthal sarıçam Thermo-S dış kısım; dar yıllık halkalı örnekte boyuna reçine kanalı etrafındaki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde parçalanma (1 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde teğet yönde genişleme (2 no.lu oklar), ilkbahar odunundan yaz odununa geçiş zonunda traheid çeperlerinde kopmalar (beyaz oklar).100
- Şekil 4.51:** İthal sarıçam Thermo-D kontrol örnekleri dış kısım; daha geniş yıllık halkaya sahip örneklerde, a) boyuna reçine kanalları çevresindeki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler (2 no.lu oklar), b) öz ışınlarında yaz odunu tabakası boyunca teğet yönde ayrılmalar (beyaz oklar ve 1 no.lu ok), öz ışınlarının boyuna reçine kanalı ile karşılaştığı alanda radyal çatlaklar (beyaz oklar), ilkbahar odunu tabakası boyunca boyuna traheid hücre çeperlerinde bozunmalar (siyah daire).100
- Şekil 4.52:** İthal sarıçam Thermo-D kontrol örnekleri dış kısım; daha dar yıllık halkalı örneklerde a-b)boyuna reçine kanalları çevreleyen nispeten sağlam epitel hücre çeperleri (içi boş oklar), reçine kanalları çevresindeki traheid hücre çeperlerinde incelmeler (1 no.lu oklar), b) ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılma ve kopmalar (2 no.lu oklar).101
- Şekil 4.53:** İthal sarıçam Thermo-D kontrol örnekleri dış kısım; daha geniş yıllık halka genişliğine sahip örneklerde ilkbahar odunu tabakası, a) ilkbahar odunu traheid hücre çeperlerinde ayrılma başlangıcı (1 no.lu oklar); b)ilkbahar odunu traheid hücre çeperlerinde bozunmalar sonucu hücrelerde ayrılmalar ve parçalanmalar (2 no.lu oklar).101
- Şekil 4.54:** İthal sarıçam Thermo-D kontrol örnekleri dış kısım; daha dar yıllık halka genişliğine sahip örneklerde, a) ilkbahar odunu tabakası, ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde kopmalar (1 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde teğet yönde genişlemeler (beyaz oklar), kenarlı geçitlerde başlayan bozunmalar sonucu traheid çeperlerinde parçalanmalar (2 no.lu oklar); b) yaz odunu tabakası, boyuna reçine

kanalı etrafındaki boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler ve lümenlerde genişlemeler (4 no.lu oklar), yaz odunu traheid çeperlerinde ince çatlaklar (3 no.lu ok).102

Şekil 4.55: İthal sarıçam Thermo-D kontrol örnekleri dış kısım; daha geniş yıllık halka genişliğine sahip örneklerde, a) orta lamellerinden ayrılan boyuna traheid hücre çeperlerinde kopmalar sonucu dikey çatlak oluşumu (1 no.lu ok), boyuna traheidlerde sekonder çeper ve bileşik orta lamelin birbirinden ayrılması (2 no.lu oklar), boyuna traheid hücre çeperlerinde ayrılmalar (3 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinin köşelerinde bozunmalar (5 no.lu oklar); b) ilkbahar odunu tabakasından yaz odunu tabakasına geçiş zonunda ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu oklar), sekonder çeperin orta lamele yakın kısımlarında bozunmalar (5 no.lu oklar), boyuna traheid hücre çeperinde kopmalar (4 no.lu oklar).....102

Şekil 4.56: İthal sarıçam Thermo-D kontrol örnekleri dış kısım; daha geniş yıllık halkalı örnekte yaz odunu tabakası, boyuna traheid hücrelerinin çeperlerinden birbirinden ayrılmaları sonucu düzensiz ilerleyen çatlaklar (1 no.lu oklar), sekonder çeperin orta lamele yakın kısımlarında ve lümen tarafında bozunmalar (2 no.lu oklar).103

Şekil 4.57: İthal sarıçam Thermo-D dış kısım; a) yıllık halka düzleminde kaymalar (1 no.lu oklar), b) traheid çeperlerinde kopma ve bu kopmalar sonucu düzensiz yönde ilerleyen çatlaklar (2 no.lu oklar).....103

Şekil 4.58: İthal sarıçam Thermo-D dış kısım; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, yaz odunu tabakasından öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar (beyaz oklar), b) daha dar yıllık halkalı örnek, ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde kopmalar (1 no.lu oklar).....104

Şekil 4.59: İthal sarıçam Thermo-D dış kısım; ilkbahar odunu tabakası; a-b) daha geniş yıllık halkalı örnek; ilkbahar odunu boyuna traheid hücrelerinde kenarlı geçitlerde bozunmalar (1 no.lu oklar), boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (2 no.lu oklar) ve kopmalar (3 no.lu oklar).104

Şekil 4.60: İthal sarıçam Thermo-D dış kısım; daha dar yıllık halkalı örnek; a) ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde kopma (1 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde teğet yönde genişlemeler ve bozunmalar (beyaz oklar), b) yaz odunu boyuna traheid hücrelerinin orta lamele yakın kısımlarında bozunmalar (2 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde lümen tarafından başlayan bozunmalar (3 no.lu oklar).....105

Şekil 4.61: İthal sarıçam Thermo-D dış kısım; yaz odunu tabakası; a-b) daha geniş yıllık halkalı örnek; yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde lümen tarafından başlayan bozunmalar (1 no.lu oklar), ilkbahar odunu tabakasından yaz odunu tabakasına geçerken boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu oklar), boyuna reçine kanalları etrafındaki yaz odunu traheid hücre çeperlerinde incelmeler ve lümende genişlemeler (beyaz oklar), yaz odunu boyuna traheid hücrelerinde sekonder çeperin orta lamele yakın kısımlarında bozunmalar (2 no.lu oklar).105

Şekil 4.62: İthal sarıçam Thermo-S kontrol örnekleri iç kısım; a) geniş yıllık halkalı örnekte yaz odunu tabakası boyunca öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar (1 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (2 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücrelerinin orta lamelden ayrılmaları nedeniyle oluşan düzensiz çatlaklar (3 no.lu oklar); b) dar yıllık halkalı örnekte sağlam öz ışınları (4 no.lu oklar).106

- Şekil 4.63:** İthal sarıçam Thermo-S kontrol örnekleri iç kısım; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek; boyuna reçine kanalı yakınındaki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler (1 no.lu oklar) ve parçalanmalar (2 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde parçalanmalar (3 no.lu oklar), bu parçalanmalar sonucu yıllık halka sınırında ilerleyen çatlak oluşumu (4 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheid hücrelerinde orta lamelden ayrılmalar (5 no.lu oklar) ve lümen tarafında hücre çeperlerinde bozunmalar (6 no.lu oklar). 106
- Şekil 4.64:** İthal sarıçam Thermo-S kontrol örnekleri iç kısım; daha geniş yıllık halkalı örnekte ilkbahar odunu tabakası; ilkbahar odunu boyuna traheid hücrelerinde parçalanmalar sonucu yıllık halka sınırında çatlak oluşumu (1 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheid hücrelerinde orta lamelden ayrılmalar (2 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde teğet yönde genişlemeler (3 no.lu oklar). 107
- Şekil 4.65:** İthal sarıçam Thermo-S kontrol örnekleri iç kısım; daha dar yıllık halkalı örnek; ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinin lümen tarafında bozunmalar (1 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde parçalanmalar (2 no.lu oklar) ve orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde az miktarda teğet yönde genişlemeler (4 no.lu oklar). 107
- Şekil 4.66:** İthal sarıçam Thermo-S kontrol örnekleri iç kısım; daha geniş yıllık halkalı örnekte yaz odunu tabakası; yaz odunu boyuna traheid hücrelerinin lümen tarafında (1 no.lu oklar) ve sekonder çeperin orta lamele yakın kısımlarında (2 no.lu oklar) bozunmalar, yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler ve gevşemeler (3 no.lu oklar). 108
- Şekil 4.67:** İthal sarıçam Thermo-S kontrol örnekleri iç kısım; daha dar yıllık halkalı örnekte boyuna reçine kanalları etrafındaki traheid hücre çeperlerinde incelmeler (1 no.lu oklar) ve parçalanmalar (2 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında bozunmalar (3 no.lu oklar), orta lamel tarafında bozunmalar sonucu ayrılmalar başlangıcı (4 no.lu oklar) ve hücre çeperlerinde incelmeler ve gevşemeler (5 no.lu oklar). 108
- Şekil 4.68:** İthal sarıçam Thermo-S örnekleri iç kısım; a-c) daha geniş yıllık halkalı örnekte yaz odunu tabakası boyunca öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar (1 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücrelerinde orta lamelden ayrılmalar sonucu düzensiz ilerleyen çatlaklar (3 no.lu oklar), b-d) daha dar yıllık halkalı örnekte sağlam öz ışınları (2 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücrelerinin orta lamellerinden ayrılmaları sonucu radyal yönde ilerleyen çatlak (4 no.lu ok), parçalanmış ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperleri sebebiyle yıllık halka sınırında çatlak oluşumu (5 no.lu oklar). 109
- Şekil 4.69:** İthal sarıçam Thermo-S örnekleri iç kısım; daha geniş yıllık halkalı örnekte ilkbahar odunu tabakası; ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar), kopmalar (2 no.lu oklar) ve parçalanmalar (3 no.lu oklar), traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında bozunmalar (4 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde teğet yönde genişlemeler (5 no.lu oklar). 110
- Şekil 4.70:** İthal sarıçam Thermo-S örnekleri iç kısım; daha dar yıllık halkalı örnekte ilkbahar odunu tabakası; ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar), kopmalar (2 no.lu oklar) ve parçalanmalar (3 no.lu oklar), traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında bozunmalar (4 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde teğet yönde genişlemeler (5 no.lu oklar). 110
- Şekil 4.71:** İthal sarıçam Thermo-S örnekleri iç kısım; daha geniş yıllık halkalı örnekte ilkbahar odunundan yaz odununa geçiş zone; boyuna traheid hücre çeperlerinde orta

- lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar) traheid hücre çeperlerinde ince çatlaklar (2 no.lu oklar), lümen tarafında (3 no.lu oklar) ve sekonder çeperin orta lamele yakın kısımlarında (4 no.lu oklar) bozunmalar.....111
- Şekil 4.72:** İthal sarıçam Thermo-S örnekleri iç kısım; daha geniş yıllık halkalı örnekte yaz odunu tabakası; yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında (1 no.lu oklar) ve sekonder çeperin orta lamele yakın kısımlarında (2 no.lu oklar) bozunmalar, traheid hücre çeperleri üzerinde ince çatlaklar (3 no.lu oklar), boyuna reçine kanalı etrafındaki traheid hücre çeperlerinde incelmeler (4 no.lu oklar) ve parçalanmalar (5 no.lu oklar).....111
- Şekil 4.73:** İthal sarıçam Thermo-S örnekleri iç kısım; daha dar yıllık halkalı örnekte yaz odunu tabakası; yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında (1 no.lu oklar) ve hücre köşelerinde (2 no.lu oklar) bozunmalar, boyuna reçine kanalı etrafındaki traheid hücre çeperlerinde incelmeler (3 no.lu oklar) ve parçalanmalar (4 no.lu oklar).....112
- Şekil 4.74:** İthal sarıçam Thermo-S örnekleri iç kısım; a-b) daha geniş yıllık halkalı örnek c-d) daha dar yıllık halkalı örnek; yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar sonucu radyal çatlaklar (1 no.lu oklar), yaz odunu tabakasında öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar (2 no.lu oklar), yıllık halka sınırında ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde parçalanmalar sonucu yıllık halka boyunca ilerleyen çatlaklar (3 no.lu oklar).....112
- Şekil 4.75:** İthal sarıçam Thermo-D kontrol örnekleri iç kısım; a) daha geniş yıllık halkalı örnekte yaz odunu tabakası boyunca öz ışınlarında teğet yönde genişlemeler (1 no.lu oklar), b) daha dar yıllık halkalı örnekte sağlam öz ışınları (2 no.lu oklar).....113
- Şekil 4.76:** İthal sarıçam Thermo-D kontrol örnekleri iç kısım; daha geniş yıllık halkalı örnek; a-b)ilkbahar odunu tabakası, ilkbahar odunu boyuna traheid hücrelerinin lümen tarafında bozunmalar (1 no.lu oklar), orta lamelden ayrılmalar (2 no.lu oklar) ve kopmalar (3 no.lu oklar), c-d) yaz odunu tabakası, yaz odunu boyuna traheid sekonder çeperin orta lamele yakın kısımlarında bozunmalar (4 no.lu oklar), traheid çeperlerinde incelmeler ve gevşemeler (5 no.lu oklar), boyuna reçine kanalı etrafındaki traheid hücre çeperlerinde incelmeler (6 no.lu oklar).....113
- Şekil 4.77:** İthal sarıçam Thermo-D kontrol örnekleri iç kısım; daha dar yıllık halkalı örnek; a-b)ilkbahar odunu tabakası, boyuna traheid hücrelerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar), lümen tarafında (2 no.lu oklar) ve kenarlı geçitlerde (3 no.lu oklar) bozunmalar, c-d) yaz odunu tabakası, boyuna reçine kanalı çevreleyen epitel hücrelerinde parçalanmalar (4 no.lu oklar), bu kanalların etrafındaki boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler (5 no.lu oklar) ve parçalanmalar (6 no.lu oklar).....114
- Şekil 4.78:** İthal sarıçam Thermo-D kontrol örnekleri iç kısım; daha dar yıllık halkalı, geniş yaz odunu tabakasına sahip örnek; a) ilkbahar odunu tabakasından yaz odunu tabakasına geçiş zonunda boyuna traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında (1 no.lu oklar), hücre köşelerinde (2 no.lu oklar) bozunmalar, orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu oklar), boyuna reçine kanalı etrafındaki yaz odunu traheid hücre çeperlerinde incelmeler (4 no.lu oklar).114
- Şekil 4.79:** İthal sarıçam Thermo-D kontrol örnekleri iç kısım; daha dar yıllık halkalı, geniş yaz odunu tabakasına sahip örnek; yaz odunu boyuna traheid hücrelerinin lümen tarafında bozunmalar (1 no.lu oklar), yıllık halka başlangıcında ilkbahar odunu boyuna traheid hücreleri üzerindeki kenarlı geçitte teğet yönde genişleme (2 no.lu ok) ve orta

lamelden ayrılma (3 no.lu ok), yaz odunu boyuna traheid hücrelerinde orta lamelden ayrılmalar sonucu radyal yönde ilerleyen çatlak oluşumu (4 no.lu oklar), boyuna reçine kanalı etrafındaki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde inceleme sonucu orta lamelden ayrılmalar (5 no.lu oklar) ve düzensiz çatlak oluşumu (6 no.lu oklar).115

Şekil 4.80: İthal sarıçam Thermo-D kontrol örnekleri iç kısım; daha geniş yıllık halkalı örnek; ilkbahar odunundan yaz odunu tabakasına geçerken boyuna traheid hücrelerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde parçalanmalar (2 no.lu oklar), yaz odunu tabakası boyunca öz ışınlarında teğet yönde genişleme (3 no.lu ok), boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücre çeperlerinde parçalanmalar (4 no.lu ok), bu kanalların etrafında bulunan yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelemeler (5 no.lu oklar) ve parçalanmalar (6 no.lu oklar).....115

Şekil 4.81: İthal sarıçam Thermo-D kontrol örnekleri iç kısım; daha geniş yıllık halkalı örnek; ilkbahar odunundan yaz odununa geçerken boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar) ve kopmalar (2 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheidlerinin orta lamellerinden ayrılmaları sonucu düzensiz yönde ilerleyen çatlak oluşumu (3 no.lu oklar), geçiş zonunda hücre köşelerinde bozunmalar (4 no.lu oklar).....116

Şekil 4.82: İthal sarıçam Thermo-D örnekleri iç kısım; daha geniş yıllık halkalı örnek; ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında bozunmalar (1 no.lu oklar) ve orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde teğet yönde genişlemeler ve parçalanmalar (2 no.lu oklar), ilkbahar odunundan yaz odununa geçiş zonunda boyuna traheid hücre köşelerinde (4 no.lu oklar) ve orta lamel üzerinde (5 no.lu oklar) bozunmalar, yaz odunu traheid çeperlerinde lümeden orta lamele doğru ilerleyen ince çatlaklar (6 no.lu oklar).116

Şekil 4.83: İthal sarıçam Thermo-D örnekleri iç kısım; daha geniş yıllık halkalı örnek; ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında bozunmalar (1 no.lu oklar) ve orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde bozunmalar (2 no.lu oklar), ilkbahar odunundan yaz odununa geçiş zonunda boyuna traheid hücre köşelerinde (4 no.lu oklar) ve orta lamelde (5 no.lu oklar) bozunmalar.....117

Şekil 4.84: İthal sarıçam Thermo-D örnekleri iç kısım; a-b)daha geniş yıllık halkalı örnekler; yaz odunu boyuna traheid hücrelerinin sekonder çeperin orta lamele yakın kısımlarında bozunmalar (1 no.lu oklar), lümeden orta lamele doğru ilerleyen ince çatlaklar (2 no.lu oklar), boyuna reçine kanallarının etrafındaki yaz odunu traheid çeperlerinde incelemeler (3 no.lu oklar).....117

Şekil 4.85: İthal sarıçam Thermo-D örnekleri iç kısım; daha dar yıllık halkalı örnekler; ilkbahar odunu boyuna traheid hücrelerinde lümen tarafında bozunmalar (1 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde teğet yönde genişlemeler (2 no.lu oklar), öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar (3 no.lu oklar), orta lamelden ayrılmalar (4 no.lu oklar), yaz odunu traheid hücrelerinde sekonder çeperin orta lamele yakın kısımlarında bozunmalar (5 no.lu oklar), traheid çeperlerinde ince çatlaklar (6 no.lu oklar), boyuna reçine kanalı etrafında yaz odunu traheid çeperlerinde incelemeler (7 no.lu oklar) ve parçalanmalar (8 no.lu ok).118

Şekil 4.86: Yerli sarıçam radyal kesit genel görünüşü; a) Hiç işlem uygulanmamış diri odun kontrol örneği, b) hiç işlem uygulanmamış öz odun kontrol örneği, c) Teknik kurutma uygulanmış iç kısım kontrol örneği, d) teknik kurutma uygulanmış dış kısım kontrol örneği.120

- Şekil 4.87:** Yerli sarıçam radyal kesit genel görünüşü; a)Thermo-S uygulanmış diri odun iç kısım örneği, b) Thermo-D uygulanmış diri odun iç kısım örneği, c) Thermo-S uygulanmış öz odun iç kısım örneği, d) Thermo-D uygulanmış öz odun iç kısım örneği.....121
- Şekil 4.88:** Yerli sarıçam radyal kesit genel görünüşü; a)Thermo-S uygulanmış diri odun dış kısım örneği, b) Thermo-D uygulanmış diri odun dış kısım örneği, c) Thermo-S uygulanmış öz odun dış kısım örneği, d) Thermo-D uygulanmış öz odun dış kısım örneği.....122
- Şekil 4.89:** Hiç işlem uygulanmamış kontrol örneği; a)diri odun, b)öz odun; öz ışını paranzim hücre çeperlerinde bozunmalar (1 no.lu oklar), sağlam öz ışını traheid çeperleri (2 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheidlerinde dalgalı yapı (3 no.lu oklar), boyuna traheid hücre çeperlerinde bozunma (4 no.lu oklar), karşılaşma yeri geçitlerinde parçalanma (5 no.lu oklar).....122
- Şekil 4.90:** Teknik kurutma uygulanmış yerli sarıçam; a) iç kısım, b) dış kısım; öz ışını paranzim hücre çeperlerinde bozunmalar (1 no.lu oklar), sağlam öz ışını traheid çeperleri (2 no.lu oklar), karşılaşma yeri geçitlerinde parçalanma (beyaz oklar), ilkbahar odunu boyuna traheid çeperlerinde hücre içi (3 no.lu oklar) ve hücreler arası (4 no.lu oklar) çatlaklar.....123
- Şekil 4.91:** Teknik kurutma uygulanmış yerli sarıçam; a,c) iç kısım, b,d) dış kısım; ilkbahar odunu boyuna traheid çeperlerinde bozunmalar (1 no.lu oklar), boyuna traheid hücre çeperlerinde hücreler arası çatlaklar (2 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde sekonder çeperin orta lamele yakın kısımlarında bozunmalar (3 no.lu oklar), orta lamelden ayrılmalar (4 no.lu oklar) ve lümen tarafındaki hücre çeperlerinde çatlaklar (5 no.lu oklar).....123
- Şekil 4.92:** Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam dış kısım; a) diri odun, b) öz odun; ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde hücreler arası çatlaklar (beyaz oklar), hücre içi çatlaklar (1 no.lu oklar) ve traheid çeperlerinde bozunma (2 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde aspirasyon hali (3 no.lu oklar).....124
- Şekil 4.93:** Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam dış kısım; a) diri odun, b) öz odun; yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde hücre içi (1 ve 3 no.lu oklar), hücreler arası (2 no.lu oklar) çatlaklar ve hücre çeperlerinde bozunmalar (4 no.lu oklar).....124
- Şekil 4.94:** Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam dış kısım; a) diri odun, b) öz odun; karşılaşma yerş geçit zarlarında bozunma (beyaz daireler) ve parçalanma (1 no.lu oklar), sağlam öz ışını traheid hücre çeperleri (2 no.lu oklar), boyuna traheid hücre çeperlerinin lümen tarafında parçalanma (3 no.lu oklar).....125
- Şekil 4.95:** Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam dış kısım; a) diri odun, b) öz odun; ilkbahar odunu boyuna traheid radyal çeperlerinde hücre içi çatlaklar (1 no.lu oklar) ve çeperlerde bozunmalar (2 no.lu oklar), aspirasyon halindeki kenarlı geçitlerde bozunmalar (3 no.lu oklar).....125
- Şekil 4.96:** Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam dış kısım; a) diri odun, b) öz odun; yaz odunu boyuna traheid hücrelerinin radyal çeperlerinde bozunmalar (1 no.lu oklar), hücre içi çatlaklar (2 no.lu oklar), orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu oklar) ve çeperlerde gevşeme (4 no.lu oklar).....126

- Şekil 4.97:** Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam dış kısım; a) diri odun, b) öz odun; sağlam öz ışını traheid hücre çeperleri (1 no.lu oklar), öz ışını paraşim hücre çeperlerinde (2 no.lu oklar) ve karşılaşma yeri geçit zarlarında (beyaz daireler) bozunmalar, boyuna traheid hücre çeperlerinde bozunma (3 no.lu oklar) ve yıllık halka düzleminde kayma. 126
- Şekil 4.98:** Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam iç kısım; a) diri odun, b) öz odun; ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde bozunmalar (1 no.lu oklar), hücre içi çatlaklar (2 no.lu ok) ve hücreler arası çatlaklar (3 no.lu oklar), sağlam kenarlı geçitlerde aspirasyon hali (4 no.lu oklar)..... 127
- Şekil 4.99:** Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam iç kısım; a) diri odun, b) öz odun; yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde bozunmalar (1 no.lu oklar), hücre içi çatlaklar (2 no.lu oklar) ve orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu oklar)..... 127
- Şekil 4.100:** Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam iç kısım; a) diri odun, b) öz odun; sağlam öz ışını traheid hücre çeperleri (1 no.lu oklar), öz ışını paraşim hücre çeperlerinde bozunma (2 no.lu oklar) ve hücre çeperlerinde ayrılma (3 no.lu oklar), parçalanmış karşılaşma yeri geçidi (4 no.lu ok), öz ışını traheidlerinde sağlam kenarlı geçitler. 128
- Şekil 4.101:** Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam iç kısım; a) diri odun, b) öz odun; aspirasyona uğramış kenarlı geçitler..... 128
- Şekil 4.102:** Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam diri odun iç kısım; a,b) ilkbahar odunu tabakası; ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde bozunmalar (1 no.lu oklar), hücre içi çatlaklar (2 no.lu oklar), hücreler arası çatlaklar (3 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde bozunmalar sonucu oluşan hafif dalgalı yapı (4 no.lu oklar), karşılaşma yeri geçitlerinde bozunma (5 no.lu oklar), c,d) yaz odunu tabakası; yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde bozunma (6 no.lu oklar), hücre içi çatlaklar (7 no.lu oklar) ve yaz odunu boyuna traheid hücreleri radyal çeperlerinde gözlenen gevşek yapı (8 no.lu oklar). 129
- Şekil 4.103:** Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam öz odun iç kısım; a) ilkbahar odunu tabakası, b) yaz odunu tabakası; boyuna traheid hücre çeperlerinde bozunma (1 no.lu oklar), hücreler arası çatlaklar (2 no.lu oklar). 130
- Şekil 4.104:** Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam iç kısım; a) diri odun, b) öz odun; sağlam öz ışını traheid hücre çeperleri (1 no.lu oklar), öz ışını paraşim hücre çeperlerinde bozunma (2 no.lu oklar) ve ayrılma (3 no.lu ok), öz odun örneğinde yıllık halka düzleminde kayma (çift yönlü oklar)..... 130
- Şekil 4.105:** Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam iç kısım; a) diri odun, b) öz odun; aspirasyon halinde kenarlı geçitler ve ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde hücre içi çatlak oluşumu. 131
- Şekil 4.106:** Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-S kontrol örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnekte iç kısım, b) daha geniş yıllık halkalı örnekte dış kısım, c) daha dar yıllık halkalı örnekte iç kısım, d) daha dar yıllık halkalı örnekte dış kısım. 131
- Şekil 4.107:** Thermo-S uygulanmış ithal sarıçam örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnekte iç kısım, b) daha geniş yıllık halkalı örnekte dış kısım, c) daha dar yıllık halkalı örnekte iç kısım, d) daha dar yıllık halkalı örnekte dış kısım. 132

- Şekil 4.108:** Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-D kontrol örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnekte iç kısım, b) daha geniş yıllık halkalı örnekte dış kısım, c) daha dar yıllık halkalı örnekte iç kısım, d) daha dar yıllık halkalı örnekte dış kısım.133
- Şekil 4.109:** Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnekte iç kısım, b) daha geniş yıllık halkalı örnekte dış kısım, c) daha dar yıllık halkalı örnekte iç kısım, d) daha dar yıllık halkalı örnekte dış kısım.134
- Şekil 4.110:** Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-S kontrol örnekleri, dış kısım; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde hücre içi çatlaklar (1 no.lu oklar), orta lamelden ayrılmalar (2 no.lu oklar), hücre çeperlerinde gözlenen gevşek yapı (3 no.lu oklar) ve kenarlı geçitlerin bulunduğu bölgelerde yarık şeklinde ayrılmalar (4 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheid çeperlerinin lümen tarafında bozunmalar (5 no.lu oklar).....134
- Şekil 4.111:** Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam dış kısım Thermo-S kontrol örnekleri; a-b) daha geniş yıllık halkalı örnek, c-d) daha dar yıllık halkalı örnek, öz ışını paranzim hücre çeperlerinde parçalanmalar (1 no.lu oklar), sağlam öz ışını traheid hücre çeperleri (2 no.lu oklar), karşılaşma yeri geçit zarlarında parçalanma (3 no.lu oklar), boyuna traheid hücre çeperlerinde yarık şeklinde ayrılmalar (4 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde hücre içi çatlaklar (5 no.lu oklar). ...135
- Şekil 4.112:** Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam dış kısım Thermo-S kontrol örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, ilkbahar odunu boyuna traheid hücrelerinde lümen tarafındaki çeper tabakasında bozunmalar (1 no.lu oklar), hücre içi (2 no.lu oklar) ve hücreler arası (3 no.lu oklar) çatlak oluşumu, sağlam aspirasyon halindeki kenarlı geçitler (4 no.lu oklar).135
- Şekil 4.113:** Thermo-S uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, kenarlı geçitlerde bozunma (1 no.lu oklar).....136
- Şekil 4.114:** Thermo-S uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri; a-b) daha geniş yıllık halkalı örnek, boyuna traheid hücrelerinin çeperlerinde bozunmalar (1 no.lu oklar), hücre içi (2 no.lu oklar) ve hücreler arası (3 no.lu oklar) çatlak oluşumu.136
- Şekil 4.115:** Thermo-S uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri; a-b) daha geniş yıllık halkalı örnek, c-d) daha dar yıllık halkalı örnek, öz ışını paranzim hücre çeperlerinde parçalanma (1 no.lu oklar), sağlam öz ışını traheid hücre çeperleri (2 no.lu oklar), karşılaşma yeri geçitlerinde parçalanma (3 no.lu oklar), boyuna traheid hücre çeperlerinde yarık şeklinde ayrılmalar (4 no.lu oklar), sağlam kenarlı geçitler (5 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında bozunmalar (6 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde hücreler arası çatlak oluşumu (7 no.lu oklar).....137
- Şekil 4.116:** Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-D kontrol dış kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, boyuna traheid çeperlerinin lümen tarafında bozunmalar (1 no.lu oklar), hücre içi çatlaklar (2 no.lu oklar), aspirasyona uğramış sağlam kenarlı geçitler (3 no.lu oklar).....137
- Şekil 4.117:** Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-D kontrol dış kısım örnekleri; a-c-d) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, öz ışını paranzim hücre çeperlerinde parçalanma (1 no.lu oklar), nispeten sağlam öz ışını

traheid hücre çeperleri (2 no.lu oklar), karşılaşma yeri geçit zarlarında parçalanma (3 no.lu oklar), boyuna traheid hücre çeperlerinin lümen tarafında bozunmalar (4 n.lu oklar), hücre içi (5 no.lu oklar) ve hücreler arası çatlak oluşumu (6 no.lu oklar).138

Şekil 4.118: Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde kopmalar (1 no.lu oklar) ve hücreler arası çatlak oluşumu (2 no.lu oklar). 139

Şekil 4.119: Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde hücre içi (1 no.lu oklar) ve hücreler arası (2 no.lu oklar) çatlak oluşumu, kenarlı geçitlerde bozunma (3 no.lu ok).139

Şekil 4.120: Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, kenarlı geçitlerde aspirasyon hali (beyaz oklar), sağlam kenarlı geçitler (1 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde bozunmalar (2 no.lu oklar).....140

Şekil 4.121: Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, öz ışını paransim hücre çeperlerinde parçalanma (1 no.lu oklar), sağlam öz ışını traheid hücre çeperleri (2 no.lu oklar), karşılaşma yeri geçitlerinde parçalanma (3 no.lu oklar), sağlam kenarlı geçit (4 no.lu ok).140

Şekil 4.122: Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-S kontrol iç kısım örneği; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, öz ışını paransim hücre çeperlerinde parçalanma (1 no.lu oklar), sağlam öz ışını traheid hücre çeperleri (2 no.lu oklar), karşılaşma yeri geçit zarlarında bozunma (3 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde hücre içi çatlak oluşumu (4 no.lu oklar).141

Şekil 4.123: Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-S kontrol iç kısım örneği; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, öz ışını paransim hücre çeperlerinde parçalanma (1 no.lu oklar), sağlam öz ışını traheid hücre çeperleri (2 no.lu oklar), karşılaşma yeri geçit zarlarında bozunma (3 no.lu oklar) ve parçalanma (4 no.lu oklar).141

Şekil 4.124: Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-S kontrol iç kısım örneği; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde hücreler arası çatlak oluşumu (1 no.lu oklar), orta lamelden ayrılmalar (2 no.lu oklar), yarık şeklinde ayrılmalar (3 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde gözlenen gevşek yapı (4 no.lu oklar).142

Şekil 4.125: Thermo-S uygulanmış ithal sarıçam iç kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, sağlam kenarlı geçitler (1 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde hücre içi (2 no.lu oklar), hücreler arası (3 no.lu oklar) çatlak oluşumu, yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde hücreler arası çatlak oluşumu (4 no.lu oklar).142

Şekil 4.126: Thermo-S uygulanmış ithal sarıçam iç kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde hücre içi (1 no.lu oklar) ve hücreler arası (2 no.lu oklar) çatlak oluşumu, orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu oklar) ve kenarlı geçitlerin bulunduğu bölgelerde yarık şeklinde ayrılmalar (4 no.lu oklar).143

- Şekil 4.127:** Thermo-S uygulanmış ithal sarıçam iç kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, öz ışını paranzim hücre çeperlerinde bozunma (1 no.lu oklar), sağlam öz ışını traheid hücre çeperleri (2 no.lu oklar), karşılaşma yeri geçit zarlarında bozunmalar (3 no.lu oklar).....143
- Şekil 4.128:** Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-D kontrol iç kısım örnekleri; a-b) dar yıllık halkalı örnek; öz ışını paranzim hücre çeperlerinde bozunma (1 no.lu oklar), sağlam öz ışını traheid hücre çeperleri (2 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde bozunmalar (3 no.lu oklar) ve hücre içi çatlak oluşumu (4 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde hücreler arası çatlak oluşumu (5 no.lu oklar) ve orta lamelden ayrılmalar (6 no.lu oklar), sağlam kenarlı geçitler (7 no.lu oklar).144
- Şekil 4.129:** Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-D kontrol iç kısım örnekleri; a) daha dar yıllık halkalı örnek, b) daha geniş yıllık halkalı örnek, boyuna traheid hücre çeperlerinde bozunmalar (siyah oklar), yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde hücre içi (1 no.lu oklar) ve hücreler arası (2 no.lu oklar) çatlak oluşumu, orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu oklar).144
- Şekil 4.130:** Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam iç kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde parçalanma (1 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde bozunmalar (2 no.lu oklar) ve gevşek yapı alma (3 no.lu oklar), sağlam kenarlı geçitler (4 no.lu oklar).145
- Şekil 4.131:** Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam iç kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde bozunmalar (1 no.lu oklar), hücre içi (2 no.lu oklar) ve hücreler arası (3 no.lu oklar) çatlak oluşumu, orta lamelden ayrılmalar (4 no.lu oklar), gevşek yapı alma (5 no.lu oklar).145
- Şekil 4.132:** Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam iç kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, öz ışını paranzim hücre çeperlerinde bozunmalar (1 no.lu oklar), sağlam öz ışını traheid hücre çeperleri (2 no.lu oklar), karşılaşma yeri geçit zarlarında bozunma (3 no.lu oklar) ve öz ışını paranzim hücreleri ve karşılaşma yeri geçitlerinde parçalanmalar (4 no.lu oklar).146
- Şekil 4.133:** Hiç işlem görmemiş yerli sarıçam diri odun kontrol örneği; boyuna reçine kanalları yakınındaki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde bozunmalar (1 no.lu oklar), enine reçine kanalı (2 no.lu ok).....147
- Şekil 4.134:** Hiç işlem görmemiş yerli sarıçam diri odun kontrol örneği; ilkbahar odunu tabakası, ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde kopmalar (1 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde bozunmalar (2 no.lu oklar).....148
- Şekil 4.135:** Hiç işlem görmemiş yerli sarıçam diri odun kontrol örneği; yaz odunu tabakası, yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde sekonder çeper üzerinde bozunmalar, oyuklar (1 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde lümeden orta lamele doğru ilerleyen ince çatlaklar (2 no.lu oklar), yaz odunu traheidleri üzerinde kenarlı geçitler (3 no.lu ok).148
- Şekil 4.136:** Hiç işlem görmemiş yerli sarıçam diri odun kontrol örneği; yaz odunu tabakası, boyuna reçine kanalını çevreleyen epitel hücre çeperlerinde parçalanmalar (1 no.lu ok), reçine kanalının çevresindeki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde

- incelme ve kopmalar (2 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücrelerinin sekonder çeper tabakaları üzerinde bozunmalar, oyuklar (3 no.lu oklar). 149
- Şekil 4.137:** Hiç işlem görmemiş yerli sarıçam öz odun kontrol örneği; ilkbahar odunu tabakası, ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde kopmalar (1 no.lu oklar) ve orta lamelden ayrılmalar (2 no.lu oklar). 149
- Şekil 4.138:** Hiç işlem görmemiş yerli sarıçam öz odun kontrol örneği; yaz odunu tabakası; yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde kopmalar (1 no.lu oklar), lümeninden orta lamele doğru ilerleyen ince çatlaklar (2 no.lu oklar) ve sekonder çeper üzerinde bozunmalar, oyuklar (3 no.lu oklar). 150
- Şekil 4.139:** Hiç işlem görmemiş yerli sarıçam öz odun kontrol örneği; yaz odunu tabakası, boyuna reçine kanalı çevreleyen yaz odunu traheid hücre çeperlerinde incelme (1 no.lu oklar) ve parçalanmalar (2 no.lu oklar), yaz odunu tabakasından geçen öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar (3 no.lu ok). 150
- Şekil 4.140:** Teknik kurutma uygulanmış yerli sarıçam kontrol örneği dış kısım, ilkbahar odunu tabakası; ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar), lümeninden orta lamele doğru ilerleyen ince çatlaklar (2 no.lu oklar). 151
- Şekil 4.141:** Teknik kurutma uygulanmış yerli sarıçam kontrol örneği dış kısım; yaz odunu tabakası; yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar), ince çatlaklar (2 no.lu oklar) ve sekonder çeper üzerinde hücre köşelerine yakın bölgelerde bozunmalar (3 no.lu oklar). 151
- Şekil 4.142:** Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam diri odun dış kısım örneği; boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücre çeperlerinde parçalanmalar (2 no.lu oklar), bu kanalların çevresindeki boyuna traheid hücre çeperlerinde incelemeler (3 no.lu oklar), yaz odunu traheidlerinin orta lamellerinden ayrılması ve reçine kanalı çevresinde bulunan yaz odunu traheid hücrelerinin parçalanması sonucu öz ışınlarına paralel ilerleyen çatlaklar (1 no.lu oklar). 152
- Şekil 4.143:** Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam diri odun dış kısım örneği; ilkbahar odunu tabakası; boyuna traheid hücre çeperlerinde kırılmalar (1 no.lu oklar) ve kenarlı geçitlerde teğet yönde genişlemeler (2 no.lu oklar). 153
- Şekil 4.144:** Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam diri odun dış kısım örneği; yaz odunu tabakası; boyuna reçine kanalları çevresindeki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelemeler (1 no.lu oklar) ve parçalanmalar (2 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheidleri ve öz ışınlarının karşılaştığı alanlarda teğet yönde ayrılmalar (3 no.lu oklar). 153
- Şekil 4.145:** Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam öz odun dış kısım örneği; boyuna reçine kanalları çevreleyen epitel hücre çeperlerinde parçalanma (3 no.lu oklar), bu reçine reçine kanallarının etrafında bulunan yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelemeler (1 no.lu oklar) ve parçalanmalar (2 no.lu oklar), yaz odunu tabakası boyunca öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar (4 no.lu oklar). 154
- Şekil 4.146:** Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam öz odun dış kısım örneği; ilkbahar odunu tabakası, ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar), kopmalar (2 no.lu oklar), boyuna traheid çeperleri üzerindeki kenarlı geçitlerde teğet yönde genişlemeler (3 no.lu oklar). 154

- Şekil 4.147:** Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam öz odun dış kısım örneği; yaz odunu tabakası, yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinin sekonder tabakasının dış kısmında bozunmalar (1 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid çeperleri üzerinde sağlam kenarlı geçitler (2 no.lu ok).155
- Şekil 4.148:** Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam dış kısım örnekleri; a) Diri odun, b) Öz odun.155
- Şekil 4.149:** Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam diri odun dış kısım örneği; ilkbahar odunu tabakası; ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar) ve kopmalar (2 no.lu oklar), deforme olmuş kenarlı geçitler (3 no.lu oklar), boyuna reçine kanalları çevresinde bulunana boyuna traheid çeperlerinde inceleme ve biçimlerinde bozunmalar (4 no.lu oklar), boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücre çeperlerinde parçalanmalar (5 no.lu ok).156
- Şekil 4.150:** Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam diri odun dış kısım örneği; yaz odunu tabakası; yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde sekonder çeper üzerinde ince çatlaklar ve bozunmalar (siyah oklar), yaz odunu boyuna traheid çeperlerinde gevşek yapılı görünüm.156
- Şekil 4.151:** Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam öz odun dış kısım örneği; ilkbahar odunu tabakası; ilkbahar odunu boyuna traheid çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar) ve kopmalar (2 no.lu oklar).157
- Şekil 4.152:** Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam öz odun dış kısım örneği; yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde ve hücre köşelerinde bozunmalar.157
- Şekil 4.153:** Teknik kurutma uygulanmış yerli sarıçam kontrol örneği iç kısım, boyuna reçine kanalları çevresinde bulunan boyuna traheid hücre çeperlerindeki bozunma sonucu düzensiz şekilde reçine kanalları arasında ilerleyen çatlaklar (1 no.lu oklar), yaz odunu tabakasında öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar (2 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde oluşan bozunmalar sonucu düzensiz yönde ilerleyen çatlaklar (3 no.lu oklar).158
- Şekil 4.154:** Teknik kurutma uygulanmış yerli sarıçam kontrol örneği iç kısım, ilkbahar odunu traheid hücre çeperlerinde oluşan bozunmalar sonucu düzensiz yönde ilerleyen çatlaklar (beyaz oklar).158
- Şekil 4.155:** Teknik kurutma uygulanmış yerli sarıçam kontrol örneği iç kısım, boyuna reçine kanalları çevresinde bulunan boyuna traheid hücre çeperlerindeki bozunmalar sonucu düzensiz yönde ilerleyen çatlaklar (1 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (2 no.lu oklar).159
- Şekil 4.156:** Teknik kurutma uygulanmış yerli sarıçam kontrol örneği iç kısım ilkbahar odunu tabakası, boyuna traheid hücre köşelerindeki çeperlerde lümeden orta lamele doğru ilerleyen ince, dikey çatlaklar (1 no.lu oklar), boyuna traheid hücrelerinin sekonder çeperleri üzerinde ince çatlaklar (2 no.lu oklar), boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu oklar).159
- Şekil 4.157:** Teknik kurutma uygulanmış yerli sarıçam kontrol örneği iç kısım yaz odunu tabakası, yaz odunu boyuna traheid çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar), sekonder çeper üzerinde hücre köşelerinden başlayan bozunmalar, oyuklar (2 no.lu oklar).160

- Şekil 4.158:** Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam diri odun iç kısım ilkbahar odunu tabakası boyunca boyuna traheid hücre çeperlerinde kopmalar. 160
- Şekil 4.159:** Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam diri odun iç kısım örneği; yaz odunu tabakası boyunca boyuna traheid hücre çeperlerinde parçalanmalar ve çatlaklar (siyah oklar), yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde gevşek yapılı görünüm. 161
- Şekil 4.160:** Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam öz odun iç kısım örneği; ilkbahar odunu tabakası, boyuna traheid hücre çeperlerinde kopmalar (1 no.lu oklar), traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (2 no.lu oklar), kenarlı geçitlerin bulunduğu alanlarda teğet yönde genişlemeler (3 no.lu ok). 161
- Şekil 4.161:** Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam öz odun iç kısım örneği; yaz odunu tabakası, yaz odunu boyuna traheid çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar ve bu ayrılmalar sonucu düzensiz yönde ilerleyen çatlaklar (1 no.lu oklar), yaz odunu traheid hücrelerinin sekonder çeperlerinde özellikle hücre köşelerinde ve hücre kenarlarında bozunmalar (2 no.lu oklar) ve lümeden orta lamele doğru ilerleyen ince, dikey çatlaklar (3 no.lu ok). 162
- Şekil 4.162:** Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam diri odun iç kısım örneği; yıllık halka sınırında yıllık halka boyunca devam eden çatlaklar (1 no.lu oklar), yaz odunu tabakasında öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar (2 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu oklar) ve kopmalar (4 no.lu oklar). 162
- Şekil 4.163:** Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam diri odun iç kısım örneği; ilkbahar odunu tabakası, ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar) lümeden orta lamle doğru ilerleyen ince, dikey çatlaklar (2 no.lu oklar), sekonder çeper üzerinde orta lamele paralel ilerleyen ince çatlaklar (3 no.lu oklar). 163
- Şekil 4.164:** Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam diri odun iç kısım örneği; yaz odunu tabakası, yaz odunu boyuna traheid çeperlerinde hücre köşelerinde bozunmalar, oyuklar (1 no.lu oklar) ve hücre köşelerinde orta lamelden ayrılmalar (2 no.lu ok). 163
- Şekil 4.165:** Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam öz odun iç kısım örneği; a) ilkbahar odunundan yaz odununa geçiş zonunda boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lameller boyunca ilerleyen ince çatlaklar (1 no.lu oklar), traheid çeperlerinde lümeden orta lamele doğru ilerleyen ince, dikey çatlaklar (2 no.lu oklar) ve orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu ok), b) yaz odunu tabakasında boyuna reçine kanalı çevresindeki boyuna traheid hücre çeperlerindeki parçalanma ve komşu traheid hücrelerinin orta lamellerinden ayrılmaları sonucu dikey çatlaklar (4 no.lu oklar), boyuna traheid hücre çeperleri üzerinde ince çatlaklar (2 no.lu oklar). 164
- Şekil 4.166:** Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam öz odun iç kısım örneği; ilkbahar odunu tabakası, ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde kopmalar (1 no.lu oklar), ince çatlaklar (2 no.lu oklar) ve orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu oklar). 164
- Şekil 4.167:** Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam öz odun iç kısım örneği; yaz odunu tabakası, yaz odunu boyuna traheid hücrelerinin sekonder çeperleri üzerinde hücre köşelerinde bozunmalar, oyuklar (1 no.lu oklar), parçalanmış özışını hücre çeperleri (2 no.lu ok). 165

- Şekil 4.168:** Sadece teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-S kontrol dış kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnekte radyal çatlaklar, b) daha dar yıllık halkalı örnek. 165
- Şekil 4.169:** Sadece teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-S kontrol dış kısım örnekleri; ilkbahar odunu tabakası a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında bozunmalar (1 no.lu oklar), orta lamelden ayrılmalar (2 no.lu oklar) ve parçalanmalar (4 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde bozunmalar (3 no.lu oklar). 166
- Şekil 4.170:** Sadece teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-S kontrol dış kısım örnekleri; yaz odunu tabakası a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında (1 no.lu oklar) ve hücre köşelerinde (2 no.lu oklar) bozunmalar. 166
- Şekil 4.171:** Sadece teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-S kontrol dış kısım örnekleri; yaz odunu tabakası a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücre çeperlerinde parçalanmalar (1 no.lu oklar), bu kanalların yakınındaki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler (2 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinin lümen tarafında bozunmalar (3 no.lu oklar) ve lümeden orta lamele doğru ilerleyen ince çatlaklar (4 no.lu oklar). 167
- Şekil 4.172:** Thermo-S uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, ilkbahar odunu tabakasında traheid hücre çeperlerinde bozunmalar (1 no.lu ok), öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar (2 no.lu ok), b) daha dar yıllık halkalı örnek, sağlam öz ışınları. 167
- Şekil 4.173:** Thermo-S uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri; ilkbahar odunu tabakası, a-b) daha geniş yıllık halkalı örnek, c-d) daha dar yıllık halkalı örnek, ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinin lümen tarafında bozunmalar (1 no.lu oklar), sekonder çeperler üzerinde bozunmalar (2 no.lu oklar), orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu oklar), ve parçalanmalar (4 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde teğet yönde genişlemeler (5 no.lu oklar). 168
- Şekil 4.174:** Thermo-S uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri; yaz odunu tabakası, a-b-c) daha geniş yıllık halkalı örnek, d) daha dar yıllık halkalı örnek, yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinin lümen tarafında (1 no.lu oklar), sekonder çeper üzerinde (2 no.lu oklar) bozunmalar, çeper tabakalarında ayrılmalar (3 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde lümeden orta lamele doğru ilerleyen ince çatlaklar (4 no.lu oklar), ilkbahar odunu tabakasından yaz odunu tabakasına geçiş zonunda boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (5 no.lu oklar). 169
- Şekil 4.175:** Thermo-S uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri; yaz odunu tabakası, a-b) daha geniş yıllık halkalı örnek, boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücrelerinde parçalanmalar (1 no.lu oklar), bu kanalların etrafında bulunan yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler (2 no.lu oklar) ve parçalanmalar (3 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinin lümen tarafında (4 no.lu oklar), sekonder çeper üzerinde (5 no.lu oklar) bozunmalar ve lümeden orta lamele doğru ilerleyen ince çatlaklar (6 no.lu oklar). 170
- Şekil 4.176:** Sadece teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-D kontrol dış kısım örnekleri; düzensiz ilerleyen çatlaklar (1 no.lu oklar), yıllık halka sınırında teğet yönde ilerleyen çatlak (2 no.lu oklar), reçine sızması (3 no.lu ok). 170

- Şekil 4.177:** Sadece teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-D kontrol dış kısım örnekleri; ilkbahar odunu tabakası, ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinin lümen tarafında (1 no.lu oklar) ve sekonder çeper üzerinde (4 no.lu oklar) bozunmalar, orta lamelden ayrılmalar (2 no.lu oklar), parçalanmalar (3 no.lu oklar), yıllık halka sınırında kopan traheid hücre çeperleri sebebiyle çatlak oluşumu (5 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde teğet yönde genişleme (beyaz ok)171
- Şekil 4.178:** Sadece teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-D kontrol dış kısım örnekleri; yaz odunu tabakası, a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinin lümen tarafında (1 no.lu oklar) ve sekonder çeper üzerinde (2 no.lu oklar) bozunmalar, orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu oklar).....171
- Şekil 4.179:** Sadece teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-D kontrol dış kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücre çeperlerinde parçalanmalar (1 no.lu oklar), bu kanalların yakınındaki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler (2 no.lu oklar) ve parçalanmalar (3 no.lu oklar), ilkbahar odunundan yaz odununa geçiş zonunda boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (4 no.lu oklar), orta lamellerinden ayrılan yaz odunu boyuna traheid hücre çeperleri sebebiyle düzensiz çatlak oluşumu (5 no.lu ok), yaz odunundan ilkbahar odununa geçerken kopan ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperleri sebebiyle yıllık halka sınırında çatlak oluşumu (6 no.lu oklar).....172
- Şekil 4.180:** Sadece teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-D kontrol dış kısım örnekleri; a-b) daha geniş yıllık halkalı örnekler, yıllık halka sınırında çatlak oluşumu (1 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (2 no.lu oklar) ve sekonder çeper üzerinde bozunmalar (4 no.lu ok), kenarlı geçitlerde teğet yönde genişleme (3 no.lu ok).....172
- Şekil 4.181:** Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri; a) daha dar yıllık halkalı örnek, b) daha geniş yıllık halkalı örnek, öz ışınlarında teğet yönde ayrılma.173
- Şekil 4.182:** Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri; ilkbahar odunu tabakasından yaz odunu tabakasına geçiş zonunda boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar173
- Şekil 4.183:** Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri; ilkbahar odunu tabakası, ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar), sekonder çeper üzerinde (2 no.lu oklar) ve lümen tarafında (5 no.lu oklar) bozunmalar, kenarlı geçitlerde teğet yönde genişlemeler (3 no.lu oklar) ve kenarlı geçitlerin bulunduğu alanlarda hücre çeperlerinde parçalanmalar (4 no.lu oklar).....174
- Şekil 4.184:** Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında (1 no.lu oklar) ve sekonder çeper üzerinde (2 no.lu oklar) bozunmalar, öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar (3 no.lu oklar).....175
- Şekil 4.185:** Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücre çeperlerinde parçalanma (1 no.lu oklar), bu kanalları çevreleyen yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde inceltme (2 no.lu oklar) ve parçalanmalar (3 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinin lümen tarafında bozunma (4

- no.lu oklar) ve sekonder çeper üzerindeki bozunmalar sonucu parçalanmalar (5 no.lu oklar).....175
- Şekil 4.186:** Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam iç kısım Thermo-S kontrol örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, öz ışınlarında teğet yönde ayrılma (1 no.lu oklar), sağlam öz ışınları (2 no.lu oklar), yıllık halka sınırı boyunca ilerleyen çatlak oluşumu (3 no.lu oklar).....176
- Şekil 4.187:** Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam iç kısım Thermo-S kontrol örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında (1 no.lu oklar) ve sekonder çeperin orta lamele yakın kısımlarında (2 no.lu oklar) bozunmalar, orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu oklar), parçalanmalar (4 no.lu oklar), çeperlerde reçine kalıntıları (beyaz oklar) .176
- Şekil 4.188:** Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam iç kısım Thermo-S kontrol örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında (1 no.lu oklar) ve sekonder çeperin orta lamele yakın kısımlarında (2 no.lu oklar) bozunmalar, orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu oklar).....177
- Şekil 4.189:** Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam iç kısım Thermo-S kontrol örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücre çeperlerinde parçalanma (1 no.lu oklar), bu kanalların yakınındaki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelme (2 no.lu oklar) ve parçalanmalar (3 no.lu oklar), orta lamellerinden ayrılan yaz odunu boyuna traheidleri sebebiyle düzensiz çatlak oluşumu (4 no.lu oklar), öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar (5 no.lu oklar).177
- Şekil 4.190:** Thermo-S uygulanmış ithal sarıçam iç kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, öz ışınlarında teğet yönde ayrılma (1 no.lu oklar), sağlam öz ışınları (2 no.lu oklar), yıllık halka sınırı boyunca ilerleyen çatlak oluşumu (3 no.lu oklar).....178
- Şekil 4.191:** Thermo-S uygulanmış ithal sarıçam iç kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında (1 no.lu oklar) ve sekonder çeperin orta lamele yakın kısımlarında (2 no.lu oklar) bozunmalar, orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu oklar), lümeden orta lamele doğru ilerleyen ince çatlaklar (4 no.lu oklar) ve traheid çeperlerinde parçalanmalar (5 no.lu oklar).....178
- Şekil 4.192:** Thermo-S uygulanmış ithal sarıçam iç kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında (1 no.lu oklar) ve sekonder çeperin orta lamele yakın kısımlarında (2 no.lu oklar) bozunmalar, lümeden orta lamele doğru ilerleyen ince çatlaklar (3 no.lu oklar).....179
- Şekil 4.193:** Thermo-S uygulanmış ithal sarıçam iç kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücre çeperlerinde parçalanma (1 no.lu oklar), bu kanalların yakınındaki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelme (2 no.lu oklar) ve parçalanmalar (3 no.lu oklar), orta lamellerinden ayrılan yaz odunu boyuna traheidleri sebebiyle düzensiz çatlak oluşumu (4 no.lu oklar), yıllık halka sınırı boyunca ilerleyen çatlak oluşumu (5 no.lu oklar).....179

Şekil 4.194: Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam iç kısım Thermo-D kontrol örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, öz ışınlarında teğet yönde ayrılma (1 no.lu oklar), sağlam öz ışınları (2 no.lu oklar).	180
Şekil 4.195: Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam iç kısım Thermo-D kontrol örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında (1 no.lu oklar) ve sekonder çeperin orta lamele yakın kısımlarında (3 no.lu oklar) bozunmalar, orta lamelden ayrılmalar (2 no.lu oklar), lümeden orta lamele doğru ilerleyen ince çatlaklar (4 no.lu oklar) ve kenarlı geçitlerde parçalanmalar (5 no.lu oklar).	180
Şekil 4.196: Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam iç kısım Thermo-D kontrol örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında (1 no.lu oklar), sekonder çeper üzerinde (2 no.lu oklar) ve sekonder çeperin orta lamele yakın kısımlarında (3 no.lu oklar) bozunmalar, orta lamelden ayrılmalar (4 no.lu oklar), lümeden orta lamele doğru ilerleyen ince çatlaklar (5 no.lu oklar).	181
Şekil 4.197: Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam iç kısım Thermo-D kontrol örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücre çeperlerinde parçalanma (1 no.lu oklar), bu kanalların yakınındaki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelme (2 no.lu oklar) ve parçalanmalar (3 no.lu oklar), öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar (4 no.lu oklar), traheid çeperlerinde reçine kalıntıları (beyaz oklar).	181
Şekil 4.198: Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam iç kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek.	182
Şekil 4.199: Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam iç kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında (1 no.lu oklar) ve sekonder çeperin orta lamele yakın kısımlarında (2 no.lu oklar) bozunmalar ve parçalanmalar (3 no.lu oklar).	182
Şekil 4.200: Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam iç kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında (1 no.lu oklar) ve sekonder çeperin orta lamele yakın kısımlarında (2 no.lu oklar) bozunmalar, lümeden orta lamele doğru ilerleyen ince çatlaklar (3 no.lu oklar).	183
Şekil 4.201: Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam iç kısım örnekleri; a-b) daha geniş yıllık halkalı örnek, boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücre çeperlerinde parçalanma (1 no.lu oklar), bu kanalların yakınındaki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelme (2 no.lu oklar) ve parçalanmalar (3 no.lu oklar), yıllık halka sınırı boyunca ilerleyen çatlak oluşumu (4 no.lu oklar).	183
Şekil 5.1: Sarıçam odununa ait teğet daralma miktarları.	219
Şekil 5.2: Sarıçam odununa ait radyal daralma miktarları.	219
Şekil 5.3: Sarıçam odununa ait hacmen daralma miktarları.	220
Şekil 5.4: Sarıçam odununa ait teğet genişleme miktarları.	221
Şekil 5.5: Sarıçam odununa ait radyal genişleme miktarları.	221

Şekil 5.6: Sarıçam odununa ait hacmen genişleme miktarları.....222

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1: Çam türlerinin sınıflandırılması (Yaltırık ve Efe, 2000).	5
Tablo 2.2: Isıl işlem yöntemlerinin karşılaştırılması.....	20
Tablo 2.3: Thermowood işlem sınıflarına göre ürünlerin kullanım yerleri (Anon., 2003).	21
Tablo 2.4: Ağırlık Kayıplarını Etkileyen İşlem Değişkenleri (Hill, 2006).	30
Tablo 3.1: Deneme ağaçlarının özellikleri.	44
Tablo 3.2: Uygulanan ısıl işlem süreçleri.	47
Tablo 4.1: Yerli sarıçam örneklerine ait yıllık halka genişliği (mm), yaz odunu genişliği (mm) ve yaz odunu katılım oranı (%).	60
Tablo 4.2: Yerli sarıçam örneklerine ait yıllık halka genişliği, yaz odunu genişliği ve yaz odunu katılım oranı varyans analizi sonuçları.	61
Tablo 4.3: İthal sarıçam örneklerine ait Yıllık Halka Genişliği (mm), Yaz Odunu Genişliği (mm) ve Yaz Odunu Katılım Oranı (%) tanımlayıcı istatistikleri.	63
Tablo 4.4: Yerli ve ithal sarıçam örnekleri Yıllık Halka Genişliği (mm), Yaz Odunu Genişliği (mm) ve Yaz Odunu Katılım Oranı (%) varyans analizi sonuçları.	63
Tablo 4.5: Yerli sarıçam hava kurusu yoğunluk değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler.....	184
Tablo 4.6: Yerli sarıçam hava kurusu yoğunluk Varyans Analizi sonuçları.....	185
Tablo 4.7: Yerli sarıçam hava kurusu yoğunluk Duncan Testi sonuçları.	185
Tablo 4.8: İthal sarıçam hava kurusu yoğunluk değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler.....	186
Tablo 4.9: İthal sarıçam hava kurusu yoğunluk Varyans Analizi sonuçları.	186
Tablo 4.10: İthal sarıçam hava kurusu yoğunluk Duncan Testi sonuçları.	186
Tablo 4.11: Yerli ve ithal sarıçam hava kurusu yoğunluk değerleri Varyans Analizi sonuçları.....	187
Tablo 4.12: Yerli ve ithal sarıçam hava kurusu yoğunluk değerleri Duncan Testi sonuçları. ..	187
Tablo 4.13: Yerli sarıçam tam kuru yoğunluk değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler.....	188
Tablo 4.14: Yerli sarıçam örneklerine ait tam kuru yoğunluk Varyans Analizi sonuçları.....	189

Tablo 4.15: Yerli sarıçam tam kuru yoğunluk Duncan Testi sonuçları.	189
Tablo 4.16: İthal sarıçam tam kuru yoğunluk değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler.	190
Tablo 4.17: İthal sarıçam tam kuru yoğunluk Varyans Analizi.	190
Tablo 4.18: İthal sarıçam tam kuru yoğunluk Duncan Testi sonuçları.	190
Tablo 4.19: Yerli ve ithal sarıçam tam kuru yoğunluk Varyans Analizi sonuçları.	191
Tablo 4.20: Yerli ve ithal sarıçam tam kuru yoğunluk Duncan Testi sonuçları.	191
Tablo 4.21: Yerli sarıçam hacim ağırlık değerine ait tanımlayıcı istatistikler.	192
Tablo 4.22: Yerli sarıçam hacim ağırlık değeri Varyans Analizi sonuçları.	193
Tablo 4.23: Yerli sarıçam hacim ağırlık değeri Duncan Testi sonuçları.	193
Tablo 4.24: İthal sarıçam örneklerine ait hacim ağırlık değeri tanımlayıcı istatistikleri.	194
Tablo 4.25: İthal sarıçam hacim ağırlık değeri Varyans Analizi sonuçları.	194
Tablo 4.26: İthal sarıçam hacim ağırlık değeri Duncan Testi sonuçları.	194
Tablo 4.27: Yerli ve ithal sarıçam hacim ağırlık değeri Varyans Analizi sonuçları.	195
Tablo 4.28: Yerli ve ithal sarıçam hacim ağırlık değeri Duncan Testi sonuçları.	195
Tablo 4.29: Yerli sarıçam daralma değerleri tanımlayıcı istatistik sonuçları.	196
Tablo 4.30: Yerli sarıçam daralma değerleri Varyans Analizi sonuçları.	197
Tablo 4.31: Yerli sarıçam teğet daralma değerleri Duncan Testi sonuçları.	198
Tablo 4.32: Yerli sarıçam radyal daralma değerleri Duncan Testi sonuçları.	198
Tablo 4.33: Yerli sarıçam hacmen daralma değerleri Duncan Testi sonuçları.	198
Tablo 4.34: İthal sarıçam daralma değerleri tanımlayıcı istatistikleri.	199
Tablo 4.35: İthal sarıçam daralma değerleri Varyans Analizi sonuçları.	199
Tablo 4.36: İthal sarıçam teğet daralma değerleri Duncan Testi sonuçları.	200
Tablo 4.37: İthal sarıçam radyal daralma değerleri Duncan Testi sonuçları.	200
Tablo 4.38: İthal sarıçam hacmen daralma değerleri Duncan Testi sonuçları.	200
Tablo 4.39: Yerli ve ithal daralma değerleri Varyans Analizi sonuçları.	201
Tablo 4.40: Yerli ve ithal sarıçam teğet daralma değerleri Duncan Testi sonuçları.	201
Tablo 4.41: Yerli ve ithal sarıçam radyal daralma değerleri Duncan Testi sonuçları.	202
Tablo 4.42: Yerli ve ithal sarıçam hacmen daralma değerleri Duncan Testi sonuçları.	202

Tablo 4.43: Yerli sarıçam diri odun genişleme değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler.	203
Tablo 4.44: Yerli sarıçam genişleme değerleri Varyans Analizi sonuçları.....	204
Tablo 4.45: Yerli sarıçam teğet genişleme değerleri Duncan Testi sonuçları.....	204
Tablo 4.46: Yerli sarıçam radyal genişleme değerleri Duncan Testi sonuçları.	205
Tablo 4.47: Yerli sarıçam hacmen genişleme değerleri Duncan Testi sonuçları.	205
Tablo 4.48: İthal sarıçam genişleme değerleri tanımlayıcı istatistik sonuçları.	205
Tablo 4.49: İthal sarıçam teğet genişleme değerleri Varyans Analizi sonuçları.	206
Tablo 4.50: İthal sarıçam teğet genişleme değerleri Duncan Testi sonuçları.	206
Tablo 4.51: İthal sarıçam radyal genişleme değerleri Duncan Testi sonuçları.	207
Tablo 4.52: İthal sarıçam hacmen genişleme değerleri Duncan Testi sonuçları.	207
Tablo 4.53: Yerli ile ithal sarıçam genişleme değerleri Varyans Analizi sonuçları.....	207
Tablo 4.54: Yerli ile ithal sarıçam teğet genişleme değerleri Duncan Testi sonuçları.....	208
Tablo 4.55: Yerli ile ithal sarıçam radyal genişleme değerleri Duncan Testi sonuçları.	208
Tablo 4.56: Yerli ile ithal sarıçam hacmen genişleme değerleri Duncan Testi sonuçları.	208
Tablo 5.1: Yoğunluk ve hacim ağırlık değerlerine ait aritmetik ortalamalar.	215
Tablo 5.2: Yoğunluk ve hacim ağırlık değerlerine ait azalma oranları.....	216
Tablo 5.3: Daralma miktarlarındaki azalış oranları (kontrol örneklerine göre).	220
Tablo 5.4: Genişleme miktarlarındaki azalış oranları (kontrol örneklerine göre).....	222

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler

Açıklama

B_r	: Radyal daralma
B_t	: Teğet daralma
B_v	: Hacimsel daralma
α_r	: Radyal genişleme
α_t	: Teğet genişleme
α_v	: Hacimsel genişleme
N	: Örnek sayısı
R	: Varyasyon genişliği
S	: Standart sapma
S_2	: Varyans
S_r	: Ortalama hata
\bar{x}	: Aritmetik ortalama
X_{max}	: Ortalama maksimum değer
X_{min}	: Ortalama minimum değer

Kısaltmalar

Açıklama

CCA	: Bakır-Krom-Arsenik
DRM	: Denge rutubet miktarı
GYA	: Geniş yapraklı ağaç
HAD	: Hacim ağırlık değeri
HKY	: Hava kurusu yoğunluk
İBO	: İlkbahar odunu
İYA	: İğne yapraklı ağaç
LDN	: Lif doygunluğu noktası
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
TKY	: Tam kuru yoğunluk
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskopu
TBTO	: Tributyl tin oxide
VTT	: Finlandiya Teknik Araştırma Merkezi
YHG	: Yıllık halka genişliği
YO	: Yaz odunu
YOG	: Yaz odunu genişliği
YOKO	: Yaz odunu katılım oranı

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ISIL İŞLEMİN SARIÇAM (*Pinus sylvestris* L.) ODUNUNUN ANATOMİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Fatma Diğdem KANGALOĞLU TUNCER

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ayşe Dilek DOĞU

Ağaç malzemenin kullanım yeri özelliklerini iyileştirmek amacıyla geçmişten günümüze kadar pek çok modifikasyon yöntemi geliştirilmiştir. Odun modifikasyonu yöntemlerinden biri olan ısıtma işlem uygulamalarından Thermowood metodu ise, günümüzde en fazla kullanılan ısıtma işlem metodudur. Isıtma işleminin aslı amacı odunun boyutsal stabilizasyonunu arttırmak ve ayrıca çürüklük mantarlarına karşı dayanıklılığını iyileştirmektir.

Günümüzde, odun modifikasyon yöntemlerinin başarı derecesini belirlemenin bir yolu da, bu işlemlerin anatomik yapıda neden oldukları değişikliklerin tespit edilmesidir. Ayrıca, uygulanan yöntemlerin ağaç malzemenin diğer yapısal özellikleri üzerindeki etkilerinin doğru bir şekilde yorumlanabilmesi, büyük ölçüde bu yöntemlerin anatomik yapıda neden oldukları değişikliklerin tam olarak belirlenmesine bağlı bulunmaktadır.

Yapılan literatür incelemesinde bugüne kadar yapılan çalışmaların esas olarak ısıtma işleminin odunun dayanıklılık, fiziksel ve mekanik özelliklerinde yaptığı değişiklikler üzerine yoğunlaştığı, anatomik yapıdaki etkileri üzerinde ise az sayıda çalışmanın yapıldığı gözlenmiştir. Bu noktadan hareketle gerçekleştirilen çalışmada ısıtma işleminin anatomik yapıdaki etkilerinin incelenmesi, elde edilecek sonuçlarla Orman Ürünleri Endüstrisi alanında farklı disiplinlere bilimsel kaynak sağlanması amaçlanmıştır.

Bu çalışmada; Thermowood yöntemine göre ısıtma işlem görmüş sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odununun anatomik yapısında ve bazı fiziksel özelliklerinde meydana gelen değişiklikler incelenmiştir. Çalışmada, Türkiye Orman Ürünleri

Endüstrisinde yoğun olarak kullanılan ithal ve yerli sarıçam kerestelerine, iki farklı sıcaklıkta (Thermo-S için 190 °C ve Thermo-D için 212 °C) Thermowood yöntemi kullanılarak ısıtım işlem uygulanmıştır. Isıtım işlem uygulanmamış örnekler kontrol örneği olarak çalışmada kullanılmıştır. Isıtım işlem uygulanmış ve uygulanmamış örneklerde anatomik yapı makroskopik, mikroskopik ve ultramikroskopik yöntemlerle incelenmiştir. Fiziksel özelliklerden tam kuru ve hava kurusu yoğunluk, hacim ağırlık değeri, daralma ve genişleme yüzdeleri (boyutsal değışim) belirlenmiştir. Isıtım işlem uygulanan örneklerin ilgili parametreler bakımından kontrol örneklerine göre değışim oranları hesaplanmış ve istatistik yöntemler kullanılarak karşılaştırılmıştır.

Sonuç olarak; ısıtım işlem uygulamasının anatomik yapıda değışikliklere yol açtığı, ortalama yıllık halka genişlikleri ve yaz odunu tabakası genişliklerinin yerli sarıçam örneklerinde ithal sarıçam örneklerinden % 50 daha geniş olduğu ve ısıtım işlemin anatomik yapıda meydana getirdiği değışiklikler üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Isıtım işlem uygulamasının ardından tüm örneklerde makroskopik olarak yüzeysel çatlakların oluştuğu, Thermo-D uygulaması ardından 5 cm'den kalın öz odun örneklerinde iç çatlakların oluştuğu görülmüştür. Mikroskopik olarak ise farklı çeper kalınlığına sahip hücrelerin karşılaştığı alanlarda düzensiz ilerleyen çatlak oluşumları, boyuna traheid hücre çeperlerinde ve paransim hücrelerinde bozunmalar ile aspirasyona uğramış geçitler tespit edilmiştir. Isıtım işlem sıcaklığının artmasıyla bağlantılı olarak, yoğunluklardaki düşüşün arttığı, daralma ve genişleme değerlerinde ortalama % 20' lik bir iyileşme meydana geldiği belirlenmiştir. Hava kurusu ve tam kuru yoğunluk değerlerinde ortalama % 50 lik bir düşüş, odunun rutubet karşısında çalışmasında Thermo-S uygulaması sonucu % 7- 16, Thermo-D uygulaması sonucu % 20-30 oranında azalma tespit edilmiştir.

Haziran 2014, 245 Sayfa.

Anahtar kelimeler: odun anatomisi, ısıtım işlem, sarıçam, *Pinus sylvestris* L., SEM.

SUMMARY

M.Sc. THESIS

INVESTIGATION OF HEAT TREATMENT EFFECTS ON ANATOMICAL PROPERTIES OF SCOTS PINE (*Pinus sylvestris* L.)

Fatma Diğdem KANGALOĞLU TUNCER

Istanbul University

Graduate School of Science and Engineering

Department of Wood Industry Engineering

Supervisor : Associate Professor Dr. Ayşe Dilek DOĞU

From past to present, several modification methods have been developed to improve the properties of wood. While heat treatment is one of the processes to modify the properties of wood, the Thermowood product is the most commonly used one. Main purposes of heat treatment are to increase dimensional stability and improve resistance to decay.

At the present time, the success of wood modification methods is associated with the changes in wood anatomy along with the changes in its chemical and physical structure. Moreover, the correct interpretation of the effects of any applied method on other structural properties of wood, depends greatly on changes in the anatomical structure.

Previous studies have mainly concentrated on the changes in durability, physical and mechanical properties after heat treatments, while a few studies have focused on the anatomical structure of wood. From this point, this study is expected to be beneficial scientifically for different disciplines in the field of the forest product industry.

In this study, changes in the anatomic structure and some physical properties of Scots pine wood (*Pinus sylvestris* L.) treated by the Thermowood method were investigated. In the study, heat treatment applied at two different temperatures (190 °C for Thermo-S and 212 °C for Thermo-D processes according to the commercial Thermowood method) to local and imported Scots pine wood intensively used in the Turkish Forest Product Industry. Unheated specimens served as controls. The anatomic examinations, were performed by macroscopic, microscopic and ultramicroscopic methods. Air dry and

oven dry densities, density in volume, shrinkage and swelling percentages (hygroscopic sorption properties) were also determined. All properties of heat-treated specimens were compared with control samples and the ratio of exchange is estimated in terms of the relevant parameters and compared by using statistical methods.

Consequently; the heat treatments caused some changes in the anatomic structure of the test specimens. Average annual ring width and latewood width were found to be wider 50 % in local scots pine samples than imported ones. After treatments, surface checking occurred in all samples at macroscopic level. In the Thermo-D process, internal cracks occurred in heartwood samples thicker than 5 cm. As a result of microscopic evaluations, irregular crack formation was seen in the area where the cell's have different wall thickness. On the other hand, degraded longitudinal tracheids and parenchyma cells in rays and aspirated pits were determined. Regarding the increase in treatment temperature, decreases in density, improvements about 20 % in shrinking and swelling values have been determined. Air dry and oven dry density values decreased about 50 %, while hygroscopic sorption after the Thermo-S process decreased about 7-16 % and 20- 30 % after Thermo-D process.

June 2014, 245 Pages.

Keywords: wood anatomy, heat treatment, scots pine, *Pinus sylvestris* L., SEM.

1. GİRİŞ

En eski materyallerden biri olan odun, sahip olduğu üstün özellikleri ile insanlık tarihinin başlangıcından bugüne dek çok farklı kullanım alanlarında değerlendirilerek her zaman hayatımızın içinde var olmuştur. Günümüzde ise doğal kaynakların yeni teknolojiler ile geliştirilmesi, kullanılan materyallerin yenilenebilir ve doğayla dost ürünler olması artan bir ihtiyaç haline gelmiştir (Fengel ve Wegener, 1984; Hill, 2006).

Odun, kolay işlenmesi, ısı, ses ve elektriğe karşı iyi bir yalıtıcı olması, renk ve estetik özellikleri, yoğunluğunun düşük olmasına nazaran yüksek direnç değerlerine sahip olması nedeniyle çok yönlü bir kullanım alanı olan organik ve yenilenebilir bir materyaldir (Miller, 1999). Bununla birlikte kullanım yeri şartlarına bağlı olarak kullanım ömrünü azaltabilecek bazı kısıtlayıcı özellikleri de mevcuttur. Atmosfer koşullarına bağlı olarak boyutlarını değiştirmesi, biyolojik saldırılara karşı hassasiyeti ağaç malzemenin sakıncalı özelliklerine verilebilecek örneklerdir (Hill, 2006).

Son yıllarda odunun sahip olduğu özelliklerini geliştirmek için pek çok uygulama geliştirilmiştir. Ağaç malzemenin olumsuz özelliklerinin en aza indirgenmesi ve olumlu özelliklerinin daha da artırılması amacıyla yönelik olarak yapılan araştırmaya sonuçlarına göre ortaya çıkan yöntemlere “Odun Modifikasyon Yöntemleri” denilmektedir (Rowell, 1987; Hill, 2006).

Genel hatları itibariyle yukarıda ifade edildiği gibi tanımlanan odun modifikasyon yöntemleri çoğu zaman yüksek bir maliyeti de beraberinde getirdiği için, son yıllarda tek bir muamele ile birden fazla özelliği iyileştirebilecek şekilde uygulanmaktadır. Diğer taraftan, kullanılan kimyasal maddelerin çevre kirliliğine yol açmaması, ekonomiklik ve uygulama kolaylığı odun modifikasyon yöntemleri için önem kazanmaya başlamıştır (Yıldız, 2002).

Günümüzde, odun modifikasyon yöntemlerinin başarı derecesinin değerlendirilmesinde dikkate alınan ölçütlerden biri, bu işlemlerin anatomik yapıda neden oldukları değişikliklerdir. Ayrıca, uygulanan yöntemlerin ağaç malzemenin diğer yapısal

özellikleri üzerindeki etkilerinin doğru bir şekilde yorumlanabilmesi, büyük ölçüde bu yöntemlerin kimyasal ve anatomik yapıda neden oldukları değişikliklerin tam olarak belirlenmesine bağlı bulunmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 2000; Hill, 2006).

Yapılan literatür incelemesi sırasında, ısı işlemin odun yapısında yarattığı değişiklikler fiziksel, kimyasal ve mekanik yönden oldukça geniş bir şekilde ele alınmasına rağmen, ısı işlemin anatomik yapıda neden olduğu değişiklikler hakkında yapılan incelemelerin (Boonstra, 2008; Esteves ve Pereira, 2009; Awoyemi ve diğ., 2011) oldukça kısıtlı olduğu görülmüştür. Bu amaçla; ısı işlem uygulanan sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odunundaki anatomik değişiklikler; yoğunluk, daralma-genişleme (sorpsiyon) ve hacim ağırlık değeri ile bağlantılı olarak incelenmiştir. Isıl işlem uygulanmış ve uygulanmamış örnekler üzerinde anatomik incelemeler, makroskopik, mikroskopik ve ultramikroskopik yöntemlerle, fiziksel özelliklerden yoğunluk, daralma-genişleme ve hacim ağırlık değeri tayinleri ise ilgili standartlara göre gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada bugüne kadar gerçekleştirilen diğer çalışmalardan farklı olarak, ısı işlem denemeleri tarafımızca seçilen deneme ağaçlarından hazırlanan örnekler üzerinde kontrollü bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Isıl işlem uygulayıcısı firmadan temin edilen ithal örnekler ise karşılaştırma yapmak amacı ile kullanılmıştır. Gerçekleştirilen çalışma bu yönüyle özgün bir değer taşımaktadır.

“Isıl İşlemin Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Odununun Anatomik Özellikleri Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi” adını taşıyan bu çalışmanın ana amacı; Thermowood yönteminin Thermo-S ve Thermo-D uygulama sınıflarına göre ısı işlem görmüş sarıçam odununun anatomik yapısında meydana gelen değişikliklerin incelenmesi ve elde edilen sonuçların karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesidir.

Çalışmanın alt amaçları ise;

- Thermo-S ve Thermo-D uygulamalarına göre ısı işlem görmüş sarıçam odununda yoğunluk, daralma-genişleme ve hacim ağırlık değerlerinin belirlenerek, işlem görmemiş sarıçam odunu ile karşılaştırılması; elde edilen sonuçların, anatomik özelliklerdeki değişimlerle birlikte yorumlanması yolu ile uygulanan ısı işlem metodunun oduna etki mekanizmasının değerlendirilmesi,

- Aynı incelemelerin yurt dışından kurutulmuş halde getirilip ısıtılma işlemi uygulandıktan sonra piyasaya sunulan sarıçam odunu örneklerinde de gerçekleştirilmesi ve elde edilen sonuçların yerli sarıçam örnekleri ile karşılaştırılması olarak belirlenmiştir.

“Isıtılma İşleminin Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Odununun Anatomik Özellikleri Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi” adıyla Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanan bu çalışmada Genel Kısımlar başlığı altında, kullanılan deneme materyali ile ilgili literatür bilgisi ve modifikasyon yöntemlerinin tanıtımı, uygulanan ısıtılma işlem yönteminin odun özellikleri üzerine etkilerine dair yapılan çalışma sonuçları verilmiştir. Ardından Malzeme ve Yöntem başlığı altında, deneme ağaçlarının alınması, ısıtılma işlem uygulanması, ısıtılma işlem sonrası inceleme ve ölçmeler için örneklerin hazırlanması ve inceleme yöntemlerinin açıklaması yapılmıştır. Bulgular kısmında araştırma sonunda elde edilen veriler verilerek, Tartışma ve Sonuç kısmında bu veriler yapılan diğer çalışmalar ile birlikte yorumlanmıştır.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. ÇAM TÜRLERİ (*PINUS SPP.*)

Pinaceae familyasında bulunan çamlar (*Pinus spp.*) tür zenginliği bakımından *Coniferae* sınıfı içerisinde yer alan en geniş ve en önemli cinstir. 112 türle temsil edilen bu cins *Gymnospermae*'ler içerisinde en fazla türe sahip olanıdır. Kuzey yarımküresinde, Kuzey Amerika, Asya ve Avrupa'nın son ağaç sınırına kadar geniş bir yayılımı vardır. Asya'nın subtropik ormanlarında da (Hindistan, Burma, Sumatra, Filipinler) görülürler. Sumatra'nın doğusundaki Sunda Adalarında Ekvator'un güneyine geçerler.

Çam odunları kağıt yapımına elverişli olsalar da, ticarete çeşitli kullanım yerleri olan kerestelik odun yönünden birinci derecede önem taşırlar. Odunlarından terebentin yağı, çam yağı, odun katranı, kolofan ve reçine gibi odun dışı orman ürünü eldesinin yanında fıstık çamının (*P. pinea L.*) tohumlarından fıstık elde edilmektedir. Çam yapraklarından elde edilen yağlar da eczacılıkta kullanılmaktadır.

Çamlar, yapraklarındaki iletim demeti sayısına, kozalak ve odun özelliklerine göre 2 gruba ayrılmaktadır (Tablo 2.1).

- 1- Yumuşak Çamlar
- 2- Sert Çamlar

Türkiye'de doğal olarak yetişen çam türlerinin hepsi Sert Çamlar grubuna girmektedir. Bunlar; Sarıçam (*P. sylvestris L.*), Karaçam (*P. nigra Arnold.*), Kızılcık (*P. brutia Ten.*), Fıstık Çamı (*P. pinea L.*), Halep Çamı (*P. halepensis Mill.*)'dır (Yalıtık ve Efe, 2000; Akkemik, 2011).

Tablo 2.1: Çam türlerinin sınıflandırılması (Yaltırık ve Efe, 2000).

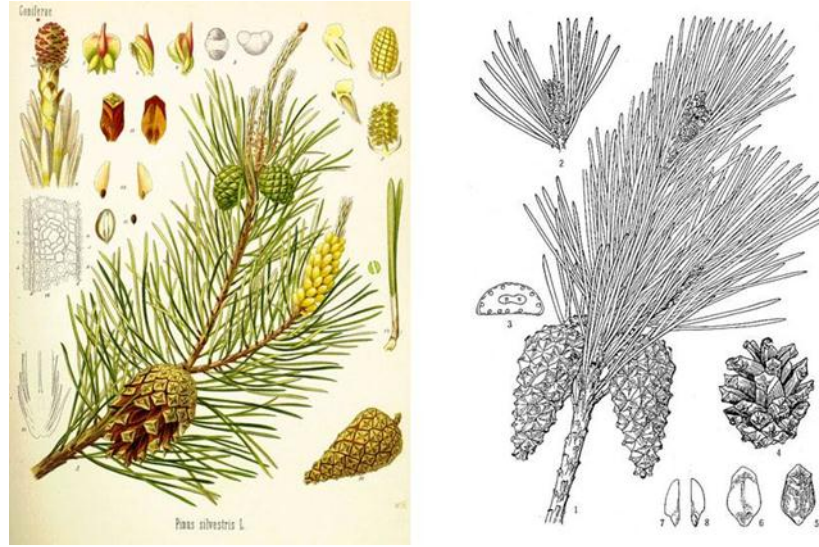
Özellikler	Yumuşak Çamlar	Sert Çamlar
İğne Yapraklar	Kısa sürgünler üzerinde çoğunlukla 5 (nadiren 2-5), yaprak enine kesitlerinde bir iletim demeti var (Haploxyton)	Kısa sürgünler üzerinde çoğunlukla 2, 3 (nadiren 5-8), yaprak enine kesitlerinde iki adet iletim demeti var (Diploxyton)
İğne yaprak kını "Glaf"lar	Dökülür	Daimi kalır.
Kozalak pulları	Karpel deri gibi sert, uçta kalınlaşma olmamış.	Odonlaşmış uç kısmı daha fazla kalınlaşmış.
Odon	İlkbahar odunundan yaz odununa geçiş tedricidir.	İlkbahar odunundan yaz odununa geçiş anidir.

2.1.1. Sarıçam

2.1.1.1. Botanik Özellikleri

- Âlem : Plantae (Bitkiler)
 Bölüm : Pinophyta (Açık tohumlular)
 Sınıf : Pinopsida
 Takım : Pinales (İğne yapraklılar)
 Familya: Pinaceae (Çamgiller)
 Cins : *Pinus*
 Tür : *P. sylvestris* L.

Yetiştirme yerine göre 20-40 m.'ye kadar boylanabilen narin ve silindirik gövdeli, sivri tepeli ve ince dallı; ya da dolgun gövdeli, yayvan tepeli ve kalın dallı bir ağaçtır. Genç gövdelerde, yaşlı ağaçların yukarı kısımlarında ve kalın dallarda 'tilki sarısı' rengindeki kabuk gayet ince levhalar halinde ayrılır. Yaşlı gövdelerde ise gri-kahverengi, kalın ve çatlaktır.

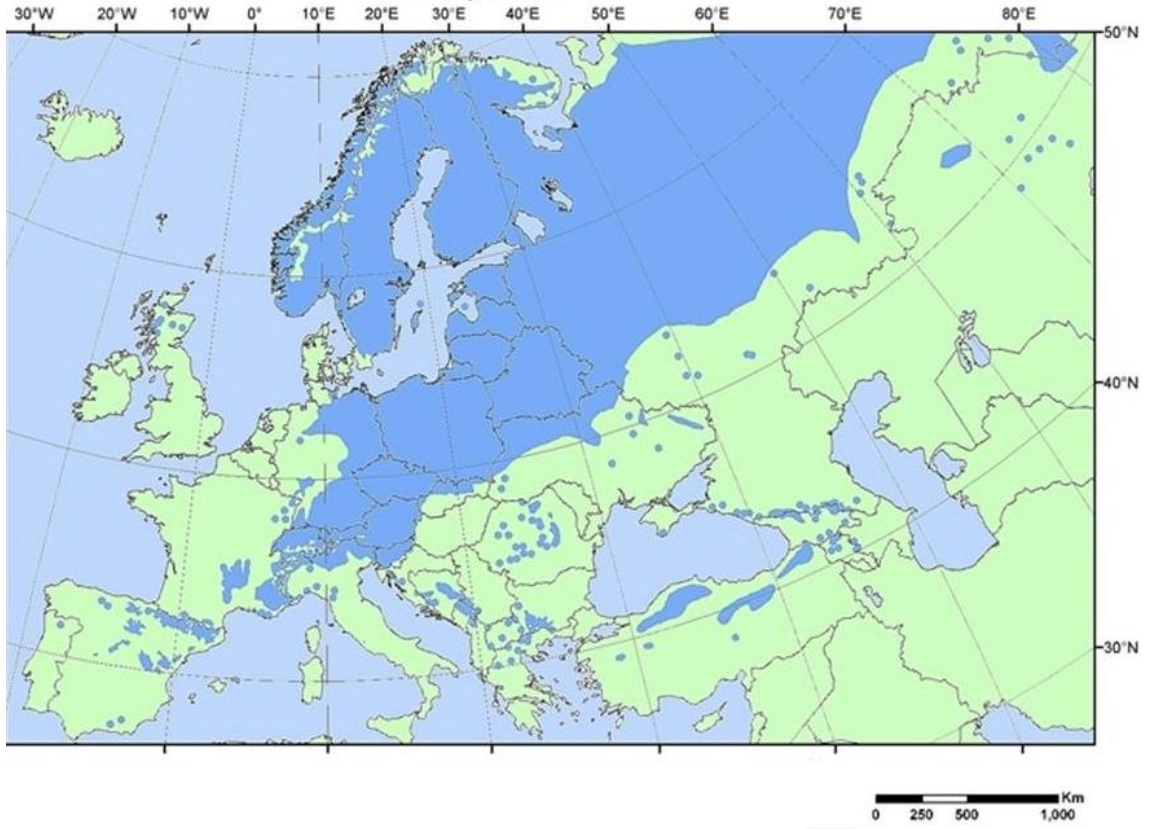


Şekil 2.1: Sarıçamın sürgün, kozalak ve dal yapısı (Kohler, F.E., 2014).

Genç sürgünler yeşilimsi, ikinci yıldan itibaren gri-kahverengiye dönüşür (Anon., 1994; Yaltırık ve Efe, 2000; Akkemik, 2011). Tomurcuklar uzun yumurta biçiminde, 6-12 mm uzunluğunda, kırmızı kahverengi ve az çok sivri veya küt uçlu, genellikle reçinesizdir. İğne yaprakların boyları yetiştirme yerlerine göre 3-8 cm'dir. Kısa sürgünlerde ikişer adet, sert, mavimsi yeşil renkte, uçları sivri batıcı ve kenarları ince dişlidir. Ortalarından dikkati çekecek şekilde kıvrıktır (Anşin, 2001; Davis, 1965). Kozalaklar 3-6 cm uzunluğunda, dip tarafı çarpık, rengi ise boz mat ya da koyu sarıdır. Tohum küçük 3-4 mm, kanat kendisinden 3-4 kat daha uzundur (Şekil 2.1) (Anşin, 2001).

Sarıçamın derine giden kazık kök sistemi ağacın fırtınalara dayanmasını mümkün kılacak şekilde kuvvetlidir. Ana kök derinlere gider ve yan kökler ise yatay olarak geniş bir alana yayılır (Alemdağ, 1967; Efe, 2003).

2.1.1.2. Doğal Yayılışı



Şekil 2.2: Sarıçam'ın (*Pinus sylvestris* L.) doğal yayılışı (Mátyás ve diğ., 2004).

Kuzey Anadolu'nun yüksek dağlık kesimlerinde saf ya da karışık ormanlar kurmakla birlikte, küçük adacıklar halinde iç ve güney bölgelerimize kadar ulaşır. Dünyada mevcut ağaç türleri arasında en geniş yayılışa sahiptir. İskoçya'dan başlayarak bütün Alplerde ve yüksek dağlarda yukarı orman sınırına yaklaştığı gibi 70. coğrafi enlemin son orman sınırına da yaklaşır (Şekil 2.2). Doğuda ise Çin'e kadar yayılır. Yurdumuzda en güneydeki yayılışını Kayseri-Pınarbaşı'nda ($38^{\circ} 41'$), en yoğun yayılışını ise Kuzey Anadolu'nun iç mıntıklarında yapar ve buradan orta Anadolu'ya geçer (Aktaş, 2006). Karadeniz kıyısın da Of-Sürmene (Çamburnu) arasında denize kadar inerken Doğu Anadolu'da 2700 m'ye (Sarıkamış-Ziyaret Tepesi) çıkar. Sarıçam dikey yayılış olarak Türkiye'de 1000 m – 2500 m'ler arasında yer alır. Bunun dışında Kayseri-Kahramanmaraş arasında Pınarbaşı, Göksun yörelerinde yedi küçük adacık halinde bulunur. Burada yalnız Türkiye'de değil, dünyadaki yayılışının en güney noktalarından birisine ulaşmış olmaktadır. Türkiye'deki orman alanları içerisinde 751.059,7 Ha

normal alan, 728.587,9 Ha bozuk alan olmak üzere ülkemiz ormanlarının yaklaşık % 6'lık kısmını kaplamaktadır (Anon., 2013).

2.1.1.3. Yetiştirme Yeri İstekleri

Sarıçam; sıcaklık ve su isteği az, dona dayanıklı bir tür olarak çeşitli iklimlerde yetiştirme ortamı bulur. Deniz seviyesinden 2700 m 'ye kadar olan çeşitli yükseklik kademelerinde rastlanır. Genellikle dağlık bölgelerde yayılmakta ise de, yüksek ovalarda ve dar vadi tabanlarında da görülür (Anon., 1994). Strassburger (1958)'e göre sarıçam step kenarlarındaki kurak ve sıcak yazlara dayandığı kadar Sibirya'nın kış donlarına da dayanan, ovalardan Alpler'deki orman sınırına kadar çıkan bir ağaç türüdür. Saatçioğlu (1976) ise donlara ve kuraklığa çok dayanıklı bir tür olduğunu belirtmektedir.

Sarıçam hafif kumlu toprakların ağacıdır. Mineral maddeler ve nem bakımından isteği fazla değil ise de derin ve gevşek toprakları sever. Işık ihtiyacı fazladır. İklim bakımından Avrupa'nın hemen bütün rejyonlarında yetişir (Yaltırık ve Efe, 2000).

Farklı yetiştirme koşullarında 30-50 m boylanabilen, gençlikte narin gövdeli, sivri tepeli ve ince dallı; yaşlılıkta dolgun gövdeli, yayvan tepeli ve kalın dallı bir ağaçtır.

Yurdumuzda sarıçamın yayılış alanlarında, Karadeniz iklimi, İç Anadolu step iklimi ve Doğu Anadolu iklimi olmak üzere, başlıca 3 makro iklim tipi bulunmaktadır. Yetiştirme ortamlarında, nisbi nem ortalaması % 64 - 76 arasında değişmesine rağmen % 3 nisbi nem değeri de görülmektedir. Sarıçam ormanlarının, çok eğimli (% 18-36) ve orta eğimli (% 10 - 17) yamaçlarda daha fazla bulunmakta olduğu belirtilmektedir (Anon., 1994).

2.1.1.4. Kullanım Alanları

Sarıçam iyi kaliteli, budaksız gövde odunları oluşturması ve kolay işlenebilir olması nedeni ile orman ürünleri endüstrisinde oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu özellikleri ile ekonomik açıdan ülkemiz için oldukça önemli bir ağaç türüdür. Kolay işlenen odunu düzgün ve parlak bir yüzey verir, boya, cila ve tutkalı kolay emer ve iyi çivi tutar. Bu özellikleri ile sarıçam yapı malzemesi, kapı, pencere, tavan ve taban kaplaması olmak üzere mobilyacılık, oymacılık ve ambalaj sanayiinde kullanılır (Bozkurt ve Erdin, 2000; Anon., 2013).

Mantarlara karşı dayanıklılığı diğer ağaç türlerine göre üstünlük gösteren sarıçam odununu, eğilme ve basınç dirençlerinin oldukça yüksek, haber verme özelliğinin iyi ve geniş bir öz oduna sahip olması nedenleriyle; elektrik, telefon ve maden direği, çit ve iskele kazığı yapımında kullanılmaktadır. Ayrıca hafifliği ve iyi çivi tutması gibi özellikleri nedeniyle inşaat iskelesi olarak da sarıçam odunundan yararlanılmaktadır (Bozkurt, 1971; Anon., 1994).

Yukarıda sözü edilen kullanım alanlarının yanında sarıçam odunundan, ambalaj sanayi, lif levha, yonga levha, kontrplak, kağıt hamuru ve kağıt üretiminde, plastik ve selofan yapımında yararlanılmaktadır (Anşin, 1988; Yaltırık,1988; Bozkurt ve Erdin, 2000). Ancak sarıçam odununun reçineli oluşu kağıt hamuru üretiminde özel teknolojilerin kullanılmasını zorunlu kılmaktadır (Bozkurt, 1971; Anon., 1994).

Sarıçam odununda selüloz verimi % 42 civarındadır. Destilasyon yoluyla elde edilen katran ve petrol, gemicilikte, tıpta ve emprenye işlemleri gibi alanlarda kullanılmaktadır. Ortalama olarak % 13,5 oranında sepi maddesi içeren sarıçam kabuğu ise dericilikte ve yakacak amacıyla kullanılmaktadır (Anon., 1994).

2.1.1.5. Anatomik Özellikleri

Yetiştirme yeri şartları sarıçam odununun anatomik özellikleri üzerinde çok etkilidir. Yüksek rakımlarda yıllık halkalar dar, deniz seviyesine yakın yerlerde ise geniştir. Uygun olmayan yetiştirme koşulları dışında, koyu renkli bir öz odunu vardır (Merev, 2003). Diri odun 5-10 cm genişlikte, sarımsı beyaz renkte; öz odun kırmızımsı sarı ve kırmızımsı kahverengidir, kesimden sonra rengi koyulaşır. Yıllık halka sınırları belirgin ve hafif dalgalıdır. Yaz odunu koyu renkli olup, açık renkli ilkbahar odunu ile kontrast yaratır. İlkbahar odunundan yaz odununa geçiş ani, yetiştirme yerine bağlı olarak yıllık halkalar dar veya geniş olabilmektedir. Öz ışınları çıplak gözle görülememekte, enine kesitte sadece yaz odununda belirgin olabilmekte; radyal kesitte enine yönde uzanan kısa, ince bantlar şeklinde görülmektedirler. Boyuna reçine kanalları; ladin ve melezden büyük ve çok sayıda olup, yaz odunu tabakasında açık, ilkbahar odunu tabakasında ise koyu renkli lekeler şeklinde görülürler. Radyal ve teğet kesitte ise, boyuna çizikler halindedir. Odunu mat olup, taze haldeyken reçine kokuludur. Dekoratif bir görünüme sahiptir. Odunu oldukça sert ve orta ağırlıktadır (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Mikroskopik yapıda yıllık halka sınırları belirgin olup, ilkbahar odunundan yaz odununa geçiş oldukça hızlıdır. Boyuna traheidlerin teğet çapı 10-50 µm, uzunlukları 1800-4500 µm'dir. Boyuna reçine kanalları, çoğunlukla tek tek ve genellikle yaz odunu içerisinde bulunurlar. Ladin ve melezden daha fazla sayıdadır. Reçine kanalları çevresindeki epitel hücreleri ince çeperli ve 100-150 µm'dir. İlkbahar odunu traheidlerinin radyal çeperlerinde kenarlı geçitler büyük ve tek sıralıdır. Yaz odunu traheidlerinin teğet çeperlerinde de nadiren küçük çaplı kenarlı geçitlere rastlanabilir. Özışınları heterojendir. Öz ışınları tek sıralı, enine reçine kanalı bulunan öz ışınları orta kısımda 2-5 sıralıdır. Öz ışınları yüksekliği çoğunlukla 1-12 hücre, bazen 15 hücreden fazladır. Öz ışını traheidleri her iki uçta 1-3 sıralı, bazen de öz ışınının ortasında bulunmaktadır. Öz ışını traheidlerinin çeperleri kaba dişli yapıda ve bol miktarda küçük kenarlı geçitlidir. Öz ışını paranzim hücrelerinin çeperleri ince, enine ve uç çeperlerde geçitler az sayıdadır. Boyuna traheidlerle özışını paranzim hücrelerinin karşılaşma yerlerindeki geçitler 1-2 adet ve pencere tipindedir (Bozkurt ve Erdin, 2000; Merev, 2003).

2.1.1.6. Fiziksel, Mekanik, Kimyasal ve Teknolojik Özellikleri

Sarıçam odununda, % 41,9 oranında selüloz, % 12,8 oranında heksozan, % 8,7 oranında pentozan, % 29,5 oranında lignin, % 3,2 oranında yağ ve % 1,3 oranında kül bulunmaktadır. Ancak bu kimyasal maddeler, ağacın çeşitli kısımlarında farklı miktarlarda bulunmaktadır. Ayrıca sarıçamın diri odununda % 4,19 oranında, öz odununda ise % 9,17 oranında terebantın bulunmaktadır (Anon., 1994).

Sarıçam odununun, tam kuru yoğunluk değeri 0,30 - 0,86 g/cm³ arasında değişmekte olup, ortalama olarak 0,49 g/cm³'dir. Hava kurusu yoğunluk değeri ise; minimum 0,33 g/cm³, maksimum 0,89 g/cm³, ortalama 0,52 g/cm³ 'tür. Hacim ağırlık ortalama değeri 430,7 kg/m³' tür. Odunsu hücre çeperi, tam kuru hal olan % 0 ile lif doygunluğu rutubet derecesi olan ortalama % 30 rutubet miktarları arasında bünyesine su alarak hacmini genişletmekte ve aynı şekilde su kaybederek hacmini daraltmaktadır. Bu değişim miktarları odunun her yönünde aynı değildir. En büyük değişim yıllık halkalara teğet yönde, en küçük değişim boyuna yönde meydana gelmektedir. Sarıçam odununun boyuna daralma miktarı % 0,3, radyal daralma miktarı % 4,0, teğet daralma miktarı % 7,7, hacmen daralma miktarı %12,1'dir. Liflere paralel yönde basınç direnci minimum 350 daN/cm², maksimum 940 daN/cm², ortalama 550 daN/cm²; liflere paralel

çekme direnci minimum 350 daN/cm², maksimum 1960 daN/cm², ortalama 1040 daN/cm²'dir. Eğilme direnci minimum 410 daN/cm², maksimum 2060 daN/cm², ortalama 1000 daN/cm²; Elastikiyet modülü minimum 69 daN/cm², maksimum 201 daN/cm², ortalama 120 daN/cm²'dir. Makaslama direnci minimum 61 daN/cm², maksimum 146 daN/cm², ortalama 100 daN/cm²; dinamik eğilme direnci, minimum 0,15 daN/cm², maksimum 1.30 daN/cm², ortalama 0.40 daN/cm²'dir (Bozkurt ve Göker, 1987; Bozkurt ve Erdin, 2011).

2.2. ODUN MODİFİKASYON YÖNTEMLERİ

Dünyanın her yerinde CO₂ emisyonu ve enerji tüketimini azaltmak için sürdürülebilir materyallere yönelim artmaktadır (Boonstra, 2008). Gelişen teknoloji ile birlikte, ağaç malzemenin yerini tutabilecek yeni ürünler geliştirilmeye çalışılmasına rağmen, çevre ve enerji dostu, yenilenebilir bir materyal olarak ağaç malzeme hala üstünlüğünü korumaktadır (Aydemir ve Gündüz, 2009). Ağaç malzeme sahip olduğu birçok olumlu özelliğinden dolayı (kolay işlenmesi, estetik görünüşü, yoğunluğu düşük olmasına karşın yüksek direnç değerleri göstermesi vd.) tarih boyunca oldukça geniş kullanım alanı bulmuş bir malzemedir. Olumlu özelliklerinin yanı sıra bulunduğu ortamın rutubet derecesine bağlı olarak boyutlarını değiştirmesi, biyolojik faktörlerin etkisine açık olması, mor ötesi (UV) ışınlarıyla bozunması, düşük sıcaklık derecelerinde kolay tutuşabilmesi gibi olumsuz özellikleri bu malzemenin kullanımını kısıtlamaktadır (Hill, 2006; Yıldız, 2002). Odunun sahip olduğu özelliklerin kökeninin anlaşılabilmesi için yapısının makroskopik, mikroskopik ve moleküler seviyede incelenmesi gerekmektedir (Hill, 2006).

Ağaç malzeme sahip olduğu özellikler nedeni ile her zaman bilim dünyasının ilgi odağı olmuştur. Yapılan araştırmaların bir bölümünde ağaç malzemenin olumsuz özelliklerinin en aza indirilmesi veya ortadan kaldırılması, diğer bir bölümünde de var olan olumlu özelliklerini daha da iyileştirmek hedeflenmektedir. Bu araştırmaların sonuçlarına göre ortaya çıkan yöntemlere ise genel anlamda "Odun Modifikasyon Yöntemleri" denilmektedir (Hill, 2006).

Odun modifikasyonları; malzeme üzerinde kimyasal, biyolojik veya fiziksel etkenleri içeren çalışmalar sonucunda, işlem görmüş odunun hizmet ömrü boyunca istenilen özelliklerinin geliştirilmesini içermektedir. İşlem görmüş odunun kullanım ömrü

sırasında ve sonunda, geri dönüşüme katıldığında çevre ve insan sağlığına zararlı olmaması gerekmektedir (Hill, 2006).

Dünya üzerinde ağaç türlerindeki mevcut çeşitlilik sayesinde kullanım yeri ihtiyaçlarını karşılayabilecek bir türün varlığı her zaman mevcut olabilmektedir. Buna rağmen, insan nüfusundaki artış, yüksek kalite özelliklerine sahip ağaç malzemeye duyulan ihtiyacı arttırmakta; bu durum ormanlar üzerinde ciddi bir baskı oluşturmaktadır. Son yıllarda özellikle sub-tropik ormanlarda gözlenen tahribatın sera etkisini artırmasıyla biyolojik çeşitliliğin azaldığı, verimli toprakların erozyona uğradığı görülmektedir. Bunun bir çözümü olarak da, odunu az dayanıklı türlerin çeşitli işlemler ile daha dayanıklı hale getirilmesi yolunda çalışmalar yapılması ve hızlı gelişen türlerin kullanımı önerilmektedir. Odun dayanıklılığını arttıran işlemler yapılırken çevreyle dost ürünlerin elde edilmesi ayrı bir önem taşımaktadır (Boonstra, 2008; Korkut ve Kocaefe, 2009).

Suttie ve Thompson (2004)'a göre ise; odunun dayanıklılığını ve performansını arttırmak için biyositlerle koruma yöntemleri yerine geliştirilen potansiyel metotlar genel olarak;

- kimyasal modifikasyon,
- termal modifikasyon,
- enzimatik modifikasyon,
- fiziksel modifikasyon, olarak gruplandırılabilir.

Hill (2006)'ya göre ise odun modifikasyonları; malzemenin kimyasal yapısında değişikliğe yol açan “aktif modifikasyonlar” veya kimyasal yapıyı değiştirmeden materyal özelliklerini etkileyen “pasif modifikasyonları” kapsamaktadır.

1) Aktif Modifikasyonlar

- a) Kimyasal Modifikasyonlar
- b) Termal Modifikasyonlar (Isıl İşlem)
- c) Enzimatik Modifikasyonlar

2) Pasif Modifikasyonlar

- a) Emprenye Etme

Odun modifikasyon yöntemleri ticari olarak, hücre çeper seviyesinde müdahale etmek suretiyle odunun yapısında değiştirdiği özellikler bakımından sınıflandırıldığında ise enzimatik modifikasyonlar bu sınıflandırmanın dışında kalmaktadır (Hill, 2011).

Boonstra (2008)'e göre; daha az dayanıklı ağaç türlerini teknoloji yardımıyla kullanım amacına uygun hale getirmek üzerine geliştirilen yöntemler 4 ana kolda sınıflandırılmaktadır:

- 1) Pestisitler ile empenye
- 2) Yoğunluk artırma ve/veya reçine emdirilmesi
- 3) Hücre çeper bileşiklerinin kimyasal modifikasyonu
- 4) Termal modifikasyon (Isıl işlem)

Mevcut geliştirilen odun modifikasyonlarının etki mekanizmaları baz alınarak incelendiğinde;

Fiziksel yönden etkili odun modifikasyonu yöntemlerinde, odunun hücre çeperi bileşenleri ve odun bünyesine verilen kimyasal maddeler arasında herhangi bir kimyasal reaksiyon meydana gelmemektedir. Genellikle odunun hücre lümenleri ve diğer kapılar boşlukları organik veya inorganik maddelerle doldurulmaktadır. Bu yöntemlerin ağırlıklı amacı, mekanik direnç özelliklerini iyileştirmekten çok odun-su etkileşimini azaltmaya yöneliktir (Suttie ve Thompson, 2004; Yıldız, 2002; Dizman Tomak ve Yıldız, 2010).

Kimyasal yönden etkili olan odun modifikasyonu yöntemlerinde ise, hücre çeperi bileşenleri ile reaksiyona giren kimyasal maddeler arasında stabil bir kovalent bağ oluşturulmakta, böylece odunun kimyasal yapısı değiştirilmektedir (Rowell ve Konkol, 1987; Yıldız, 2002). Bu yöntemler sonucunda odunda, boyutsal stabilite, biyolojik degradasyona karşı dayanıklılık ile akustik özelliklerin artışı, denge rutubet miktarının düşüşü, atmosferik koşullara karşı dayanımın iyileştirilmesi hedeflenmektedir (Suttie ve Thompson, 2004). Bu olumlu özelliklerin yanı sıra uygulanan kimyasal modifikasyon yöntemine bağlı olmak üzere, odunda çekme direnci ve elastikiyet değerlerinin azalması söz konusu olabilmektedir (Hill, 2006). Kimyasal modifikasyon yöntemleri ağaç malzemenin bozunma ve çürümelere karşı kararlı bir hal alması, uygulamasının kolay

olması gibi avantajlarının yanı sıra, toksik madde içermeleri ve uygulamanın maliyetli olması gibi istenmeyen özellikleri de beraberinde getirmektedir. Son yıllarda çevreyle dost ürünlerin kullanımı artmakta ve bu konudaki teşvikler de devam etmektedir. Bunun yanı sıra birçok kimyasal maddenin kullanımı da azaltılmış ve yasaklanmış bulunmaktadır. Bu durum, ağaç malzemenin boyutsal kararlılık ve biyolojik bozunma alanlarında yeni çalışmalara zemin hazırlamıştır. Geliştirilen yöntemlerde aranan en önemli amaç tek bir modifikasyon yöntemi ile mümkün olduğu kadar çok özelliğin iyileştirilebilmesidir. Bu alanda geliştirilen en son teknoloji ve yöntem, odunun termal olarak modifiye edilmesidir (Mayes ve Oksanen, 2002; Aydemir, 2007; Perçin ve Ayan, 2012).

Isıl işlem; odunun farklı sürelerde, 150°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda muamele edilmesidir. Odunun kısıtlı bir atmosfer altında ısıtılması, kimyasal değişikliklere, belirli kapsamda bozunmaya ve hücre çeper bileşenlerinin birbirine daha sıkı bağlı yapılar oluşturmalarına sebep olmaktadır. Hücre çeper bileşenlerinin moleküler yapısı ısıtma işlemi sırasında değişmekte; özellikle lignin ve hemiselüloz bozunarak suda çözünmeyen yeni polimerler oluşturmaktadır. Isıl işlem boyutsal stabilizasyonu iyileştirmekte, denge rutubet miktarını ve higroskopisiteyi düşürmekte, biyolojik saldırılara karşı dayanıklılığı arttırmakta, ancak direnç değerlerini düşürmekte, çatlak eğilimini arttırmakta ve materyalin rengini koyulaştırmaktadır. Isıl işlem sırasında odun özelliklerini etkileyen faktörler; işlemin sıcaklığı ve süresi, işlem atmosferi, açık veya kapalı sistemlerin kullanımı, kullanılan ağaç türü, başlangıç rutubeti ve örnek boyutlarıdır (Suttie ve Thompson, 2004; Hill, 2006).

Enzimatik modifikasyonlar yüzey modifikasyon yöntemleri arasında sayılmaktadır. Odun parçacıklarının yüzey aktivasyonu için enzimatik sistemler kullanılarak bağlayıcı olmayan kompozitler hakkındaki çalışmalar son 20 yıldır çalışılmaktadır. Bu yöntemin çalışma mekanizmasında ise, lakkaz enzimi ile fenolik bileşiklerin oksidasyonu yoluyla lignoselülozik liflerin bağ yapması sağlanır. Enzim yöntemini kullanarak levha ve panellerin sentetik yapıştırılması hem ekonomik hem de çevresel avantajlara sahiptir. Lakkaz ile muamele edilen liflerden üretilen lif levhaların iyi bir mekanik özellik sergilediği belirlenmiştir (Suttie ve Thompson, 2004; Hill, 2006; Dizman Tomak ve Yıldız, 2010).

Modifikasyon yöntemlerinin etkinliği reaksiyon sıcaklığı, zaman, pH, katalizör, solvent gibi reaksiyon parametrelerinin çeşitliliği ile odun türlerinin farklı kimyasal ve anatomik yapılar sergilemesi, hatta tek bir ağacın farklı bölgeleri arasında anatomik farklılıklar bulunmasından büyük ölçüde etkilenmektedir (Dizman Tomak ve Yıldız, 2010).

2.2.1. Isıl İşlem Yöntemi

Isıl işlem, hücre çeperinin polimer bileşiklerinin kimyasal kompozisyonunda kalıcı değişmelerle sonuçlanan fiziksel bir işlemdir. Metodun temel fikri kimyasal reaksiyonların hızlandığı yaklaşık 150°C' nin üzerindeki sıcaklıklarda ağaç malzemenin sıcaklık ile muamele edilmesidir (Hill, 2006; Çalıova, 2011).

Isıl işlem uygulaması sonucunda odunun moleküler yapısı modifiye edilerek performansı arttırılmaktadır. Isıl işlem uygulaması ile artan potansiyel nitelikler; mantar ve böceklere karşı biyolojik dayanıklılık, düşük denge rutubeti içeriği, daralma ve genişlemedeki azalmaya bağlı olarak artan boyutsal stabilite, artan termal izolasyon kabiliyeti, boya adhezyonu, dış hava şartlarına dayanıklılıkta artma, dekoratif renk çeşitliliği ve kullanım süresindeki artıştır. Buna ilaveten daha düşük kaliteli ağaç türlerine yeni pazar imkanı sunarak bunların daha kaliteli türlere karşı rekabet gücünü arttırmakta ve sürdürülebilir orman kaynaklarını desteklemektedir. Isıl işlem uygulaması ayrıca kompozit malzemelerde liflere ve kaplamalara; dayanıklılık artışı, daha büyük bir stabilite, kullanım süresinde artma, daha yüksek fiyat ederine sahip olma ve güvenilirlik gibi özellikler kazandırmaktadır. Yapıdaki tüm bu değişmeler insan ve çevre sağlığına zararlı kimyasallar ilave edilmeksizin elde edildiğinden ısıtılma işlemi emprenye işlemine ekolojik bir alternatif olarak düşünülmektedir (Mayes ve Oksanen, 2002; Boonstra, 2008; Çalıova, 2011).

Bilimsel olarak odunun yüksek sıcaklıklarda muamele edilmesinin fiziksel özellikleri üzerine etkileri ilk defa 1915'te Tiemann tarafından incelenmiştir. Hava kurusu haldeki odun 150 °C'de 4 saat boyunca kızgın buhar ortamında ısıtılmış, sonucunda rutubet sorpsiyonunda ve direnç değerlerinde nispeten düşüş gözlemlenmiştir. Ardından Almanya'da 1930'lu yıllarda Stamm ve Hansen; 1940' lı yıllarda Amerika'da White ve 1950'li yıllarda Almanya' da Bavendam, Rundel ve Buro bu konuda araştırmalar yapmışlardır. Kollman ve Schneider 1960' lı yıllarda buldukları bilgileri yayınlamışlar

ve bilimsel olarak ısı işlem daha fazla kişi tarafından tartışılmaya başlanmıştır (Mayes ve Oksanen, 2002; Hill, 2006).

Bu çalışmalar özellikle 1990'lı yıllardan sonra Finlandiya, Fransa ve Hollanda'da bilim adamları tarafından ele alınmıştır. Birçok önemli çalışma Finlandiya Teknik Araştırma Merkezi (VTT) tarafından yapılmış ve halen bu konuda çalışmalar sürdürülmektedir (Aydemir ve Gündüz, 2009).

Yapılan çalışmalar ışığında geçmişten günümüze ısı işlem metotlarını iki ana başlık altında incelemek mümkündür. Staybwood (odunun sıkıştırılmayarak sadece ısı ile boyutsal stabilizasyonunun sağlanması) ve STAYPAK (çok yüksek bir sıcaklık altında sıkıştırılarak stabilizasyonunun sağlanması) gibi metotlar "Eski Metotlar" şeklinde nitelendirilirken; şu an gündemde olan Finlandiya; Thermowood (su buharı kullanılan yöntem), Hollanda; PlatoWood-Lignius-Lambowood (buhar ve sıcak havanın birlikte kullanıldığı yöntem), Fransa; Retification process (Retiwood)-New Option wood-Le Bois Perdure (inert gaz kullanılan yöntem), Almanya; Oil Heat treatment (OHT)-Menz Holz (sıcak yağ kullanılan yöntem) yöntemleri ile araştırma aşamasındaki Calignum (İsveç), Thermabolite (Rusya), Huber Holz (Avusturya), Wood treatment technology (WTT) (Danimarka), Westwood (Amerika, Kanada, Rusya) yöntemleri "Yeni Metotlar" olarak nitelendirilmektedir (Tablo 2.2) (Vitaniemi ve diğ., 2001; Sundqvist, 2004; Tjeerdsma, 2006).

Avrupa piyasasında kabul görmüş ısı işlem metotları; Platowood, Oil-Heat Treatment, Retification ve Thermowood, çevreye zararlı kimyasal maddelerin kullanımına gerek kalmadan, ahşabın boyutsal stabilitesini ve biyolojik dayanıklılığını arttırmaktadır (Şanlı, 2008).

Isıtmada buhar veya sıcak hava kullanılan Platowood metodu 4 ana işlem basamağına sahiptir.

- 1- Hydro-thermolysis (cooking); kuvvetli bir atmosferik basınç altında 160 - 190 °C sıcaklıklarda 4 - 5 saat ısı işleme tabi tutulmaktadır.
- 2- Kurutma; 3 - 5 gün
- 3- Isıtma (Curing-baking); 170-190 °C sıcaklıklarda kurutma şartlarında 14 - 16 saat ısıtma işlemi uygulanmaktadır.

- 4- Denkleştirme (Conditioning); 2 - 3 gün süreyle % 1 olan rutubet değeri kullanım yeri için gerekli % 4-6 rutubet değerine getirilmektedir.

Bu ısıtma işlemi metodunda ısıtma süresi; kullanılan ağaç türüne, ahşabın kalınlığına, ahşabın formuna ve görünüş özelliklerine bağlıdır (Militz ve Tjeerdsma, 2001).

Isıtmada minimum 230 °C'de kaynayan yağların kullanıldığı Oil Heat Treatment metodu 3 ana bölümden oluşmaktadır.

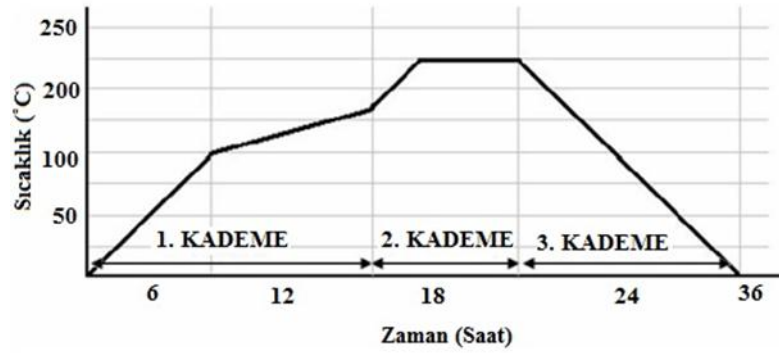
- 1) Isıtma ve Kurutma Safhası (sıcaklık 60 °C'den 160 - 200 °C'ye çıkarılır)
- 2) Isıl İşlem Safhası (180 - 260 °C'de inert gaz atmosferinde sıcak yağ banyosunda 2 - 5 saat muamele edilir)
- 3) Soğutma Safhası

Bu metotta malzeme kalitesi ve kullanım yeri ihtiyaçlarına göre farklı sıcaklıklar uygulanmaktadır. Isıl işlem sonucunda maksimum dayanıklılık ve minimum yağ tüketimi elde etmek için ısıtma sıcaklığının 220 °C, maksimum dayanıklılık ve maksimum direnç değerleri elde etmek için ise 180 - 200 °C olması gerekmektedir. Toplam ısıtma süresi 17 - 19 saat kadardır. Isıtmada kaynama noktası ısıtma işlem derecelerinden daha yüksek olan ham bitkisel yağlar ve reçineler (şalgam tohumu, keten tohumu ve ayçiçeği yağı) kullanılmaktadır (Rapp ve Sailer, 2001).

Günümüzde Fransa'da Retification (Retified Wood) ve Le Bois Perdure olarak adlandırılan iki farklı ısıtma işlemi metodu kullanılmaktadır. Retification metodunda ortalama % 12 rutubete sahip ahşap % 2'den az oksijen içeren azot atmosferinde 210 - 240 °C'ye kadar ısıtılmaktadır. Le Bois Perdure olarak adlandırılan ikinci metotta ise; taze haldeki ahşap öncelikle suni bir kurutmaya tabi tutulmakta, ardından buhar (su buharı) atmosferi altında 230 °C'ye kadar ısıtılmaktadır. Her iki durumda da 230 - 240 °C'de işlem gören ahşap malzeme çok daha dayanıklı olmasına karşılık mekanik özelliklerinde, özellikle de eğilme direncinde % 40 oranında azalma görülmekte, malzeme daha gevrek bir hal almaktadır. Retification metodunda elektrik enerjisi kullanılırken, Le Bois Perdure metodunda tekrardan kullanılabilen, hava kirliliğini minimize ederken global enerji tüketimini iyileştiren gaz enerjisi kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra Retification metodundaki nihai kazanç Le Bois Perdure metoduna

oranla çok daha fazla olduğu için; Retification metodu Fransa'da daha yaygın olarak kullanım alanı bulmaktadır (Vernois, 2001).

Finlandiya Teknik Araştırma Merkezi (VTT) ve Finlandiyalı Endüstri Kuruluşlarının ortak çalışmaları sonucu geliştirdikleri ısıl işlem yöntemi Thermowood olarak adlandırılmaktadır. Bu metotta odun su buharı altında korunarak 180-220 °C arasında ısıtılmaktadır. 200 °C'nin üzerindeki ısıtmalarda odunda, hemiselülozların bozunması gibi, büyük miktarda kimyasal değişimler oluşmaktadır. Thermowood işlemi sonucunda odunun rengi koyulaşmakta, rutubet değişiklikleri karşısında odun işlem görmemiş oduna göre daha stabil hale gelmekte ve ısı yalıtım özellikleri gelişmektedir. Yüksek sıcaklık derecelerine çıkıldığı takdirde biyolojik zararlılara karşı dayanıklılığı da arttırmakta ancak eğilme direncini düşürmektedir.



Şekil 2.3: Isıl işlem diyagramı (Mayes ve Oksanen, 2002).

Metot 3 ana aşamadan oluşmaktadır (Şekil 2.3):

1- Sıcaklığın Artması ve Yüksek Isıda Kurutma; ısı ve su buharı kullanılarak fırın sıcaklığı hızla 100 °C'ye, ardından yavaşça 130 °C'ye çıkartılır. Bu süreç içerisinde odun kurutulur ve yapısındaki nem oranı sıfıra indirilir.

2- Isıl İşlem; yüksek sıcaklıkta kurutma yapıldıktan sonra, uygulanacak ısıl işlem prosesine göre sıcaklık 185 ± 5 °C (Thermo-S) veya 215 ± 5 °C'ye (Thermo-D) kadar arttırılır. İstenilen seviyeye gelindikten sonra sıcaklık 2-3 saat boyunca tatbik edilmektedir. Bu aşama odunun yanmasını engellemek ve oluşan kimyasal değişime katkı sağlaması için su buharı altında gerçekleştirilmektedir.

3- Soğutma ve Kondisyonlama; ısıtma işleminden sonra odunu kontrollü olarak soğutmak, çatlaklara sebep olan odun ve dış hava koşulları arasındaki yüksek sıcaklık farklılıklarını minimize etmek için uygulanmaktadır. Su püskürtme sistemleri ile sıcaklık 80-90 °C'ye kadar düşürülmekte ve odun rutubeti % 4 – 7 arasında kullanılabilir bir seviyeye getirilmektedir. İşlem sıcaklığı ve oduna bağlı olarak bu safha 5 – 15 saat arası sürmektedir.

Toplam işlem süresi; fırın büyüklüğü ve yükleme miktarı, odun türü ve boyutları, soğutma sırasında sıcaklığın azalmasına bağlıdır. Yaş veya hava kurusu halde bu metot uygulanabilmektedir. İşlem odun yaş haldeyken başlasa bile, sıcaklığın hızla yükseltilmesi bu metotta mümkündür. Sıcaklığın artırılması veya azaltılması sırasında kullanılan düzenleme sayesinde iç çatlakların önüne geçilmektedir. İğne yapraklı ve geniş yapraklı ağaçların her birine uygulanabilmesine rağmen; her ağaç türüne göre ayrı optimizasyonlar yapılmalıdır (Mayes ve Oksanen, 2002; Anon., 2003).

Isıtma işlemi sırasında odun kimyasal bozunmaya uğramakta; asetik ve formik asit başta olmak üzere az miktarda fenolik ve aromatik bileşikler ile ekstraktifler bozunma ürünleri olarak açığa çıkmaktadır. İşlem sırasında aynı zamanda karbon monoksit, karbondioksit ve metanol gazları yayılmaktadır. Bu sebeple fırınlarda asitlere karşı dayanıklı materyalin kullanılması ve bozunma ürünlerinin absorbe edildiği noktalarda temizleyici bir sistemin bulunması gerekmektedir (Mayes ve Oksanen, 2002; Anon., 2003).

Tablo 2.2: Isıl işlem yöntemlerinin karşılaştırılması.

Isıl İşlem Metodu	İşlem Ortamı	Ortalama Başlangıç Rutubeti	İşlem Sıcaklığı (°C)	İşlem Basamakları	Ortalama Maliyet (€ /m ³)
Oil-Heat Treatment (Almanya)	Sıcak Yağ	Hava kurusu (% 6 - 12)	180-220	- Isıtma ve Kurutma - Isıl İşlem - Soğutma	65-95
Thermowood (Finlandiya)	Buhar	Taze veya Hava Kurusu	185 -215	- Sıcaklık Arttırma ve Kurutma - Isıl İşlem - Soğutma ve Kondisyonlama	
Retification (Fransa)	Azot	Hava kurusu (% 6- 12)	200 - 240	tek basamak	150-160
Le Bois Perdure (Fransa)	Su Buharı	Taze odun	200 - 240	tek basamak	100
Plato (Hollanda)	Buhar veya Sıcak Hava	Taze veya Hava Kurusu	170 - 190	- Hidrotermoliz - Kurutma - İyileştirme ve Kondisyonlama	100

İğne yapraklı ve geniş yapraklı ağaç türlerinin anatomik yapıları ve özelliklerinin farklılığı ısıl işlem uygulamasında da farklılığa yol açmaktadır. Bunun dışında Thermowood; Thermo-S ve Thermo-D olmak üzere iki farklı standart işlem sınıfına sahiptir. İşlem sınıfları isimlendirilirken, oduna kazandırdıkları özellikler baz alınmaktadır. Thermo-S işlem sınıfının isimlendirilmesinde; Stabilitate (Stability); Thermo-D işlem sınıfının isimlendirilmesinde; Dayanıklılık (Durability) kelimeleri anahtar özellikler niteliğindedir (Anon., 2003).

Thermo-S sınıfı uygulanan odunda rutubet karşısındaki çalışma (teğet yönde daralma ve şişme) % 6 - 8 arasındadır. Biyolojik zararlılara karşı dayanıklılık sınıfı ise EN113 standartına göre nispeten dayanıklı sayılan 3 nolu sınıfa girmektedir. Isıl işlem safhasında uygulanan sıcaklık, iğne yapraklı ağaçlarda 190 ± 3 °C, geniş yapraklı ağaçlarda ise 185 ± 3 °C'dir (Anon., 2003; Aydemir, 2007).

Thermo-D sınıfı uygulanan odunun rutubet karşısındaki çalışması (teğet yönde daralma ve şişme) % 5 - 6 arasındadır. Biyolojik zararlılara karşı dayanıklılık sınıfı ise EN113 standartına göre dayanıklı sayılan 2 nolu sınıfa girmektedir. Isıl işlem safhasında

uygulanan sıcaklık, iğne yapraklı ağaçlarda 212 ± 3 °C, geniş yapraklı ağaçlarda ise 200 ± 3 °C'dir (Anon., 2003; Aydemir, 2007).

Thermowood işlem sınıflarına göre elde edilen ürünlerin kullanım yerleri değişmektedir (Tablo 2.3).

Tablo 2.3: Thermowood işlem sınıflarına göre ürünlerin kullanım yerleri (Anon., 2003).

İĞNE YAPRAKLI AĞAÇLAR (Çam, Ladin...)	
Thermo-S	Thermo-D
Yapı Malzemeleri	Dış Cephe Kaplamaları
İç Cephe Kaplamaları	Dış Kapılar ve Birleştirmeler
İç Mekan Mobilyaları	Panjur ve Kepenkler
Bahçe Mobilyaları	Diğer Dış Ortam Yapılarında
Kapı ve Pencere Malzemeleri	Sauna ve Banyo Mobilyalarında
Sauna Elemanları	Yer Kaplamaları (Parke Yapımında)
	Bahçe Mobilyaları

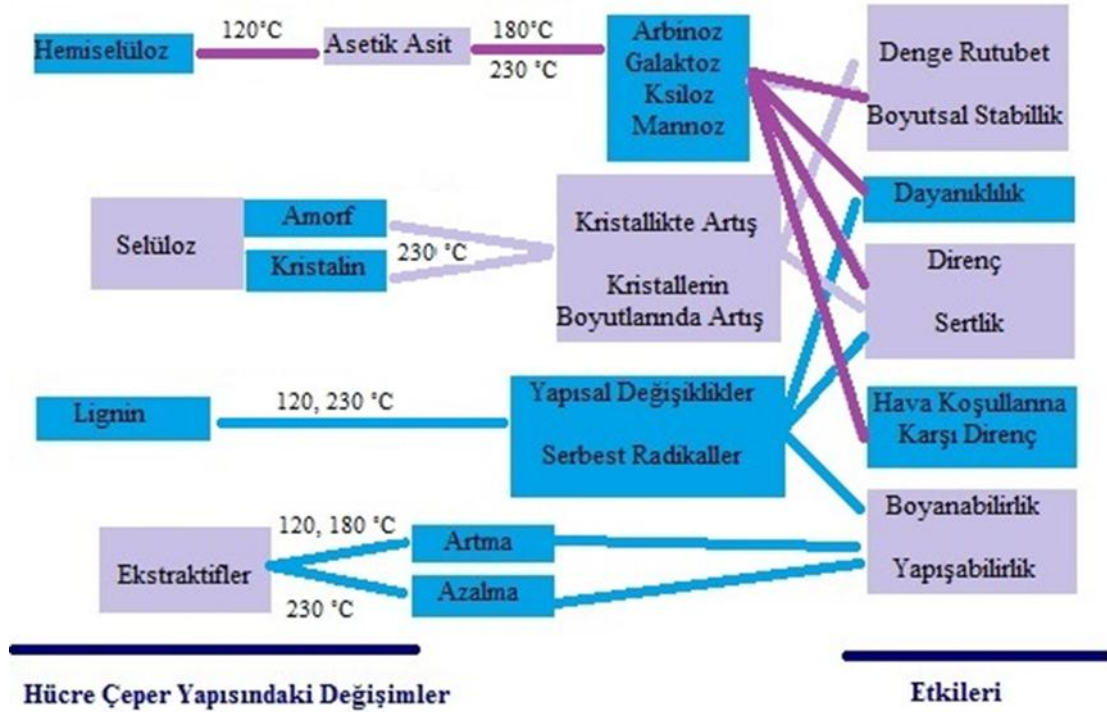
GENİŞ YAPRAKLI AĞAÇLAR (Huş, Kavak, Dişbudak...)	
Thermo-S	Thermo-D
İç Cephe Kaplamaları	Thermo-S ile aynı kullanım yerlerine sahiptir.
Bağlantı Elemanlarında	
Mobilyalarda	Thermo-S'e göre daha koyu bir renk elde edilir.
Yer Kaplamaları (Parke Yapımında)	
Sauna Yapılarında	
Bahçe Mobilyaları	

2.3. ISIL İŞLEMİN ODUN ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Isıl işlem, odunun kimyasal yapısını değiştirmek suretiyle uygulanan fiziksel bir modifikasyon yöntemidir ve bu işlem sonucunda odunun kimyasal ve fiziksel özellikleri kalıcı bir şekilde değişmektedir. Yüksek sıcaklıklarda muamele sürecinde hemiselülozların, diğer makro moleküler bileşenlerden daha fazla bozunduğu kabul edilirken, selüloz ve lignin direncini belirlemek oldukça zordur. Isıl işlemler, mevcut polisakkaritlerin yapılarındaki değişimlerle doğrudan bağlantılıdır. Hücre çeper yapısındaki bileşenler, ısıtma esnasında değişime uğramakta, özellikle hemiselüloz ve lignin parçalanmakta ve yeni suda çözünmeyen polimerler oluşturmaktadırlar. İstenilen değişimler yaklaşık olarak 150 °C'de elde edilmeye başlanır ve bu değişimler her kademedeki sıcaklığın artırılmasıyla devam eder. Hidrolizin düşük sıcaklıklarda daha

yavaş gerçekleşmesi ve 230 °C 'den sonra selülozun parçalanma reaksiyonlarının başlaması sebebiyle, 150-230 °C genellikle kullanılan sıcaklık aralığıdır (Şekil 2.4). Uygulama sonunda nemden dolayı oluşan şişme ve daralma düşer, biyolojik direnç artar, renk koyulaşır ve odundan birçok ekstraktif madde uzaklaşmış olur (Suttie ve Thompson, 2004; Hill, 2006; Aydemir, 2007).

Isıl işlemden sıcaklık en önemli etkidir. Ancak ağaç türü, ısıl işlem süresi, işlem atmosferi, basınç, rutubet miktarı ve sıcaklığın eşit dağılımı gibi faktörlerin de elde edilen sonuca doğrudan etkisi bulunmaktadır (Viitanen ve diğ., 1994). Isıl işlemin alt sıcaklık sınırı 100 °C olarak kabul edilmektedir. Odunun termal bozunması bu sınırdan itibaren başlamaktadır. 200 °C 'nin üzerinde yapısal hasar, odun bileşenlerinin tamamen dönüşmesi ve gaz fazındaki bozunma ürünlerinin açığa çıkması gibi oluşumlar söz konusu olmaktadır. 270 °C 'nin üzerinde odunun pirolizi ve yanma olayı başlamaktadır. Odunu gaz haline getirmek için 500 °C 'nin üzerindeki sıcaklıklar uygulanmaktadır (Fengel ve diğ., 1984; Yıldız, 2002). Isıl işlemin odun yapısındaki reaksiyon mekanizması Şekil 2.4 'te açıklanmıştır.



Şekil 2.4: Isıl işlem uygulanmış odundaki reaksiyon mekanizması (Mayes ve Oksanen, 2002).

2.3.1. Isıl İşlemin Anatomik Özellikler Üzerine Etkisi

Fengel ve Wegener (1984); 150 °C'de ısıl işlem uygulanmış ladin odununda elektron mikroskopuyla yaptıkları çalışmada hücre çeperlerinin S_1 ve S_2 tabakaları arasında ve hücre köşelerinde çatlaklar gözlemlenmiştir. Fengel (1966b) 180-200 °C'de işlem görmüş ladin odununda hücrelerin orta lamellerinde ve sekonder çeperin S_1 tabakasında çatlaklar bulmuştur. Hücre çeper tabakalarındaki çatlaklara ilaveten geçitlerde de torustaki depo maddelerinin çözülmesi gibi değişiklikler görülmüştür.

Hietala ve diğ. (2002) tarafından yapılan çalışmada sarıçam odununa uygulanan ısıl işlem sonucunda hücre boyutlarında ciddi bir değişim gözlenmezken, hücre lümenlerinin genişlediği belirlenmiş ve bu durumun hücre çeper bileşenlerinin uzaklaşmasıyla ilişkili olduğu ifade edilmiştir.

Andersson ve diğ. (2004) ısıl işlem uygulanmış sarıçam odununu X ışını saçılımı altında incelemiş, mikrofibril açılarında bir değişiklik olmadığını, ancak hücre çeperlerinin porozitesinin ve geçirgenliğinin arttığını belirtmiştir.

Gosselink ve diğ. (2004) 275 °C'de 15 dakika boyunca ısıl işlem uygulanmış sarıçam odununun poröz bir yapıya sahip olduğunu, yapısındaki boşlukların sayı ve ebatlarında artışın meydana geldiğini belirtmiştir.

Yıldız ve diğ. (2004) ısıl işlem görmüş kayın odununundaki anatomik değişiklikleri incelemişlerdir. Sıcaklık (130 °C, 150 °C ve 180 °C) ve süre (2 ve 10 saat) olmak üzere farklı değişkenlerle yapılan çalışma sonucunda trahe radyal ve teğet lümen çaplarının arttığı, en yüksek artışın 150 °C'de 2 saat işlem görmüş örneklerde gerçekleştiği gözlenmiştir. Benzer şekilde trahe uzunluklarının arttığı, maksimum artışın 180 °C'de 2 saat işlem görmüş örneklerde; lif uzunluklarının 150 °C'de 2 saat işlem görmüş örneklerde maksimuma ulaştığı tespit edilmiştir. Ayrıca lif genişliği, çeper kalınlığı ve lif lümen çaplarının da ısıl işlem sonunda arttığı ancak kontrol örnekleri ile ısıl işlem görmüş örnekler arasında incelenen lif özellikleri açısından anlamlı bir farklılığın bulunmadığı belirlenmiştir.

Abe ve Yamamoto (2005) selüloz mikrofibrilleri ve hücre bileşenlerinin mekanik ilişkilerini araştırmış, hidrotermal işlem sonrasında selüloz mikrofibrillerinin enine yönde genişlediğini ve ardından kurutma ile matriks bileşenlerinin (lignin, hemiselüloz)

selüloz mikrofibrilleri üzerinde enine yönde baskı uyguladığını ileri sürmüşlerdir. Yine de, selüloz mikrofibrilleri ile matriks bileşenleri arasındaki ilişki ısı ile zayıflasa ya da kopsa dahi, yüksek sıcaklıklarda kurutma ve hidrotermal işlemler ile matriks bileşenleri selüloz mikrofibrilleri üzerinde yatay ekseninde bir baskı oluşturamamaktadır.

Boonstra ve diğ. (2006a) 'ya göre, ısı ile işlemin anatomik yapıdaki etkileri, kullanılan yöntem ve ağacın türüne göre değişmektedir. Araştırmacılar iğne yapraklı türlerde özellikle dar yıllık halkalar ile ilkbahar odunundan yaz odunu tabakasına ani geçişlerde, yaz odunu tabakasının teğet yönde uzanan çatlaklara daha müsait olduğunu ifade etmişlerdir. Isı ile işlem uygulanmış çam diri odununda, öz ışını paranzim hücreleri ve reçine kanallarının etrafındaki epitel hücreleri hasar görmüştür. Aynı çalışmada Avrupa ladininde ısı ile işlem sonrası radyal çatlakların oluştuğu, bu durumun ısı ile işlem sırasında odun yapısında meydana gelen büyük gerilim farklarından kaynaklandığı ifade edilmiştir.

Boonstra ve diğ. (2006b) ısı ile işlem uygulanmış Kayın ve Kavak gibi geniş yapraklı ağaçların mikroskopik yapıları ve fiziksel özellikleri hakkında yaptığı çalışmalar sonucunda, trahelerin hücre çökmesine müsait olduklarını, trahelere komşu libriform liflerinde bozunmalar ve öz ışınlarının yakınında odun yapısında bazı radyal çatlakların oluştuğunu tespit etmişlerdir. Odun yapısında enine yönde uzanan ve çeperleri tahrip olmuş hücreler, enine çatlaklara sebep olmakta ve bükme testleri sırasında ani parçalanmalar görülmektedir (Esteves ve Pereira, 2009).

Sehstedt-Persson ve diğ. (2006) ısı ile işlemin çam, ladin ve huşun mikroskopik yapıları ve su absorpsiyonları üzerine etkilerini inceledikleri çalışma sonucunda; çam diri odunundaki karşılaşma yeri geçitlerinin taze odundan daha açık yapıda olduğunu, pencere tipi geçitlerin gevşek bir yapı kazandığını veya parçalandığını; zarar görmemiş yıllık halka sınırlarında ise kenarlı geçitlerin aspirasyona uğradıklarını veya deforme olduklarını gözlemlemişlerdir. Diri odun kısmında yer alan karşılaşma yeri geçitlerindeki açık yapı öz odunda gözlenmemiştir. Isı ile işlem uygulanmış çam diri odunundaki karşılaşma yeri geçitlerinin açık yapılarının su absorpsiyonunda önemli etkisi olduğu sonucuna varılmıştır. Ladin ve huş odunlarında ise ısı ile işlem sonucunda karşılaşma yeri geçitlerinde yapısal bozunma gözlenmemiştir.

Boonstra ve diğ. (2007) dar yıllık halkalı veya ilkbahar odunundan yaz odununa geçişin ani olduğu iğne yapraklı ağaçlarda yaz odunu tabakasının teğet çatlaklara karşı daha hassas olduğu; odunu geçirgen olmayan ladin gibi türlerde ısıl işlem sırasında oluşan büyük gerilimler sonucu genellikle radyal çatlakların oluştuğu; öz ışını paranzimleri ve reçine kanalları etrafındaki epitel hücrelerinde ise yapısal bozunmaların görüldüğünü belirtmiştir. Isıl işlem görmüş radiata çamının poröz ve geçirgen bir yapıya sahip olduğu, kayın ve kavak gibi geniş yapraklı ağaç türlerinin trahe hücrelerinde hücre çökmeleri ve trahelere komşu libriform liflerinde yapısal bozunmalar, öz ışınlarının çevresinde radyal çatlaklar gözlenmiştir. İşlem şartlarının, buharlı hidro-termoliz aşaması uygulaması da dahil olmak üzere, optimize edilmesiyle odun yapısında meydana gelen olumsuz değişiklikler minimize edilebilmektedir. Isıl işlem görmüş iğne yapraklı ve geniş yapraklı türlerde, hücre çeperlerindeki hücre boyuna eksenine dik yönde oluşan yapısal bozunmalar enine yönde kopmalara sebep olmaktadır. Isıl işlem sonucu bazı türlerde boyuna traheid hücreleri arasında çatlakların oluştuğu görülmüştür. Isıl işlemin öz ışını paranzimlerindeki geçitlere, öz ışını traheidleri üzerindeki kenarlı geçitlere ve karşılaşma yeri geçitlerine ise zarar vermediği gözlenmiştir.

Doğu ve diğ. (2010) sarıçamdan elde edilen panellere farklı sıcaklık ve basınçlarda ısıl işlem uygulanması sonucunda anatomik yapılarında meydana gelen değişimleri inceledikleri çalışmada, yıllık halka boyunca oluşan deformasyonun üniform bir dağılım göstermediği, deformasyonun ilkbahar odunu tabakasında daha yoğun olduğu ve aynı basınç seviyesinde sıcaklığın artmasıyla deformasyonlarında arttığı sonucuna ulaşmışlardır. İlkbahar odunu traheid çeperlerinde ince çatlaklar (hücre içi ve hücreler arasında) ve yıllık halka başlangıcında, basınç uygulanan örneklerde, hücre çökmesi, orta lamelden ayrılmalar, reçine kanalları etrafındaki epitel hücrelerin çeperlerinde ve kenarlı geçitlerin bir kısmında deformasyonlar gözlenmiştir.

Dubey (2010) radiata çamına sıcak yağ yöntemiyle uyguladığı ısıl işlem sonucunda odunun ultramikroskopik yapısındaki değişiklikleri SEM’de incelemiş ve hücre çeperlerinin bütünlüğünü koruduğunu, görülür bir deformasyon ya da çatlağın bulunmadığını, paranzim hücrelerinin çeperlerinin dahi sağlam kaldığını gözlemlemiştir. Odunda hücresel yapının bütünlüğünü koruması yağlı ortamdaki ısı transferinin daha üniform olmasıyla ilişkilendirmiştir. Yapılan çalışmada kenarlı

geçitlerin sağlam kaldığı ve ısı işleminden etkilenmediği, 160 °C’de uygulanan ısı işlem sonrası hücre lümenlerinde yağlar birikirken, 180 ve 210 °C’lerde hücre lümenlerinde böyle bir birikmenin meydana gelmediği görülmüştür.

Awoyemi (2011), ardıç odununa uygulanan ısı işlem sonrası odunun anatomik özelliklerini incelediği çalışmasında, traheid çeperleri ve paranşim dokularında yapısal bozulmalar ve aspirasyona uğramış kenarlı geçitlerde deaspirasyon oluşumu gözlemlemiştir. Örnek boyutu arttıkça, traheid çeperleri ve paranşim dokularındaki bozulmaların derecesinin de arttığı belirlenmiştir. Kenarlı geçitlerdeki deaspirasyon sonucunda geçitlerin hacimleri artmakta ve böylece odun daha açık, poröz bir yapıya kavuşmaktadır.

Isıl işlem sırasında boyuna traheid hücre çeperlerinin bozunması, hücre çeperinin ana bileşenlerinden olan hemiselülozların bozunması ile uyumludur. Bu durum yoğunluk, kalınlığa şişme ve eğilme direncinde düşüşe neden olmaktadır. Isıl işlem uygulanmış örneklerin aspirasyon durumundaki geçitlerinin açılmasına rağmen, ısı işlem uygulanmamış örneklere göre daha az su tutucu özelliğe sahip olduğu bilinmektedir. Bu durum odun-su ilişkisinde kimyasal değişimlerin anatomik yapıdan daha etkili olduğunu göstermektedir. Isıl işlem sonucu odunun kimyasal bileşenlerinin bozunması ile ortaya çıkan higroskopisitedeki düşüş; permabilitenin ve dolayısıyla odunun su tutma kapasitesinin açık geçitler sebebiyle artması beklentisinden daha etkin olduğunu göstermektedir (Awoyemi, 2011).

2.3.2. Isıl İşlemin Fiziksel Özellikler Üzerine Etkisi

Oduna meydana gelen fiziksel değişimler uygulanan ısı işlem metodunun şartlarıyla oldukça yakından ilişkilidir. Isıl işlem sırasında sıcaklığın etkisi ile hücre çeperlerinin gevşek yapı alması, çeper bileşenlerinin buharlaşması ve bozunması sonucunda, odun rengi koyulaşmakta ve ağırlık kaybetmektedir (Viitaniemi ve Jamsa, 1996; Bekhta ve Niemz, 2003; Mohebbi ve Sanaei, 2005; Johansson ve Moren, 2006; Esteves ve diğ., 2007). Isıl işlem sırasında oluşan ağırlık kaybı genel olarak uygulanan sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişmektedir. Ağırlık kaybındaki bu değişim, odun özelliklerindeki diğer pek çok değişimle ilişkilendirilmektedir (Zaman ve diğ., 2000; Welzbacher ve diğ., 2007). Isıl işlem uygulanmış odunun rengi ise aynı zamanda ısı işlemin şiddetiyle

de bağlantılıdır (Şekil 2.5) (Brischke ve diğ., 2007; Schnabel ve diğ., 2007; Esteves ve diğ., 2008; González-Peña ve diğ., 2009; Metsa-Kortelainen, 2011).



Şekil 2.5: Thermowood uygulanmış çam odunundaki sıcaklığa bağlı görülen renk değişimleri (Anon., 2003).

Chow ve Mukai (1972) ısıtma işlemiyle oluşan renk değişiminin, selülozun kristallik derecesi, polimerizasyon derecesi ve OH içeriği ile bağlantılı olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Isıtma işlemi sonucunda elde edilen renk tonu mor ötesi (UV) ışınlarına karşı stabil değildir. Nispeten kısa bir süre açık hava ile temastan sonra yüzeyleri işlem görmemiş odun gibi grileşmektedir (Jamsa ve Viitaniemi, 2001; Mayes ve Oksanen, 2002).

Açık hava şartlarında gerçekleşen renk değişimi azot ortamında gözlemlenen değişimlere oranla çok daha barizdir (Hill, 2006).

Isıtma işlemi sonucu elde edilen koyu renk özellikle geniş yapraklı ağaçlar için olumlu bir sonuç olarak kabul edilmektedir. Aynı zamanda ısıtma işlemi sonucu oluşan renk değişimi, ısıtma işlemi kalitesi, kimyasal değişiklikler, direnç değerlerindeki düşüş, ağırlık kaybı gibi çeşitli özelliklerdeki değişimin tahmin edilmesi konusunda bir potansiyel olarak görülmektedir (Johansson, 2008).

Jamsa ve Viitaniemi (2001) yaptıkları çalışmada, ısı işlem sonucu ısı iletkenliğinde % 10-30 oranında bir azalma gözlemlenmiştir.

Isıl işlem uygulanmış odunun ısı iletkenliği düşmektedir. İğne yapraklı ağaçlarda ısı işlem görmüş odunun ısı iletkenliği kontrol numunelerine kıyasla % 20-25 azalır (Korkut ve Guller, 2008). Bu nedenle Thermowood ısı yalıtımının söz konusu olduğu kullanım alanlarında idealdir (Militz, 2002; Mayes ve Oksanen, 2002).

Isıl işlem sonucunda odunun su alması, hücre çeperlerinin su absorpsiyonu odunda bulunan hidroksil gruplarının azalmasıyla bağlantılı olarak düşmektedir. Denge rutubet miktarındaki (DRM) düşüşün % 50 civarında olduğu gözlemlenmiştir (Jamsa ve Viitaniemi, 2001).

Isıl işlem odunun DRM'nı açık bir biçimde düşürür ve yüksek sıcaklık derecelerinde (220 °C) DRM ısı işlem görmemiş oduna göre yarı yarıya değişir. Isıl işlem uygulanan odunda hidroksil grupları azaldığı için hücre çeperleri daha az su absorbe etmekte ve dolayısıyla odunun genişlemesi azalmaktadır. Radyal genişleme/teğet genişleme oranı değişmez, teğet genişleme radyal genişlemenin iki katıdır (Mayes ve Oksanen, 2002).

Isıl işlem uygulamaları sonucu elde edilmesi beklenen önemli özelliklerden biri de denge rutubet miktarının düşürülmesi suretiyle materyalin daha stabil bir hal almasını sağlamaktır. DRM'daki azalma ısı işlemin nasıl gerçekleştirildiği ile bağlantılı olarak % 0 - 50 arasında düşmektedir (Schneider ve Rusche, 1973; Chirkova ve diğ., 2005). Yine de sorpsiyondaki düşüşe dair bazı tartışmalı sonuçlar bulunmaktadır.

Obataya ve diğ. (2000)'e göre kaynatma gibi işlemler sonrasında ısı işlem öncesindeki orijinal sorpsiyon değerleri geri kazanılmaktadır.

Akyıldız ve Ateş (2008), meşe, çam ve kestane odunları üzerinde farklı sıcaklık (130, 180 ve 230 °C) ve zaman (2 ve 8 saat) değişkenlerini kullanarak, atmosferik basınç altında ve hava bulunan ortamda, ısı işlem uygulamış ve denge rutubet miktarlarındaki değişimleri karşılaştırmışlardır. Örnekler ısı işlem sırasında çatlama önlemek için, işlem öncesinde % 7 rutubet derecesine kondisyonlanmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda denge rutubet miktarı değerleri, sıcaklığın ve zamanın artmasıyla düşmektedir. Denge rutubet miktarındaki en düşük azalma miktarı 130 °C de 2 saat

işlem görmüş örneklerde; en yüksek düşüş miktarı ise 230 °C’de 8 saat işlem görmüş örneklerde bulunmuştur. Denge rutubet miktarındaki bu düşüşün sonucu olarak odunun daralma ve genişleme miktarları da düşmektedir.

Bozunma ürünlerinin çoğu, ısı işlem muamelesi süresince oluşur ve bunların bazıları hoş kokulu olmayabilir. Furfural gibi çoğu organik asitler ve aldehitlerin güçlü kokuya sahip olduğu bilinmektedir ve bu tür bileşikler odunun bozunması sonucunda oluşabilmektedirler. Isıl işlem görmüş odunun hoş olmayan kokusu uygulamadan 2-3 hafta sonra kaybolur (Mc Donald ve diğ., 2002).

Bal (2013), ısı işlemi sedir odununun diri ve öz odunu üzerindeki etkilerini incelediği çalışmada, işlem sıcaklığı arttıkça ağırlık kaybının arttığı, fiziksel özelliklerinin düştüğü, işlem sıcaklığı arttığında öz odundaki ağırlık kaybının diri odundan daha yüksek olduğu sonucuna ulaşmıştır. Ekstraktif bileşenlerin varlığının öz odundaki ağırlık kaybının daha yüksek olmasında etkili olduğu düşünülmektedir. Öz odunda ağırlık kaybı daha yüksek olmasına rağmen; denge rutubet miktarı, daralma ve lif doygunluğu noktası gibi fiziksel özelliklerdeki azalma oranının diri odunda daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca ısı işlemi genç odun üzerine etkisinin olgun odun üzerine olan etkisinden daha düşük olduğu, tam kuru yoğunluk arttıkça hacimsel genişlemenin de arttığı ve diri odun ile öz odunda görülen fiziksel özelliklerdeki tüm değişimlerin 220 °C’den sonra farklılık gösterdiğini ifade etmiştir.

2.3.1.1. Ağırlık Kaybı, Boyutsal Değişim ve Yoğunluk

Odunun ısıtılması; uygulanan ısı işlem metodu, sıcaklık ve uygulama zamanına bağlı olarak odunun hacminde ve ağırlığında düşüğe sebep olmaktadır (Rusche, 1973; Fung ve diğ., 1974). Farklı işlem parametrelerinin ağırlık kaybı üzerine etkileri Tablo 2.4’ de özetlenmiştir. (Hill, 2006)

Odunda makro moleküler bileşiklerin kaybı 100 °C sıcaklığın üzerinde gerçekleşmekte ve uygulama süresi ve sıcaklığının artması ile ağırlık kayıpları da artış göstermektedir. Düşük sıcaklıkta uygulanan ısı işlem, serbest ve bağlı suyun kaybıyla bağlantılı olarak düşük ağırlık kaybıyla sonuçlanmaktadır (Millett ve Gerhards, 1972; Hill, 2006).

Tablo 2.4: Ağırlık Kayıplarını Etkileyen İşlem Değişkenleri (Hill, 2006).

Düşük Oranda Ağırlık Kaybı	Yüksek Oranda Ağırlık Kaybı
İnert atmosfer, oksijensiz şartlar, vakum altında	Hava Şartlarında
Açık sistemlerde	Kapalı Sistemlerde
Kuru Şartlarda	Islak Şartlarda
İğne Yapraklı Ağaçlar	Geniş yapraklı Ağaçlar

Hücre çeperindeki bileşenlerin kaybı ile, fazla oranda daralma gerçekleşebileceğinden, odunun boyutsal değişimine de sebep olmakta, proses optimize edilmediği takdirde bu değişiklikler büyük parçalarda şekil deformasyonlarına yol açmaktadır. Ağırlık kaybının sonucu olarak yoğunlukta da sıcaklık ve zamana bağlı olarak düşüşler gözlenmektedir. Ancak yoğunlukta bu değişimler ağırlık kaybı ve boyutsal değişim arasındaki ilişkiye bağlıdır (Chang ve Keith, 1978; Hill, 2006; Aydemir, 2007; Aydemir ve Gündüz, 2009).

Isıl işlem uygulanmış odunda meydana gelen ağırlık kayıplarının; mevcut hidroksil gruplarının azalması sonucu odun yapısındaki bağlı suyun azalması, odunun hücre çeperi bileşenlerindeki maddesel kayıplar ve hemiselülozların parçalanması sonucu oluştuğu düşünülmektedir (Viitanen ve diğ., 1994a; Fengel ve Wegener, 1989).

Jamsa ve Viitaniemi (2001) Thermowood yöntemine göre Çam, Ladin ve Kayın odunlarında yaptıkları çalışmalar sonucunda odunun ısıl işlem sonrasında ağırlığının % 5 ila % 15 oranında azaldığını gözlemlemişlerdir.

Yoğunluk, örneklerin ağırlık ve boyutlarının ölçülmesi ile elde edilmektedir. Isıl işlem sırasında ağırlıkta meydana gelen düşüşlerden dolayı, işlem görmüş odunların yoğunluklarının daha düşük olduğu gözlemlenmiştir (Anon., 2003). Isıl işlem sıcaklığı ve süresi arttıkça odunun hacmi küçülürken, ağırlık kaybı artar dolayısıyla yoğunluk da bu ilişki sonucu azalmaktadır (Chang ve Keith, 1978).

2.3.1.2. Daralma-Genişleme Oranları (Çalışma)

Isıl işlem uygulanmış odunda boyutsal stabilizasyonda artış gözlenmekte; bu artış ısıtma işlemine bağlı olarak değişmektedir. Stamm ve Hansen (1937), yaptıkları çalışmada odunun boyutsal stabilizasyonunun sağlanması için kullanılan kimyasal maddelerin

dışında sadece ısı işlem uygulaması ile de boyutsal stabilizasyonun sağlanabileceği sonucuna varmışlardır.

Isıl işlem uygulamaları sonucunda, odunun çalışma oranı (genişleme ve daralma) azalmaktadır. Bu sayede ısı işlem uygulanmış odunlar, rutubet karşısında işlem görmemiş odunlara göre daha stabil bir hal almaktadırlar (Yıldız, 2002). Isıl işlem sonucu elde edilen boyutsal stabilizasyon, uygulanan işlemin sıcaklık ve zaman parametrelerine bağlı olarak, odunun yapısında bulunan bağlı suyu kaybetmesi ile elde edilmektedir (Seborg ve diğ.,1953).

Isıl işlem uygulaması sonucunda hidroksil gruplarındaki azalma, daralma ve genişleme oranlarında da azalmayla (% 50 - 90) sonuçlanmaktadır (Jamsa ve Viitaniemi, 2001). Genelde ısı işlem uygulanmış odun, düşük daralma ve genişleme değerleri ile oldukça hidrofobiktir (Boonstra, 2008).

Sehlstedt-Persson ve diğ. (2006) çam, ladin ve kayın odununda ısı işlem sonrası anatomik yapının kapiler absorpsiyon üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışmada, odun yapısının ısı işlem sonrası daha poröz bir yapıya sahip olduğu ve boyuna yöndeki su absorpsiyonunun işlem görmemiş odundan çok daha büyük olduğunu bulmuşlardır.

2.3.1.3. Çatlama ve Renklenmeler

Ahşap malzeme yüksek sıcaklık etkisinde kaldığı süreçte hemiselülozlarda başlayan bozunma, asidik asit ve formik asit oluşumuna sebep olur. Meydana gelen bu asitler odunda selüloz ve lignine zarar vermeye başlar ve odunda moleküler seviyedeki bağlar parçalanır ve hücre çökmeleri meydana gelir. Böylece odunda uzun ve geniş çatlaklar oluşur. Isıl işlem süresince odunun hem yüzeyinde hem de uç kısımlarında çatlak problemleri meydana gelebilmektedir. Fakat işlem görmüş ve görmemiş odun birbiri ile karşılaştırıldığında hücre boyutlarında hiçbir net değişim gözlenmemiştir (Viitanen ve diğ., 1994; Viitaniemi ve Jamsa, 1996; Hietala ve diğ., 2002; Aydemir ve Gündüz, 2009).

Yapılan bazı çalışmalarda 110 - 180 °C sıcaklıklarda ısıleme maruz bırakılan kayın ve çam diri odununda meydana gelen kurutma deformasyonu incelenmiştir. Çam diri odunu boyuna yönde yüzey çatlakları, hücre çökmeleri ve çarpılmalar olmaksızın kurutulmuştur. Buna karşın birçok durumda iç çatlaklar meydana gelmiştir. Kayın

odununda, yüksek sıcaklıkta uygulanan ısı muamelesinden sonra boyuna yüzey üzerinde herhangi bir yüzey çatlakları görülmemiştir. Fakat; iç çatlak oluşumları çam diri odununkinden çok daha belirgin olmuştur (Gündüz ve diğ., 2007; Gündüz ve diğ., 2008; Aydemir, 2007).

Kallander ve Landel (2007) yaptıkları çalışma sonucunda odunun anizotropisine bağlı olarak kübik yapıdaki küçük örneklerin ısı işlem sırasında az ya da çok şekil değişimine uğradıklarını ve rombik biçim aldıklarını tespit etmişlerdir. Örnekler önce kaynatılmış, ardından hemen nemli hava ile işleme sokulmuş ve iç kısımlarında hücre çökmeleri olan örneklerde radyal çatlaklar oluştuğu tespit edilmiştir.

Thermowood yöntemine göre uygulanan ısı işlem sonrası, özellikle 50 mm'den kalın olan örneklerde oluşan iç çatlaklar, bu endüstriyel proses için problem oluşturmaya devam etmektedir. İç çatlaklar genel olarak daha zor belirlendikleri için, yüzey çatlaklarından daha önemli olmakta ve kalite kontrolünün daha karmaşık olmasına yol açmaktadır (Johansson, 2006).

Johansson (2005), ladin odununda yaptığı çalışma sonucunda, örneklerin yapılarında iç çatlak bulunmasının ağırlık kaybını etkilediğini, ağırlık kaybı ile boyutsal küçülmenin ilişkili olduklarını belirtmektedir. İç çatlaklara sadece kurutmadan doğan gerilmelerin sebep olmadığı, ağırlık kaybıyla bağlantılı olarak gözlemlenen daralmanın da hüresel bazda gerilmeler oluşturduğu ifade edilmektedir. Ayrıca başlangıç rutubeti düşük olan örneklerdeki iç çatlakların oranının başlangıç rutubeti yüksek olan örneklerden daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Johansson (2006) daha sonra yaptığı çalışmada, içerisinde öz bulunan örnekler ile çalışmış ve yapısında öz barındıran örneklerin ısı işlem sonrası daha yüksek oranda iç çatlak bulundurduğunu gözlemlemiştir.

2.3.3. Isıl İşlemin Mekanik ve Teknolojik Özellikler Üzerine Etkisi

Odunun yüksek sıcaklıklarla muamele edilmesi sonucu direnç, sertlik ve aşınma dayanımında düşüş gözlenmektedir (Chang ve Keith, 1978). Direnç değerlerindeki düşme kullanılan ısı işlem yöntemiyle oldukça yakından ilişkilidir. Kapalı sistemlerde açık sistemlere göre, higrotermal koşullarda hidrotermal koşullara göre, hava ortamında oksijensiz koşullara göre direnç değerlerinde düşüş daha hızlı olmaktadır (Stamm,

1956). Ayrıca aynı koşullar altında geniş yapraklı ağaç odunlarında direnç değerlerindeki düşüş iğne yapraklı ağaç odunlarından daha yüksektir (Hill, 2006).

Pek çok çalışma göstermektedir ki kısa zaman periyotları içerisinde ısıyla muamele edilen odunda elastikiyet modülü hafifçe artmakta, ardından işlem sıcaklığı ve diğer koşullara bağlı olarak elastikiyet modülünde azalma başlamaktadır (Millett ve Gerhards, 1972, Rusche, 1973). Kayın ve çam odununda farklı sıcaklık ve zamanlarda termal bozunmalar incelendiğinde, direnç değerindeki düşüş ve maksimum yüklemdeki çalışmanın direkt olarak kütle kaybıyla orantılı olduğu; işlem veya türe bakılmaksızın sadece kütle kaybı % 8'i geçtiğinde elastikiyet modülünde azalmanın gerçekleştiği belirlenmiştir (Rusche, 1973). Elastikiyet modülünde sonradan görülen bu düşüş işlem sıcaklığı ile bağlantılıdır. Yüksek sıcaklıklarda yüksek oranda ve miktarda düşüş gerçekleşmektedir (Hill,2006).

Elastikiyet modülünden farklı olarak eğilme direncinde ısı işlem uygulamasının ardından kısa zaman periyotlarında dahi bir artış gözlenmemektedir. Bu durum eğilme direncinin liflerin kırılma noktasındaki gerilime eşdeğer ve odunun en son eğilme direnci ile bağlantılı olmasıyla açıklanmaktadır (Dinwoodie, 2000). Isıl işlem uygulanmış odunun diğer fiziksel özellikler ile birlikte eğilme direncindeki azalma işlem koşullarıyla alakalıdır. Stamm ve diğ. (1946) odun örnekleri hava ortamında oksijensiz ortamla karşılaştırıldığında eğilme direncindeki azalmanın daralma karşıtı etki değerinde en yüksek olduğunu bulmuşlardır.

Jamsa ve Viitaniemi (2001)'e göre; odunun mekanik özellikleri ısı işlem uygulamalarından sonra % 0-30 arası azalmaktadır. İşlem sıcaklığı arttıkça odunun biyolojik zararlılara karşı dayanıklılığı artmakta fakat aynı zamanda mekanik direnç değerleri de zayıflamaktadır. Negatif bir etki olarak odun daha gevrek olmakta, eğilme ve çekme dirençleri % 10-30 arasında düşmektedir. Basınç ve şok dirençleri ile yüzey sertliğinde ise bir değişiklik meydana gelmemektedir.

Ünsal ve Ayrılmış (2005) okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) odunu ile yaptıkları çalışmada; uygulanan ısı işleminin sıcaklık ve süresine bağlı olarak basınç direncinin önemli oranda azaldığını, 180 °C'de 10 saat ısı işlem görmüş numunelerin

basınç direnci değerinin kontrol örneklerine göre % 19 daha düşük olduğunu belirtmişlerdir.

Aydemir (2007) göknar (*Abies bormülleriana* Mattf.) ve gürgen (*Carpinus betulus* L.) odunları ile yaptığı çalışmasında; 210 °C'de 12 saat ısıtım uygulandığında basınç direncinin gürgende % 25,81 ve göknarda % 24,46, Brinell sertlik değerlerinin göknarda enine kesitte % 41,13, radyal kesitte % 44,76, teğet kesitte % 38,92 ve gürgende enine kesitte % 37,47, radyal kesitte % 54,45, teğet kesitte % 53,59 azaldığını ifade etmiştir.

Korkut (2008) Uludağ göknarı (*Abies bormülleriana* Mattf.) ile yaptığı çalışmada; 180 °C'de 10 saat ısıtım uygulandığında basınç direncinde % 29,41, eğilme direncinde % 29,28, eğilmede elastikiyet modülünde % 40,08, enine kesit janka sertlik değerinde % 22,43, radyal kesit janka sertlik değerinde % 23,27, teğet kesit janka sertlik değerinde % 16,19, dinamik eğilme direncinde % 39,24 ve liflere dik çekme direncinde % 28,14'lük bir azalma tespit etmiştir.

Altınok ve diğ. (2010) tarafından yapılan bir araştırmanın sonuçları değerlendirildiğinde, ısıtım uygulamasının dişbudak ve karaçam odunlarının teknolojik özellikleri üzerinde önemli etkilerinin olduğu belirlenmiştir. Hava kurusu ve tam kuru yoğunluk değerlerinde, ısıtım işlemine bağlı olarak belli oranlarda kayıpların yaşandığı görülmüş, bu kayıpların yaşanmasında sıcaklığa bağlı olarak odun yapısında meydana gelen kütle kayıplarının etkili olduğu değerlendirilmiştir. Bununla beraber ağaç malzemenin çarpılma özelliklerinde ısıtım işlemine bağlı olarak olumlu gelişmeler olduğu belirlenmiştir. Kontrol örnekleri ısıtım işlemi gören örneklere göre yaklaşık iki kat daha fazla şekil değişimine uğramışlardır. Yani ısıtım uygulamasında sıcaklık ve süre arttıkça odunun hacimsel genişlemesi azalmakta ve böylelikle boyutsal stabilizasyonu geliştirilebilmektedir. Isıtım uygulaması ağaç malzeme üzerinde hiçbir kimyasal madde kullanmadan boyutsal stabilizasyonun sağlanmasında önemli bir modifikasyon yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Böylelikle çevre ve insan sağlığına zarar veren kimyasalların kullanımına ihtiyaç duyulmaksızın hacimsel genişlemenin yaklaşık % 50 oranında azaltılabilmesi, ısıtım uygulanmış dişbudak ve karaçam odunlarında özellikle boyutsal kararlılığın önemli

olduğu rutubet miktarı yüksek ortamlarda kullanılma imkânını arttıracaktır (Altınok ve diğ., 2010).

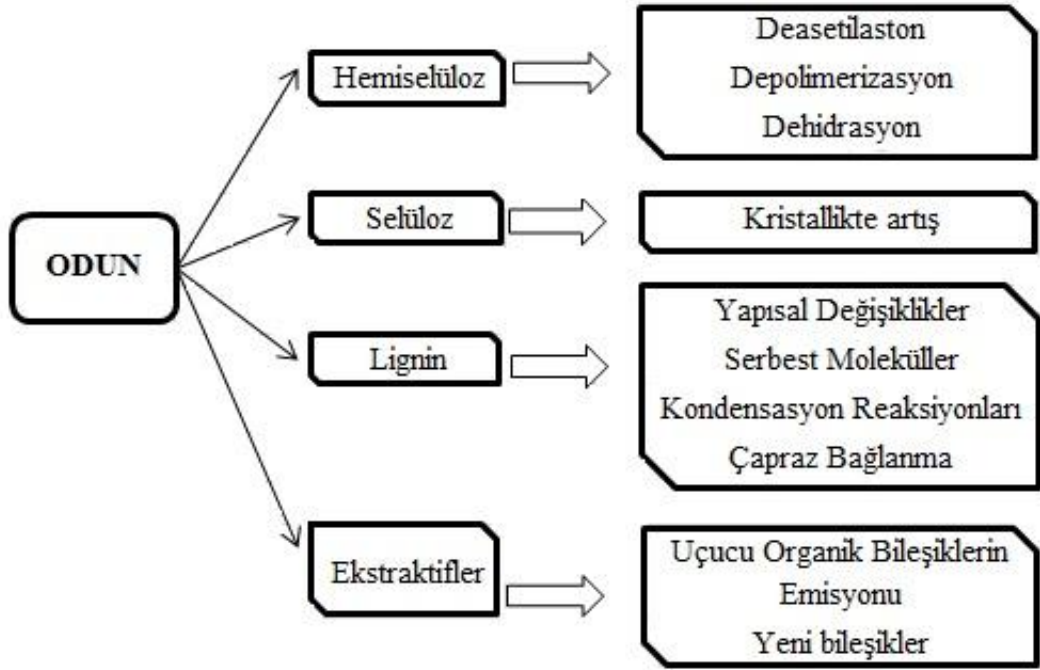
2.3.4. Isıl İşlemin Kimyasal Özellikler Üzerine Etkisi

Odun ısıtıldığında yapısında meydana gelen değişikliklerin açıklanmasında bazı zorluklar mevcuttur. Endotermik ve ekzotermik reaksiyonların kombinasyonları olan bir dizi kimyasal reaksiyon aynı anda meydana gelmekte, farklı reaksiyonların başlangıç derecelerinin belirlenmesini neredeyse imkansız kılmaktadır. Odun bileşenlerinin izole edilmiş ortamlarda verdikleri reaksiyonlar ile odun içerisinde birbirleri ile etkileşimleri sonucu oluşan reaksiyonlar birbirinden oldukça farklıdır. Bunun yanı sıra işlem atmosferi de odun ile etkileşime girdiği için elde edilen sonuçların analizi oldukça karmaşık olmaktadır (Johansson, 2005).

Isıl işlemin sonucu, ortamda bulunan oksijen ve nem miktarı ile oldukça yakından ilgilidir. Oksijenin varlığı durumunda oluşan oksidatif reaksiyonların önüne geçmek için yağ, azot, su veya su buharı kullanımı ile etkisiz (inert) bir atmosferde işlem gerçekleştirilmektedir (Hill, 2006).

Ayrıca açık veya kapalı bir sistemin kullanılması da ısıl işlem sonuçlarını etkilemektedir. Kapalı sistemlerde kimyasal reaksiyonlarla etkileşime geçebilen asetik asit gibi oluşumların birikmesi görülmektedir (Johansson, 2005).

Isıl işlem geleneksel kurutma uygulamalarından farklı olarak yüksek sıcaklık derecelerinde (150 - 240 °C) gerçekleşmektedir. Bu işlem sonucunda sadece odunda mevcut bünyesindeki su uzaklaştırılmamakta aynı zamanda odunun kimyasal yapısında da önemli değişiklikler oluşmaktadır (Şekil 2.6). Dehidrasyon, hidroliz, oksidasyon, dekarboksilasyon ve transglükosilasyon reaksiyonları aracılığıyla odun bileşenleri bozunmakta, kimyasal modifikasyon gerçekleşmekte; böylelikle odun daha az higroskopik bir yapıya kavuşmaktadır. Suyun tekrar absorbe olma olasılığı azalmakta, boyutsal stabilizasyon artmaktadır (Dirol ve Guyonnet, 1993; Alen ve diğ., 2002; Pavlo ve Niemz, 2003; Kocaefe ve diğ., 2008).

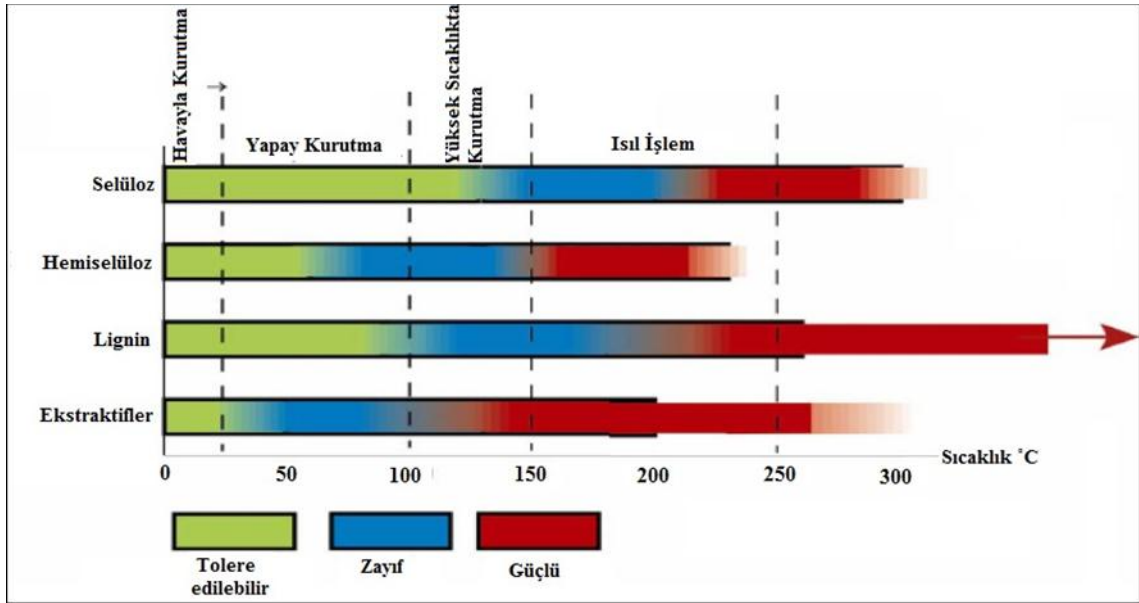


Şekil 2.6: Isıl işlem sonucunda odunun ana bileşenlerinde meydana gelen kimyasal değişimler (Esteves ve Pereira, 2009).

Hücre çeper bileşenleri arasında hemiselüloz sıcaklığa karşı en hassas, en hidrofilik ve odunda en reaktif bileşendir. Genel olarak hemiselülozun bozunması sonucu suyun (-OH gruplarının) oduna bağlanması daha güç olmaktadır (Johansson, 2005). Aslında, hemiselülozlar düşük moleküler ağırlıklarına göre, diğer bileşenlerden daha düşük sıcaklık derecelerinde (160 - 220 °C) bozunmaya uğramaktadırlar (Şekil 2.7) (Fengel ve Wegener, 1984). Bu sıcaklık derecelerinde lignin dallanmakta ve selülozun kristallliği artmaktadır. Bu durum aynı zamanda odunun sertliğini de etkilemekte ve odunun mekanik özelliklerinde düşüş gözlenmektedir (Santos, 2000). Uzun polimerlerin bozunması sonucunda moleküler yapıda görülen değişimler elastikiyeti düşürmekte, odunun daha gevrek ve kırılabilir bir hal almasına sebep olmaktadır. Odunun rutubet miktarı ve ısı işlem sonucu oluşan bazı suda çözülebilir ürünler (organik asitler gibi) hidroliz ile uzun zincirlerin bozunmasını kolaylaştırmaktadır (Fengel ve Wegener, 1984; Gosselink ve diğ., 2004; Kocaefe ve diğ., 2008).

Isıl işlem nedeniyle oluşan hidroliz reaksiyonları sonucu hemiselülozlardan asetik asit meydana gelmekte ve bu asit, hemiselülozların şeker yapı birimlerinin hidrolizinde katalizör görevi görmektedir. Ayrıca oluşan bu organik asitler amorf bölgelerde selüloz mikrofibrillerinin depolimerizasyonuna yol açmaktadır. Tanımlanan bu asit hidrolizleri

glikoz birimlerini bağlayan bağları parçalamakta ve selülozu daha küçük yapı birimlerine ayrıştırmaktadır. Isıl işlemler sırasında lignindeki fenilpropan birimleri arasındaki bağlar kısmen parçalanmaktadır. Siringil birimlerinin (geniş yapraklı ağaçlardaki lignin fenilpropan ünitesi), guayasil birimlerine (iğne yapraklı ağaçlardaki lignin fenilpropan ünitesi) göre, daha kolay bozunduğu bilinmektedir. Genel olarak bakıldığında, lignin termal bozunmaya karşı en dayanıklı odun polimeridir. Lignin sıcaklığın 200 °C'yi aştığı durumlarda bozunmaya başlayabilmekte (Şekil 2.7) ve ilk olarak beta-aril eter bağları parçalanmaktadır. Kondensasyon reaksiyonlarının meydana geldiği 120 - 220 °C sıcaklık aralığında oluşan odundaki renk değişiklikleri aslında ligninden kaynaklanan reaksiyonların sonucu olmaktadır. Ekstraktif maddelerin çoğu ısıl işlemler sırasında buharlaşabilmektedir (Fengel ve Wegener, 1984; Kandem ve diğ., 2002; Yıldız, 2002; Anon., 2003; Kortelainen ve diğ., 2006; Kantay ve Kartal, 2007).



Şekil 2.7: Nemli şartlar altında ısıl işlem muamelesi ve kurumadan dolayı odun bileşiklerindeki genel değişim (Johansson, 2005).

Odun bileşenlerinin hidroksil ve fenil grupları reaktif iken selüloz ve hemiselülozda bulunan eter grupları fazla reaktif değildir (Fengel ve Wegener, 1984). Özellikle hemiselüloz ve ligninin hidroksil grupları ısıl işlem sırasında önemli rol oynarken selülozun hidroksil grupları reaksiyon mekanizmasına daha az dahil olur. Isıl işlem sonucu genellikle hemiselülozun bozunması ile ortaya çıkan organik asitlerin etkisi ile odunun lignin-polisakkarit kompleksi parçalanır. Higroskopisite'deki bu değişim karakteristiktir ve başta hemiselüloz olmak üzere odun bileşenlerinin kimyasal

modifikasyonuna ve odunda kristallik derecesindeki fiziksel değişmelere dayandırılmaktadır. Higroskopisitedeki azalma odundaki hidrofilik bölgelerin, özellikle karbonhidratlardaki hidroksil gruplarının, sayısındaki azalma ile ilgilidir. Isıl işlem uygulamasından sonra karbonhidratların bozunması ile su absorbe eden hidroksil gruplarının sayısındaki azalma daha düşük su alımı ve absorpsiyonu ile sonuçlanır. Ligninin plastikleşmesi ve odunun lignoselülozik polimerik bileşiklerinin yeniden yapılanması ısıl işlem uygulanmış odunun artan hidrofobik karakteristiğini açıklayan diğer bir görüş olarak ortaya çıkmaktadır. Isıl işlem uygulanmış odunda başta hemiselüloz olmak üzere karbonhidratların depolimerizasyonu serbest hidroksil gruplarını içeren hidroksil gruplarının toplam miktarındaki azalma ile sonuçlanmaktadır (Fengel ve Wegener, 1984; Kocaefe ve diğ., 2008; Korkut ve Kocaefe, 2009).

2.3.5. Isıl İşlemin Dayanıklılık Özellikleri Üzerine Etkisi

Isıl işlemde elde edilmesi beklenen asli özelliklerden biri de odunun dayanıklılığını arttırmaktır. Toprakla temas halinde ısıl işlem uygulanmış odunun dayanıklılığı üzerine yapılan çalışma sonuçları çeşitlilik göstermektedir. Bazı araştırmacılar ısıl işlem görmüş odunun toprakla temas halinde kullanılmasını sakıncalı bulurken (Jamsa ve Viitaniemi, 1998; Kandem ve diğ., 1999; Rapp ve diğ., 2000) bazı araştırmacılar dayanıklılığın arttığını ve EN 350-2 standartına göre “dayanıklı” dan “çok dayanıklı” sınıfına (Boonstra ve diğ., 2007; Welzbacher ve Rapp, 2005) kadar değişiklik gösterdiğini belirtmişlerdir. Sonuçlarda görülen bu farklılık deneme yapılan mantar türü ile ilişkili olarak değerlendirilmelidir. Yine de ısıl işlem uygulanmış odunun dayanıklılığı işlem sıcaklık ve süresi, odun türü, odundan alındığı kısım (diri odun-öz odun) odunun maruz kaldığı mantar tipi ve odunun kullanım yerine göre değişmektedir (Yılığör ve Kartal, 2010; Metsa-Kortelainen ve diğ., 2011).

Welzbacher ve Rapp (2002) yaptıkları çalışmada Avrupada ticarileşmiş dört farklı ısıl işlem yöntemiyle (Platowood, ThermoWood, Retified Wood ve Sıcak yağ yöntemi) modifiye edilen odun örneklerinin dayanıklılığını belirlemiştir. Isıl işlem görmüş örnekler saf kültür testine (EN113) esmer çürüklük ve beyaz çürüklük mantarları ile tabi tutulmuş ve sadece Retified Wood’un beyaz çürüklük mantarına karşı en dayanıklı olduğu bulunmuştur. Dayanıklılıkta gelişme gözlenirse de daha önce yapılan laboratuvar ortamında ısıl işlem görmüş odunda görülen dayanıklılık artışı kadar iyi olmadığı, fakat

dayanıklılığın geliştirilebileceği görülmüştür. Esmer çürüklük mantarları ile karşılaştırıldığında beyaz çürüklük mantarlarında görülen dayanıklılık artışı yetersiz bulunmuş ve daha kapsamlı çalışmaların yapılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır (Hill, 2006).

Isıl işlem, odunun biyolojik zararlılara karşı dayanıklılığını geliştirmektedir. Diğer özellikler ile birlikte uygulanan işleme göre işlem performansı değişmektedir. Dayanıklılığı geliştiren mekanizma henüz tam olarak bilinmemesine rağmen, polisakkarit bileşenlerinin kaybıyla ve hücre çeperlerindeki rutubet miktarındaki düşüşle bağlantılı olduğu kesindir. Hücre çeper yapısının polimerik bileşenlerindeki OH gruplarının kaybı enzimlerin besin ortamını katalize etmelerini ve/ve ya düşük moleküler ağırlığa sahip yayılabilir birimlerin etki şeklini etkileyebilmektedir. Biyosit kimyasalların ısıtılma sırasında oduna verilmeleri olasılığı hesaba katılmalıdır (Hill, 2006).

Dayanıklılığın ısıtılma sonrası artmasını açıklayan farklı hipotezler mevcuttur. Bunlar ısıtılma işlemi uygulanmış odunun suya eğiliminin az olması; biyosit görevi gören toksik bileşenlerin ısıtılma sonucu oluşması, odun ana bileşenlerinin kimyasal modifikasyonu ve hemiselülozların parçalanması şeklinde sıralanabilmektedir (Weiland and Guyonnet, 2003; Hakkou ve diğ., 2006; Del Menezzi ve diğ., 2008; Ünsal ve diğ., 2009). Ayrıca Hill (2006), hücre çeper bileşenlerinde OH⁻ gruplarının kaybının mantar enzimlerinin odun substratına etki yeteneğini kısıtlaması sonucu oluştuğunu belirtmiştir.

Viitanen ve diğ. (1994)'nin yaptığı çalışmalar ısıtılma işlemi ile elde edilen biyolojik zararlılara karşı dayanıklılığın, CCA (Bakır – Krom – Arsenik) ile yapılan emprenye yöntemleri ile elde edilen dayanıklılıkla karşılaştırılabileceğini ortaya koymuştur. Yapılan diğer çalışmalarda ise ısıtılma işlemi sonucu dayanıklılıkta iyileşmelerin olduğu fakat bu şekilde muamele edilen odunun toprakla temas halinde kullanılması hususunda, CCA ile emprenye edilen ağaç malzemenin yerini tutamayacağını ortaya koymuştur (Kamden ve diğ., 1999; Epmeier ve diğ., 2003). Bir diğer sorun ise yüksek dayanıklılık için yüksek sıcaklıkların kullanılması gerekmektedir ki bu da mekanik direnç değerlerindeki düşüşün yüksek olması demektir (Johansson, 2008).

Jamsa ve Viitaniemi (2001)'e göre; biyolojik dayanıklılık ısı işlem uygulanmış örnekler EN 113 standartına göre incelendiğinde dayanıklılık sınıfında işlem sıcaklık ve süresine bağlı olarak iyileşme görülmektedir. En az 3 saat boyunca 220°C işlem sıcaklığı uygulanmış örneklerin biyolojik dayanıklılığının en iyi olduğu görülmüştür. Toprakla temas eden yerlerde kullanımı ise sakıncalı olarak bulunmuştur. Biyolojik dayanıklılıktaki gelişim üzerinde genel olarak odun bileşiklerinde kimyasal bozunma olması ve yeni bileşenlere dönüşmeleri etkilidir. Ancak odun kimyasının temel değişikliği tam olarak hala bilinmemektedir.

Metsa-Kortelainen (2011)'e göre; ısı işlemin odunun mantarlara karşı dayanıklılığını geliştirdiği pek çok yayında belirtilmiştir (Viitanen ve diğ., 1994; Viitaniemi ve Jämsä, 1996; Tjeerdsma ve diğ., 2000; Kamdem ve diğ., 2002; Gosselink ve diğ., 2004; Hale ve diğ., 2005; Welzbacher ve Rapp, 2005; Boonstra ve diğ., 2007b; Welzbacher ve Rapp, 2007). Odunun ısı işlem sırasında su absorpsiyon limitlerinin düşmesi böylelikle daha hidrofobik olması mantarların büyümesini engelleyecek bir etki göstermektedir. Isıl işlem odunun kimyasal yapısını değiştirmekte, böylelikle mantarların oduna saldırmasını daha da zorlaştırmaktadır. Hatta bu kimyasal değişimler ile fungusidal özelliklere sahip yeni ekstraktiflerin oluşturulabileceği düşünülmektedir (Kamdem ve diğ., 2000; Kotilainen, 2000; Weiland ve Guynnoet, 2003). Isıl işlem sonrasında odunun dayanıklılığının gelişmesi konusundaki en olası hipotez ise; Hakkou ve diğ., (2006)'a ait olup, odunun bozunması ve kimyasal modifikasyonunun meydana gelmesidir. Isıl işlem uygulanmış odunun renk mantarlarına karşı işlem uygulanmamış oduna göre daha az duyarlı olduğu belirtilmiştir (Viitaniemi ve Jamsa, 1996; Edlund ve Jermer, 2004; Petric ve diğ., 2006; Kocaefe ve diğ., 2007).

Ünsal ve diğ. (2009) tarafından yapılan çalışma sonucunda; termal preslenmiş odun panellerinde mantarlara karşı dayanıklılıkta bir artış gözlenmezken, termitlere karşı yapılan dayanıklılık testlerinde ağırlık kayıplarında azalmalar belirlenmiştir.

Yılğör ve Kartal (2010) ısı işlem uygulanmış Japon sediri (*Cryptomeria japonica*) odununda küf ve çürüklük mantarları ile dayanıklılık testleri gerçekleştirmişlerdir. Bu testler sonucunda işlem görmüş odun örnekleri üzerinde küf mantarlarının gelişiminin yavaşladığını ve işlem görmüş odunun işlem görmemiş oduna oranla az miktarda daha dayanıklı sayılabileceğini tespit etmişlerdir. Ayrıca esmer ve beyaz çürüklük

mantarlarıyla yapılan denemelerde kütle kaybının işlem sıcaklığı ve süresi arttıkça azaldığı sonucuna varmışlardır.

Metsa-Kortelainen ve diğ. (2011) sarıçam ve Avrupa ladinini odunlarının 195 °C ve 210 °C'lerde ısıtım işlem uygulamasının ardından mantarlara karşı dayanıklılıklarını incelemiştir. Yaptıkları çalışmada emprenye edilmiş kontrol örnekleri (CCA ve TBTO) ile ısıtım işlem görmüş örnekler 9 yıllık alan testlerine tabi tutulmuştur. Bu sürenin sonunda ısıtım işlem görmüş örneklerdeki bozunmanın henüz başlangıç aşamasında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca ısıtım işlem görmüş çam odunundaki bozunmanın Avrupa ladininden daha fazla olduğu gözlenmiştir.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1.DENEME ALANININ TANITIMI VE DENEME AĞAÇLARININ SEÇİMİ

Isıl işlemin Sarıçam odununun anatomik özellikleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada deneme ağaçları Bolu Orman Bölge Müdürlüğü, Aladağ Orman İşletme Müdürlüğü, Aladağ Orman İşletme Şefliği, Yozgat Yaylası mevki, 74 no'lu bölmeden alınmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Deneme ağaçlarının alındığı alan.

Aladağ Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan orman alanlarının denizden ortalama yüksekliği 1330 m ile 2221 m arasında değişmektedir. Aladağ'ın anakayası andezit, toprak tipi podsollaşmış boz esmer toprak niteliğinde olup, taşsız ve orta derinlikte (30-60 cm) 'dir. Bölgede yıllık ortalama sıcaklık 10,5 °C, yıllık toplam yağış miktarı ortalaması 46,25 kg/m²'dir (Anon., 2013a). Sarıçam ve Karışık İşletme Sınıfı olmak üzere iki işletme sınıfı olarak planlanan Aladağ Orman İşletme Şefliği, 3694,0 hektarı ormanlık ve 963,5 hektarı ormansız olmak üzere toplam 4657,5 hektardır.

Ormanlık alanın 3595,0 hektarı üretkif, 99 hektarı çok bozuk orman niteliğindedir. Orman kapalılığı 3 olup, orman sadece doğal olarak yetişmiş sarıçam ağaçlarından oluşmaktadır (Anon., 2009).

Deneme ağaçlarının alındığı yerler ve ağaç türlerine ait genel özellikler TS 4176 esaslarına göre belirlenmiş; düzgün gövdeli, sağlam, budaksız ve yapısında reaksiyon odunu bulundurmeyan ağaçlar arasından seçim yapılmıştır. Deneme alanı içerisinde seçilen toplam 2 ağaç kesilmeden önce bir pusula yardımıyla kuzey ve batı yönleri işaretlenerek, 1,30 m yükseklikteki çapları ölçülmüştür. Ağaçlar 0,30 m yükseklikten kesilerek gövde üzerindeki dallar temizlendikten sonra, tüm boy ve gövde orta çapları tespit edilmiştir (Tablo 3.1). Bu işlemleri takiben, her ağacın 0,30 – 4,30 m yükseklikleri arasından 4 m uzunluğunda tomruklar elde edilerek; biçme ve kurutma işlemleri için lokal bir kereste fabrikasına götürülmüştür (Şekil 3.2).



Şekil 3.2: Deneme ağaçlarının alınması.

Tablo 3.1: Deneme ağaçlarının özellikleri.

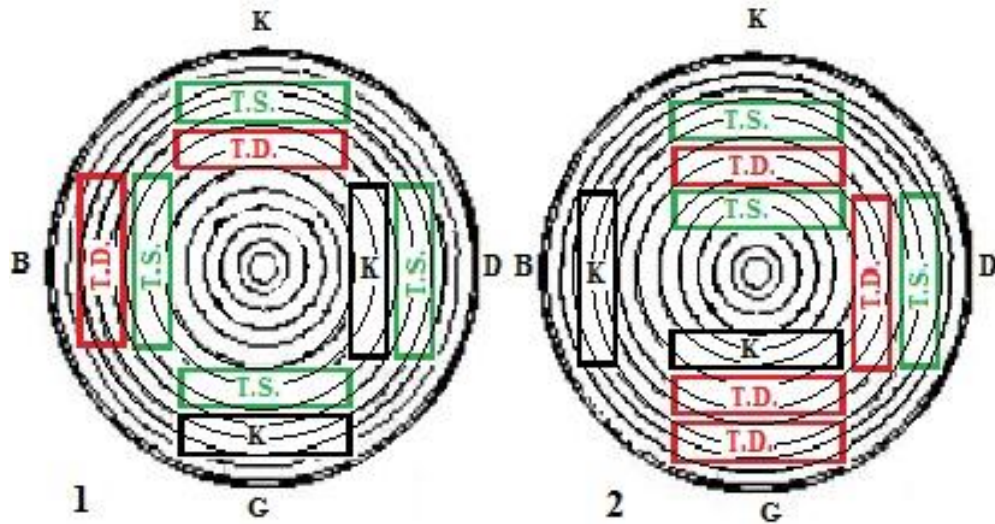
Ağaç No	Konum			Ağaç Boyu (m)	Kabuklu Ağaç Çapı			Kabuksuz Tomruk Çapı*			0.30 m Yıllık Halka Sayısı
	Koordinat	Bakı	Rakım (m)		0.30 m Çapı (cm)	1.30 m Çapı (cm)	Gövde Orta Çap (cm)	Dip (0.30 m) (cm)	Orta (2.30 m) (cm)	Tepe (4.30 m) (cm)	
1	31°38'48.517" - 40°36'51.478"	Kuzey	1365	28	51	44	29	40	36	35	138
2	31°38'45.404" - 40°36'49.658"	Batı	1353	29,8	55	45	29	41	37	36	135

*: Ağacın 0.30 – 4.30 m yükseklik aralığından alınan 4 m boyundaki tomruklara ait çap değerleri

Nova Orman Ürünleri A.Ş.'den temin edilen ithal sarıçam örnekleri Oy Finnlumber Ltd. tarafından ihraç edilen Rusya menşeli sarıçam keresteleri arasından seçilmiştir.

3.2. ISIL İŞLEM UYGULAMALARI İÇİN ÖRNEKLERİN HAZIRLANMASI

Deneme ağaçlarından elde edilen tomrukların kuzey-güney-doğu-batı yönleri dikkate alınarak 5 x 12,5 x 200 cm boyutlarında keresteler elde edilmiştir (Şekil 3.3 ve Şekil 3.4). Kesim ölçüleri belirlenirken, ısıl işlem uygulamalarının gerçekleştirileceği Nova Orman Ürünleri Sanayi Tic. A.Ş.'de kullanılan kereste ölçüleri dikkate alınmıştır. Kereste haline getirilmiş deneme örneklerini ısıl işlem uygulamalarına hazır hale getirmek amacıyla kurutma işlemi uygulanmış ve % 8 rutubete getirilmişlerdir.

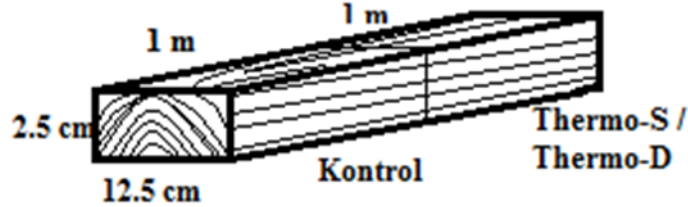


Şekil 3.3: Deneme ağaçlarının kesim planı (K: Kontrol, T.S.: Thermo-S, T.D.: Thermo-D).



Şekil 3.4: Deneme ağaçlarından kerestelerin elde edilmesi.

İthal sarıçam örnekleri için ise, Nova Orman Ürünleri Sanayi Tic. A.Ş. tarafından Finlandiya'dan ithal edilen Rusya menşeli, 2,5 x 12,5 x 200 cm ölçülerindeki keresteler arasından seçim yapılmıştır. Thermo-S ve Thermo-D uygulamaları için 3'er adet olmak üzere toplam 6 adet kereste ile çalışılmıştır. Her kereste birer metrelik iki parçaya bölünerek, parçalardan biri kontrol örneği olarak ayrılmış, diğer parça ise ısı işleme tabi tutulmuştur (Şekil 3.5).



Şekil 3.5: İthal kerestelerden ısı işleme ve kontrol örneklerinin hazırlanması.

3.3. UYGULANAN ISIL İŞLEM YÖNTEMİ (THERMOWOOD)

5 x 12,5 x 200 cm boyutlarında hazırlanıp teknik kurutmaya tabi tutulan deneme örnekleri ısı işleme uygulamalarının gerçekleşmesi için, Thermowood ısı işleme metodu ile çalışan Nova Orman Ürünleri San. Tic. A.Ş.'ye getirilmiştir. Deneme örnekleri ve firmadan temin edilen ithal keresteler, uygulanacak Thermowood yöntemi ve kereste ölçüleri dikkate alınarak gruplara ayrılmıştır. Örnekler ısı işleme uygulamalarına sokulurken, firmanın üretim planı göz önünde bulundurularak, aynı ölçülerdeki aynı türler ile birlikte ısı işleme tabi tutulmuşlardır (Şekil 3.6). ısı işleme bilgisayar

kontrollü test fırınlarında, uygulanacak Thermowood yöntemine göre nihai 190 °C (Thermo-S) ve 212 °C (Thermo-D) sıcaklıkta, koruyucu buhar altında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.6: Isıl işlem uygulamaları için fırınlara yerleştirilen keresteler.

Nova Orman Ürünleri San. Tic. A.Ş.'de uygulanan ısıl işlemler; teorik olarak VTT (Finlandiya Teknik Araştırma Merkezi) tarafından tanımlanan metot esas alınarak gerçekleştirilmektedir. Bu ısıl işlem uygulaması 3 aşamada gerçekleştirilmektedir. Bunlar; (1) Ön ısıtma, (2) Isıl işlem ve (3) Kondisyonlama'dır. Deneme için hazırlanan örneklere uygulanan ısıl işlem süreci Tablo 3.2' de verilmiştir.

Birinci aşamada, fırın sıcaklığı yükseltilmiştir. Odunun iç sıcaklığı ortam sıcaklığına yaklaştığında, fırının sıcaklığı dikkatli bir şekilde hedeflenen ısıl işlem sıcaklığına yükseltilmiştir. Hedeflenen ısıl işlem sıcaklıkları Thermo-S uygulaması için 190 °C, Thermo-D uygulaması için ise 212 °C dir. Isıl işlemin ikinci aşamasında ulaşılan maksimum sıcaklıklarda 1,5 – 2 saat süre beklenmiştir. Bu aşamada ağaç türü ve fırın sıcaklığına bağlı olarak içeriye koruyucu buhar verilmiştir. Asıl ısıl işlem bu aşamada gerçekleşmektedir. Son aşamada odunu kontrollü olarak soğutmak için kondisyonlama (denkleştirme) periyodu uygulanmıştır. Bu aşamada sıcaklık 80 – 90 °C' ye kadar düşürülmüştür. İlave olarak odunun son rutubet içeriğinin % 4 - 7 olması için nemlendirme işlemi gerçekleştirilmiştir (3. Aşama).

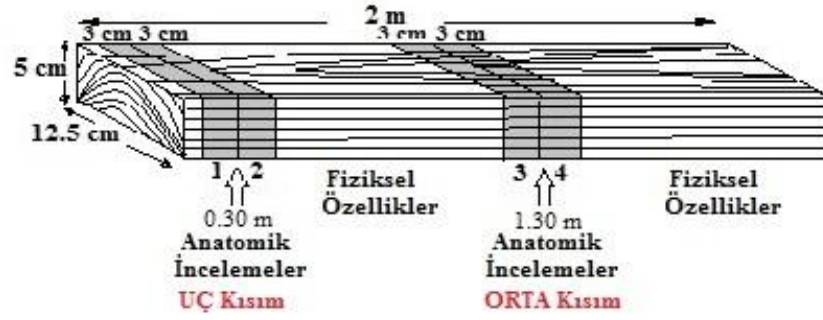
Tablo 3.2: Uygulanan ısıtma işlem süreçleri.

THERMOWOOD		Yerli Sarıçam				İthal Sarıçam			
		5 x 12.5 x 200 cm		5 x 12.5 x 200 cm		2.5 x 12.5 x 100 cm		2.5 x 12.5 x 100 cm	
		Thermo-S		Thermo-D		Thermo-S		Thermo-D	
		Sıcaklık (°C)	Süre (saat)	Sıcaklık (°C)	Süre (saat)	Sıcaklık (°C)	Süre (saat)	Sıcaklık (°C)	Süre (saat)
1. Aşama	Ön Isıtma	0°C'den 50°C'ye	2	0°C'den 35°C'ye	1.5	0°C'den 50°C'ye	0.5	0°C'den 30°C'ye	1
	Isıtma	50°C'den 190°C'ye	52.5	35°C'den 212°C'ye	49	50°C'den 190°C'ye	20.5	30°C'den 212°C'ye	29.5
2. Aşama	Isıl İşlem	190°C	1.5	212°C	2	190°C	1.5	212°C	2
3. Aşama	Kondisyonlama	190°C'den 85°C'ye	6	212°C'den 85°C'ye	6	190°C'den 85°C'ye	4	212°C'den 85°C'ye	4
	Soğutma	85°C'den 60°C'ye	23	85°C'den 60°C'ye	30	85°C'den 60°C'ye	20	85°C'den 60°C'ye	21.5

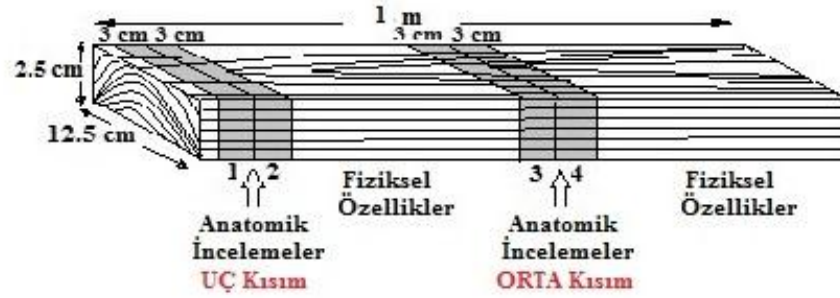
Isıl işlem uygulamalarının ardından keresteler İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Ahşap Atölyesi'ne getirilmiştir. Gerçekleştirilecek denemelerin gerektirdiği örnek boyutlarına göre keresteler kesim işlemleriyle boyutlandırılmıştır.

3.4. ISIL İŞLEM SONRASI İNCELEME VE ÖLÇMELER İÇİN DENEME ÖRNEKLERİNİN HAZIRLANMASI

Isıl işlem uygulanarak İ.Ü. Orman Fakültesi Ahşap Atölyesi'ne getirilen 5 x 12,5 x 200 cm boyutlarındaki kerestelerin, her iki deneme ağacının 0,30 m ve 1,30 m'lerine denk gelen kısımlarından 3 cm yüksekliğinde şeritler çıkarılmıştır. Isıl işlem uygulanmış 2,5 x 12,5 x 100 cm boyutlarındaki ithal kereste parçalarından ise, uç ve orta kısımlarından olmak üzere 3' er cm yüksekliğinde şeritler elde edilmiştir. Aynı işlemler, yerli ve ithal sarıçam kontrol örnekleri için de gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.7). Hazırlanan bu örnekler anatomik incelemeler için kullanılmıştır.



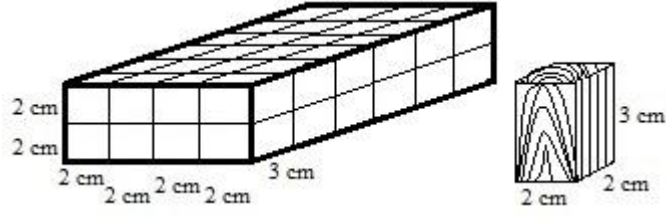
A. Yerli Örnekler



B. İthal Örnekler

Şekil 3.7: Anatomik incelemeler ve fiziksel özellikler için örneklerin hazırlanması.

Fiziksel özelliklerin belirlenmesinde; kereste parçalarından mikroskopik incelemeler için kullanılacak şeritler ayrıldıktan sonra kalan kısımlar kullanılmıştır (Şekil 3.7, Şekil 3.8). Bu örnekler üzerinde; hava kurusu yoğunluk, tam kuru yoğunluk, hacim-ağırlık değeri, daralma ve genişleme yüzdeleri (sorpasyon denemeleri) belirlenmiştir. Hava kurusu yoğunluk ve tam kuru yoğunluk değerleri TS 2472 (1976); Sorpasyon denemeleri TS 4083 (1983), TS 4084 (1983), TS 4085 (1983), TS 4086 (1983)'e göre gerçekleştirilmiştir. Standartlara uygun olarak örnekler, 20 x 20 x 30 mm boyutlarında hazırlanmıştır. Hazırlanan örneklerin öz, budak, çatlak gibi kusurları içermemesine, sorpasyon denemeleri için de tam teğet ve tam radyal yüzeyleri içermelerine dikkat edilmiştir.



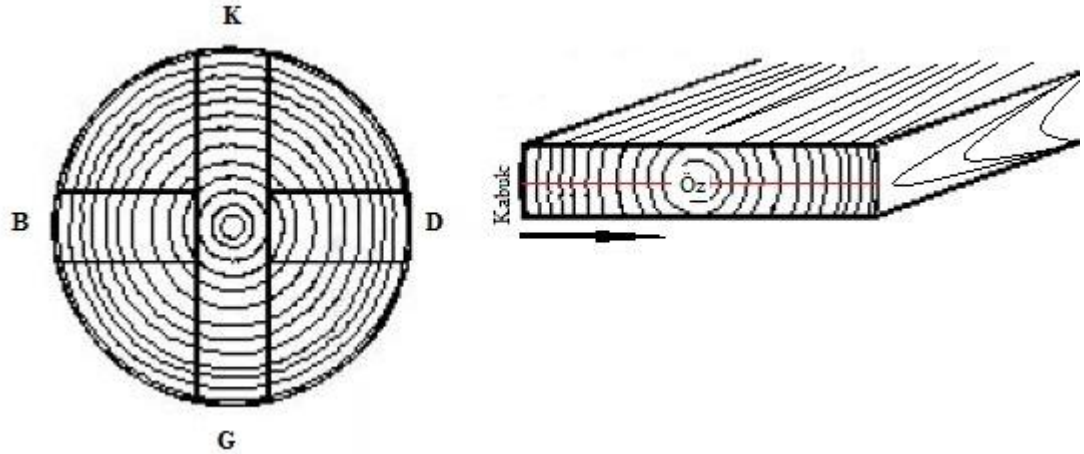
Şekil 3.8: Fiziksel özellikler için deneme örneklerinin hazırlanması.

3.4.1. Anatomik İncelemeler

3.4.1.1. Makroskopik İncelemeler

Makroskopik yapının incelenmesi amacıyla, yıllık halka genişlikleri ölçülmüş ve ısıtma işlem uygulamaları sonucu, odun yapısında meydana gelen değişiklikler incelenmiştir.

Yıllık halka genişlik ölçümleri, her iki deneme ağacının 0,30 metre yüksekliğinden alınan gövde kesitleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, özden geçecek şekilde, kuzey-güney doğrultusu boyunca 3 cm genişliğinde şeritler çıkartılmış ve enine kesitler zımparalanarak yıllık halkalar belirgin hale getirilmiştir. Daha sonra, yıllık halkalara dik ve özden geçen bir çizgi çizilerek, çevreden öze doğru ilkbahar odunu ve yaz odunu genişlikleri ölçülmüştür (Şekil 3.9).



Şekil 3.9: Yıllık halka genişliği ölçümleri için yerli örneklerin hazırlanması.

Yıllık halka genişliği, ilkbahar ve yaz odunu genişliklerinin toplanması suretiyle elde edilmiş ve buna bağlı olarak yaz odunu katılım oranları belirlenmiştir. Ölçme işlemi, 0,01 mm hassasiyetinde ölçme yapabilen Eclund Brinell Mikroskopu kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.10).

İthal örneklerde yıllık halka genişliği ölçümleri için; ağacın 0,30 m yüksekliğine yakın olduğu düşünülen, yıllık halkaların daha dar olduğu kısımlar belirlenerek bu kısımlardan çıkarılan 12 adet şerit üzerinde ölçümler gerçekleştirilmiştir.



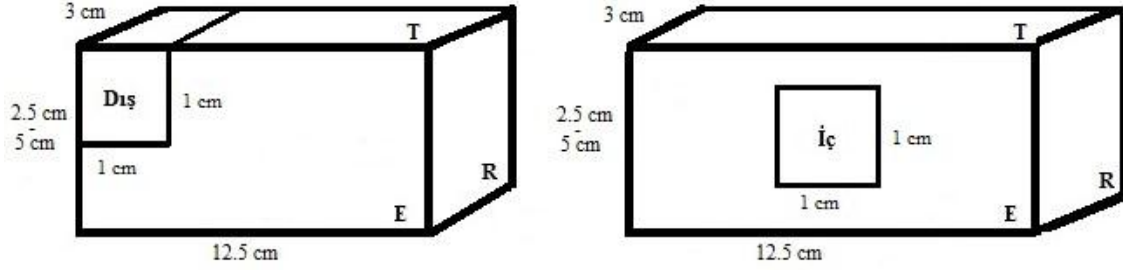
Şekil 3.10: Eclund Brinell Mikroskopunda yıllık halka genişlik ölçümü.

Makroskopik incelemeler 5x12,5x3 cm (yerli sarıçam) ve 2,5x12,5x3 cm (ithal sarıçam) ölçülerinde hazırlanan şeritler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Isıl işlem uygulamalarının odunun farklı kısımlarına etkisini incelemek amacıyla, örneklerin seçiminde öz odundiri odun, uç kısım- orta kısım ayırımına gidilmiştir. Makroskopik yapının belirgin hale getirilmesi amacıyla örneklerin yüzeyleri zımparalanmış; görüntü alma sırasında ilkbahar ve yaz odunu tabakaları arasındaki renk kontrastının daha net görülebilmesi için enine yüzeyler bir fırça yardımıyla, su ile ıslatılmıştır. Bu çalışmalar, dijital görüntüleme sistemine sahip Olympus SZX16 Streomikroskop yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

3.4.1.2. Mikroskopik İncelemeler

Mikroskopik incelemeler, 5x12,5x3 cm ve 2,5x12,5x3 cm ölçülerindeki şeritlerden, kerestelerin dış ve iç kısımlarını temsil edecek şekilde hazırlanan 1x1x2 cm boyutlarındaki örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.11). Örneklerin alınacağı

yerlerin tespitinde makroskopik inceleme sonuçlarından yararlanılmış ve yüzey çatlakları bulundurmeyen kısımlar inceleme alanı olarak seçilmiştir.



Şekil 3.11: Mikroskopik kesitlerin hazırlanması.

Elde edilen örneklerden kesitlerin alınabilmesi için, yumuşatma yöntemlerinden; su içerisinde kaynatma, vakum altında alkol-gliserin-saf su içerisinde bekletme ve vakum altında alkol-saf su karışımında bekletme yöntemleri denenmiştir. Yapılan denemeler sonucunda, örnekleri vakum altında alkol:saf su karışımı içerisinde bekletme, özellikle Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) çalışmaları sırasında kaliteli görüntü sağlaması açısından, en uygun yöntem olarak belirlenmiştir. Yumuşayan örneklerden, Leica SM 2010 R kızaklı mikrotom yardımıyla 12 – 18 μm kalınlığında enine, radyal ve teğet kesitler alınmıştır. Bu işlemi takiben, içerisinde saf su bulunan petri kaplarına alınan kesitler, safranin ve fast-green çift boyama yöntemi uygulanarak boyanmıştır. Bu boyama yönteminde safranin lignini kırmızıya, fast-green ise selülozu yeşile boyamakta ve böylece hücre çeperlerinde iyi bir kontrast oluşturularak, dokular belirgin hale getirilmektedir.

Safranin-fast green ile boyama yönteminde; saf su içerisindeki kesitler % 1'lik safranin çözeltisinde 2-5 dakika bekletilmiştir. Daha sonra kesitler çıkan su renksiz kalıncaya dek saf su ile yıkanmış, ardından kesitlerin içerisindeki suyu uzaklaştırmak amacı ile % 50, % 70 ve % 100'lük alkol serisinden geçirilmiştir. Bu işlemi takiben kesitler % 1'lik fast green ile boyanmıştır. Fast green ile boyama işleminin tamamlanmasından sonra alkol serisinden geçirilen kesitler ardından alkolün uzaklaştırılması amacıyla, ksilen içerisinde bekletilmiştir. Boyama işleminden sonra daimi preparat hazırlamak amacıyla; kesitler bir pens yardımı ile lam üzerine yerleştirilmiş, üzerlerine entellan damlatıldıktan sonra, bir lamel ile kapatılmıştır. Bu işlem gerçekleştirilirken kesitlerin üzerinde hava kabarcığı kalmamasına dikkat edilmiştir. Bu şekilde hazırlanan

preparatlar entellanın sertleşmesi için bir gün süreyle oda sıcaklığında bekletilmiştir (Bozkurt ve Erdin, 2000). Daimi preparatların hazırlanmasının ardından dijital görüntüleme sistemine sahip BX51 Olympus Fotomikroskopda incelemeler gerçekleştirilmiştir.

3.4.1.3. Ultramikroskopik İncelemeler

Isıl işlemin sarıçam odununun yapısı üzerindeki etkisini mümkün olduğunca doğru yorumlamak amacıyla, mikroskopik ve ultramikroskopik incelemeler aynı örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, mikroskopik incelemeler için seçilen örnekler kesitleri alındıktan sonra, 5x5x10 mm ölçülerine getirilmiş ve yüzeyleri mikrotom yardımıyla düzeltilmiştir.

Ultramikroskopik incelemeler, İ.Ü. Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümünde FEI QUANTA FEG marka Taramalı Elektron Mikroskopunda düşük vakum altında gerçekleştirilmiştir.

3.4.2. Fiziksel Özellikler

Fiziksel özelliklerin belirlenmesinde; kereste parçalarından mikroskopik incelemeler için kullanılacak şeritler ayrıldıktan sonra kalan kısımlar kullanılmıştır (Şekil 3.7). Standartlara uygun ölçülerde hazırlanan örnekler üzerinde; hava kuruşu yoğunluk, tam kuru yoğunluk, hacim-ağırlık değeri, daralma ve genişleme yüzdeleri belirlenmiştir.

3.4.2.1. Hava Kuruşu Yoğunluk

Hava kuruşu yoğunluk ve tam kuru yoğunluk değerlerinin tespitinde, TS 2472 (1976)' ya göre 20 x 20 x 30 mm boyutlarında hazırlanan örnekler kullanılmıştır. Hazırlanan örneklerin öz, budak, çatlak, çürüklük gibi kusurları içermemesine dikkat edilmiştir. Elde edilen numuneler yüzeylerine alındığı ağaç, ağaçlardaki yerleri ve örnek numaraları yazılarak kodlandırılmıştır. (Şekil 3.12).



Şekil 3.12: Fiziksel özellikler için hazırlanan örneklerde kodlandırma.

Odunun anatomik yapısından kaynaklanabilecek farklılıkları en aza indirmek amacıyla örneklerin, gövde boyuna eksenini doğrultusunda birbirini izleyen ve aynı yıllık halkaları içeren kısımlardan elde edilmesine dikkat edilmiştir.

Hava kuru yoğunluk değeri tespitinde hazırlanan örnekler % 12 hava kuru rutubet derecesine gelebilmeleri için, 20 ± 2 °C sıcaklık ve 65 ± 5 bağıl nemdeki iklimlendirme kabininde, değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar klimatize edilmiştir (Şekil 3.13).



Şekil 3.13: İklimlendirme kabininde hava kuru hale getirilen örnekler.

Örneklerin yaklaşık olarak % 12 rutubet derecesine ulaşmaları sağlandıktan sonra, 0,0001 gr hassasiyette tartım yapabilen hassas terazi de her bir örneğin ağırlıkları belirlenmiştir. Daha sonra radyal, teğet ve boyuna yönlerdeki boyutları 0,001 mm hassasiyetteki kumpasla ölçülerek ve örneklerin hacimleri tespit edilmiştir. Hava kuru yoğunluklar aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$D_{12} = W_{12} / V_{12} \quad (\text{g/cm}^3) \quad (3.1)$$

Formülde;

D_{12} : Hava kurusu yoğunluk değeri (g/cm^3)

W_{12} : Hava kurusu ağırlık (g)

V_{12} : Hava kurusu hacim (cm^3) 'dir.

Hava kurusu yoğunluğun tespitinde, bütün örneklerin rutubetinin % 12'ye ulaşmış olup ulaşmadığı bilinmediğinden, bu rutubet derecesinden sapma gösteren örneklerin, % 12 rutubete dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu amaçla örneğin ölçüldüğü andaki rutubetinin bilinmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Örneklerin rutubeti aşağıdaki formülle hesaplanmıştır:

$$M = (W_m - W_0) / W_0 \times 100 \quad (3.2)$$

Formülde;

M : Örnek içerisindeki rutubet yüzdesi (%)

W_m : Örneğin rutubetli ağırlığı (g)

W_0 : Örneğin tam kuru ağırlığı (g) 'dir.

Elde edilen verilere dayanılarak %12'den sapma gösteren örnekler belirlendikten sonra Janka'nın aşağıdaki formülü kullanılmak suretiyle % 12 rutubetteki değerlerine dönüştürülmüştür (Janka,1900):

$$r_2 = r_1 + p^1 (m_2 - m_1) \quad (3.3)$$

Formülde;

r_2 : % 12 rutubetteki yoğunluk (g/cm^3)

r_1 : Örneğin sahip olduğu rutubetteki yoğunluk (g/cm^3)

p^1 : Rutubet ile yoğunluk arasındaki ilişkiyi gösteren sabit değer

m_2 : % 12 rutubet

m_1 : Çevrilecek olan yoğunluk değerinin ait olduğu su miktarı yüzdesi 'dir.

Formüldeki p^1 sabitesi aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır:

$$p^1 = (r_2 - r_1) / (m_2 - m_1) \quad (3.4)$$

Formülde;

p^1 : Rutubet ile yoğunluk arasındaki ilişkiyi gösteren faktör

r_1 : Tam kuru yoğunluk

r_2 : Örneğin sahip olduğu rutubetteki yoğunluğu

m_1 : % 0 rutubet

m_2 : Örneğin ölçüldüğü andaki rutubeti 'dir.

Burada hesaplanan p^1 değeri, numunelerin rutubetinin % 12'ye dönüştürülmesinde kullanılmıştır.

3.4.2.2. Tam Kuru Yoğunluk

Tam kuru yoğunluk değeri, hava kuru yoğunluk tespitinde kullanılan örnekler üzerinde hesaplanmıştır. Ölçümleri yapılan örnekler, kurutma fırınına konulmuş ve hızlı kurutmadan dolayı çatlamalarını önlemek için kurutma fırınının sıcaklığı kademeli olarak $103 \pm 2^\circ\text{C}$ ye çıkartılmıştır. Değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulan örnekler desikatörde soğutulduktan sonra boyutları ve ağırlıkları tespit edilerek aşağıdaki formüle göre tam kuru yoğunlukları hesaplanmıştır:

$$D_0 = W_0 / V_0 \quad (\text{g/cm}^3) \quad (3.5)$$

Formülde;

D_0 : Tam kuru yoğunluk (g/cm^3)

W_0 : Tam kuru ağırlık (g)

V_0 : Tam kuru hacim (cm^3) 'dir.

3.4.2.3. Hacim-Ağırlık Değeri

Hacim ağırlık değeri, taze haldeki 1 m^3 odunda kaç kilogram kuru odun maddesi bulunduğunu göstermektedir.

Denemeler için yoğunluk değerinin tayininde kullanılan örneklerden yararlanılmıştır. Tam kuru yoğunluğun tespiti sırasında örneklerin tam kuru ağırlıkları bulunmuştur. Bu deneyden sonra örnekler su içerisine batırılarak, boyutları değişmez hale gelinceye dek

bekletilmiştir. Daha sonra, sudan çıkarılan örnekler kurutma kağıdı yardımı ile kurutularak boyutları 0,001 mm hassasiyetindeki kumpasla ölçülmüş ve hacimleri tespit edilmiştir. Elde edilen verilere dayanarak hacim ağırlık değeri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$R = W_0 / V_t \quad (\text{g/cm}^3) \quad (3.6)$$

Formülde;

R : Hacim ağırlık değeri (g/cm³)

W₀ : Tam kuru ağırlık (g)

V_t : LDN üzerindeki yaş hacim (cm³) 'dir.

3.4.2.4. Sorpsiyon Denemeleri

Odun lif doygunluğu noktasına kadar yapısına; rutubet aldığında genişlemekte, rutubet verdiğiinde ise daralmaktadır. Odun boyutlarında bu şekilde meydana gelen değişime “çalışma” denilmektedir. Ağaç malzemedeki daralma ve genişleme miktarları, radyal, teğet ve boyuna yönlerde farklılık göstermektedir. Çalışma en fazla teğet yönde, en az liflere paralel yönde olmaktadır. Radyal yöndeki çalışma teğet yöndekinin yaklaşık yarısı kadardır. Boyuna yönde çalışma yüzdesi çok az olduğu için, ilgili standartlarda da belirtildiği gibi hacmen daralma ve genişleme miktarlarının hesaplanması sırasında ihmal edilebilmektedir.

Sorpsiyon denemeleri 20x20x30 mm boyutlarında hazırlanan örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan örneklerin tamamen kusursuz olmasına, ayrıca tam radyal ve tam teğet yüzeyleri içermelerine dikkat edilmiştir.

Daralma denemeleri için toplam 263 adet yerli sarıçam ve 197 adet ithal sarıçam örneği, genişleme denemeleri için ise toplam 263 adet yerli sarıçam ve 199 adet ithal sarıçam örneği kullanılmıştır. Sorpsiyon denemeleri TS 4083, 4084, 4085 ve 4086 (1983)'ya uygun olarak yürütülmüştür.

Daralma miktarını belirlemek için hava kuru haldeki örnekler, 20 ± 5 °C sıcaklıkta su içerisine batırılarak boyutları değişmez hale gelinceye kadar bekletilmiştir. Örneklerin tamamen su içerisine batmasını sağlamak amacıyla üzerlerine ağırlık konulmuştur. Seçilen örneklerde periyodik olarak yapılan ölçümler sonucunda son iki ölçü arasındaki

fark 0,02 mm'yi aşmaması durumunda örneklerin lif doygunluğu noktasına ulaştığı kabul edilmiştir. Daha sonra örnekler sudan çıkarılmış ve kurutma kağıdı ile fazla suları alınarak örnek boyutları 0,001 mm hassasiyetteki kumpasla ölçülmüştür. Ölçümlerin ardından kurutma dolabına yerleştirilen örneklerde çatlama meydana gelmesini önlemek amacıyla kurutma dolabı sıcaklığı kademeli olarak 103 ± 2 °C ye çıkartılmıştır. Kurutma dolabında 103 ± 2 °C sıcaklıkta değişmez ağırlığa gelen örnekler, desikatörde soğutulduktan sonra tam kuru haldeki boyutları 0,001 mm hassasiyetteki kumpasla ölçülmüştür. Daralma yüzdelerinin hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmıştır:

$$\beta_{r,t} = ((I_{r,t \max} - I_{r,t \min}) / I_{r,t \max}) * 100 \quad (3.7)$$

Formülde;

$\beta_{r,t}$: Radyal, teğet daralma yüzdeleri (%)

$I_{r,t \max}$: Rutubetli Ölçü

$I_{r,t \min}$: Tam Kuru Ölçü 'dir.

Radyal ve teğet yöndeki daralma yüzdeleri (β_r , β_t) ayrı ayrı değerler olarak hesaplanmış, hacimsel daralma yüzdesi (β_v) ise bu daralma yüzdelerinin toplamından elde edilmiştir:

$$\beta_v = \beta_r + \beta_t \quad (3.8)$$

Genişleme yüzdelerinin belirlenmesi için örnekler önce kurutma fırınlarına konulmuş ve 103 ± 2 °C sıcaklıkta tam kuru hale gelinceye kadar kurutulmuştur. Desikatörde soğutulan örneklerin tam kuru boyutları ölçülmüştür. Daha sonra, örnekler tam doygun hale gelinceye kadar daha önce açıklandığı gibi su içerisinde bekletilmiştir. Örneklerin boyutları 0,001 mm hassasiyetteki kumpasla ölçülmüştür. Genişleme yüzdelerinin hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmıştır:

$$\alpha_{r,t} = ((I_{r,t \max} - I_{r,t \min}) / I_{r,t \min}) * 100 \quad (3.9)$$

Formülde;

$\alpha_{r,t}$: Radyal ve teğet genişleme yüzdeleri (%)

$I_{r,t \max}$: Rutubetli Ölçü

$I_{r,t \min}$: Tam Kuru Ölçü 'dir.

Radyal ve teğet yöndeki genişleme yüzdeleri (α_r , α_t) için ayrı ayrı değerler hesaplanmış, hacimsel genişleme yüzdesi (α_v) ise genişleme yüzdelерinin toplamından elde edilmiştir:

$$\alpha_v = \alpha_r + \alpha_t \quad (3.10)$$

3.5. İSTATİSTİK YÖNTEMLER

Yapılan çalışmada verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi için SPSS istatistik paket programı kullanılarak ve % 95 güven düzeyi esas alınarak analiz edilmiştir. Çalışmada işlem sıcaklığı, ağaçtan alındığı yerler ve mevkii gibi faktörlerin elde edilen sonuçlar üzerinde anlamlı etkileri olup olmadığını belirleyebilmek için varyans analizine başvurulmuştur. Anlamlı bulunan faktörler üzerinde, farklılığın boyutunu belirleyebilmek için de Duncan testine başvurulmuştur. Ayrıca ortalama ve istatistiksel analizler içinde yine tanımlayıcı istatistiklerden faydalanılmıştır.

3.6. KISITLAYICI FAKTÖRLER

Çalışma süreci boyunca bazı kısıtlayıcı faktörlerle karşılaşmıştır. Bu faktörlerin etkisiyle; yerli ve ithal örnekler için farklı ölçülerin kullanılması, yerli sarıçam ağaçlarında aynı ısıl işlem uygulamasında kullanılacak kerestelerin ağacın farklı yönlerinden elde edilmesi, ithal örneklerde diri odun – öz odun ayırımına gidilememesi gibi sonuçlar ortaya çıkmıştır. Bu kısıtlayıcı faktörler etkileri ile birlikte aşağıda belirtilmiştir.

Nova Thermowood kereste ölçüleri; ağaç türüne göre 3 farklı kalınlık (25, 32 ve 50 mm), 5 farklı genişlik (100, 125, 150, 175 ve 200 mm) ve 4 farklı uzunlukta (1500, 2700, 4000 ve 4200 mm) olabilmektedir. Piyasa talebine göre tomruklar ısıl işleme girmeden önce boyutlandırılmakta ya da kullanılacak keresteler ithal olarak temin edilmektedir. Deneme alanından alınarak hazırlanan yerli keresteler (5x12,5x 200 cm) ile Nova Orman Ürünleri A.Ş.'den temin edilen ithal kereste parçalarının (2,5x12,5x 200 cm) ebatları arasında bulunan kalınlık farklılığı fabrikanın üretim planına bağlı olarak belirlenmiştir. Isıl işlem uygulamalarına göre üretimde kullanılan ölçüler baz alınarak örnek ebatları seçildiği için, çalışmada farklı kalınlıkların kullanılması zorunluluğu ortaya çıkmıştır.

Çalışmada iki yerli sarıçam ağacından farklı ısıl işlem uygulamaları ve kontroller için kerestelerin hazırlanması sırasında, ağaç çaplarına ve biçme tekniğine bağlı olarak her yönde aynı sayıda kerestenin elde edilmesi mümkün olmamıştır. Bu nedenle farklı ısıl işlem uygulamaları ve kontrolleri için diri odun - öz odun ayırımına gidilebilmesi ve homojen bir dağılım elde edilebilmesi amacıyla keresteler farklı yönlerden seçilmiştir (Şekil 3.3).

Nova Orman Ürünleri A.Ş. tarafından sarıçam keresteleri yurtdışından ebatlanmış ve kurutulmuş olarak getirildiği için, ithal sarıçam örnekleri üzerinde diri odun – öz odun ayırımına gidilememiştir.

4. BULGULAR

4.1. ANATOMİK İNCELEMELER

4.1.1. Makroskopik İncelemeler

Makroskopik yapının incelenmesi amacıyla, yıllık halka genişlikleri ölçülmüş; ısıl işlem uygulamaları sonucu odun yapısında meydana gelen değişiklikler incelenmiştir.

Yıllık halka genişliği ölçümleri, 2 yerli sarıçam odunundan hazırlanan deneme örnekleri ve 3 farklı kereste ile temsil edilen ithal sarıçam örnekleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Yerli sarıçam odunlarında yıllık halka genişliği (YHG), yaz odunu genişliği (YOG) ve yaz odunu katılım oranı (YOKO) tanımlayıcı istatistik değerleri Tablo 4.1' de verilmiştir.

Tablo 4.1: Yerli sarıçam örneklerine ait yıllık halka genişliği (mm), yaz odunu genişliği (mm) ve yaz odunu katılım oranı (%).

Ağaç No		Örnek Sayısı (N)	Aralık (R)	Min. Değer (X_{min})	Maks. Değer (X_{max})	Aritmetik Ortalama (\bar{x})	Standart Hata (S_p)	Standart Sapma (S)	Varyans (S^2)
1	YHG	137	1,770	0,540	2,310	1,381	0,178	0,036	0,422
	YOG	137	0,660	0,200	0,860	0,492	0,018	0,012	0,136
	YOKO	137	39,590	16,500	56,090	36,585	46,320	0,582	6,806
2	YHG	133	4,000	0,510	4,510	1,468	0,444	0,058	0,666
	YOG	133	2,140	0,240	2,380	0,729	0,138	0,032	0,372
	YOKO	133	40,420	27,810	68,230	49,132	43,336	0,571	6,583
Genel Toplam	YHG	270	4,000	0,510	4,510	1,424	0,034	0,557	0,310
	YOG	270	2,180	0,200	2,380	0,609	0,018	0,302	0,091
	YOKO	270	51,730	16,500	68,230	42,765	0,558	9,175	84,178

Ortalama yıllık halka genişliği, 1 numaralı deneme ağacında 1,381 mm, 2 numaralı deneme ağacında 1,468 mm; ortalama yaz odunu genişliği; 1 numaralı ağaçta 0,492 mm, 2 numaralı ağaçta 0,729 mm; ortalama yaz odunu katılım oranı; 1 numaralı ağaçta % 36,585; 2 numaralı ağaçta % 49,132 olarak bulunmuştur. Yerli sarıçam ağaçlarına ait yıllık halka genişliği genel ortalaması 1,424 mm, ortalama yaz odunu

genişliği 0,609 mm ve ortalama yaz odunu katılım oranı ortalama % 42,765 olarak bulunmuştur.

Deneme ağağları arasında, yıllık halka genişliği, yaz odunu genişliği ve yaz odunu katılım oranları bakımından, anlamlı bir farklılık olup olmadığı varyans analizi ile incelenmiştir. İstatistik değerlendirme sonuçları Tablo 4.2' de verilmiştir.

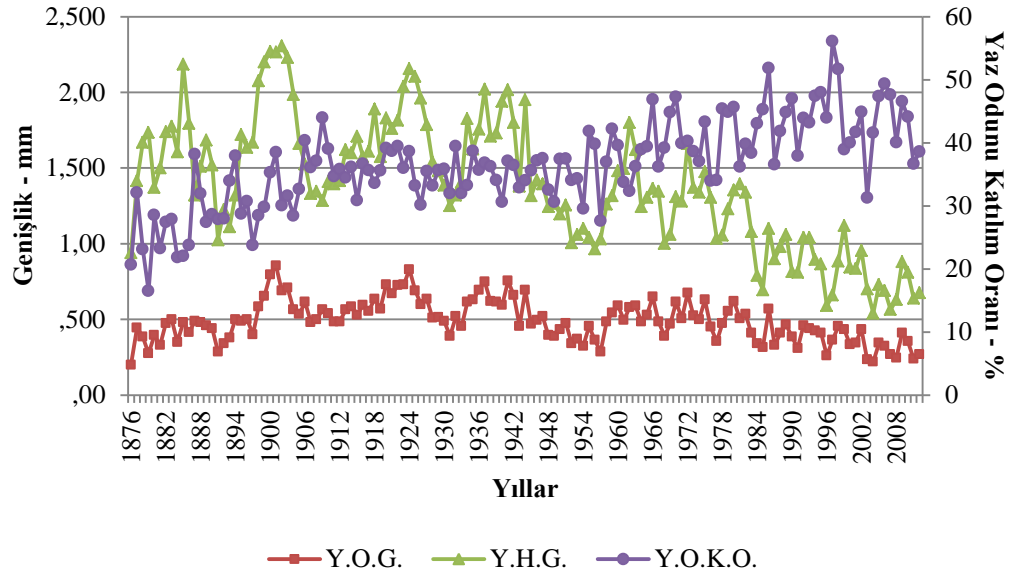
Tablo 4.2: Yerli sarıçam örneklerine ait yıllık halka genişliği, yaz odunu genişliği ve yaz odunu katılım oranı varyans analizi sonuçları.

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Varyans	F	Önem Düzeyi
YHG	Gruplar Arası	0,509	1	0,509	1,648	0,200
	Gruplar İçi	82,804	268	0,309		
	Toplam	83,313	269			
YOG	Gruplar Arası	3,783	1	3,783	48,786	0,000
	Gruplar İçi	20,780	268	0,078		
	Toplam	24,563	269			
YOKO	Gruplar Arası	10624,018	1	10624,018	236,877	0,000
	Gruplar İçi	12019,882	268	44,850		
	Toplam	22643,900	269			

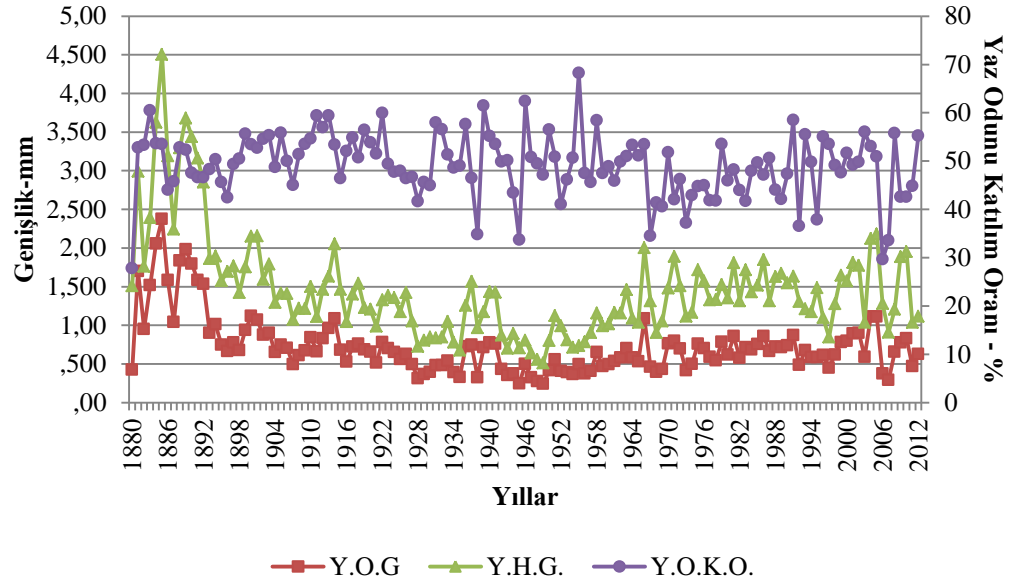
Varyans analizi sonuçlarına göre; yaz odunu genişliği ve yaz odunu katılım oranı bakımından ağağlar arasında 0,05 önem düzeyinde istatistiki olarak anlamlı bir farklılık bulunurken; yıllık halka genişliği bakımından anlamlı bir farklılığın bulunmadığı belirlenmiştir.

Yıllık halka genişliğini etkileyen faktörler; ağacın yaşı, genetik özellikleri ve çevre koşullarıdır. Aynı deneme alanından alınan yerli sarıçam ağağları arasında görülen bu farklılığın, mikro koşullarının etkisinden kaynaklandığı düşünölmektedir.

Yapılan çalışmada, yerli örnekler için yıllık halka genişliklerinin yıllara göre değişimi (Yıllık halka kronolojisi) Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'de grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.1: "1 No.lu" deneme ağacının yıllık halka kronolojisi.



Şekil 4.2: "2 No.lu" deneme ağacının yıllık halka kronolojisi.

Şekiller incelendiğinde, ilk yıllarda genel olarak yıllık halka genişlikleri, yaz odunu genişliği ve yaz odunu katılım oranında bir artışın meydana geldiği, daha sonraki yıllarda değişiklikler göstererek seyrettiği gözlenmektedir. Bu durumun ağacın ilk yıllarında genç bir kambiyum tarafından üretilen genç odun kısmında yıllık halka genişliğinin fazla, yaz odunu katılım oranının ise az olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

İthal sarıçam örneklerine ait yıllık halka genişliği (YHG), yaz odunu genişliği (YOG) ve yaz odunu katılım oranı (YOKO) tanımlayıcı istatistik değerleri Tablo 4.3' de verilmiştir.

Tablo 4.3: İthal sarıçam örneklerine ait Yıllık Halka Genişliği (mm), Yaz Odunu Genişliği (mm) ve Yaz Odunu Katılım Oranı (%) tanımlayıcı istatistikleri.

	Örnek Sayısı (N)	Aralık (R)	Min. Değer (X_{min})	Maks. Değer (X_{max})	Aritmetik Ortalama (\bar{x})	Standart Hata (S_r)	Standart Sapma (S)	Varyans (S^2)
YHG	289	1,85	0,18	2,03	0,730	0,020	0,338	0,114
YOG	289	1,09	0,05	1,14	0,258	0,009	0,155	0,024
YOKO	289	45,85	15,69	61,54	34,714	0,511	8,694	75,592

İthal sarıçam örneklerinde ortalama yıllık halka genişliği, 0,730 mm; ortalama yaz odunu genişliği 0,258 mm; ortalama yaz odunu katılım oranı % 34,714 olarak bulunmuştur.

Ayrıca yerli ve ithal sarıçam örnekleri arasında yıllık halka genişliği, yaz odunu genişliği ve yaz odunu katılım oranları bakımından, anlamlı bir farklılık olup olmadığı varyans analizi ile incelenmiştir. İstatistik değerlendirme sonuçları Tablo 4.4' de verilmiştir.

Tablo 4.4: Yerli ve ithal sarıçam örnekleri Yıllık Halka Genişliği (mm), Yaz Odunu Genişliği (mm) ve Yaz Odunu Katılım Oranı (%) varyans analizi sonuçları.

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
YHG	Gruplar Arası	67,220	1	67,220	321,974	0,000
	Gruplar İçi	116,287	557	0,209		
	Toplam	183,507	558			
YOG	Gruplar Arası	17,145	1	17,145	303,476	0,000
	Gruplar İçi	31,468	557	0,056		
	Toplam	48,613	558			
YOKO	Gruplar Arası	9048,231	1	9048,231	113,474	0,000
	Gruplar İçi	44414,368	557	79,739		
	Toplam	53462,599	558			

Varyans analizi sonuçlarına göre; yaz odunu genişliği, yıllık halka genişliği ve yaz odunu katılım oranı bakımından ağaçlar arasında 0,05 önem düzeyinde istatistiki olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

Makroskopik incelemelerde; yerli ve ithal sarıçam örneklerinde ortak olarak ısıl işlem uygulamalarında sıcaklık derecesi arttıkça (Thermo-S, 190°C; Thermo-D, 212 °C) örneklerin renklerinde meydana gelen koyulaşmanın arttığı, renk değişimlerinin gerçekleştiği gözlemlenmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3: Isıl işlem uygulaması sonucu oluşan renk değişikliği.

Makroskopik incelemeler ısıl işlemin kerestenin uç ve orta kısımları üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla alınan şeritler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar yerli ve ithal örnekler için aşağıda belirtilen sıralamaya göre açıklanmıştır:

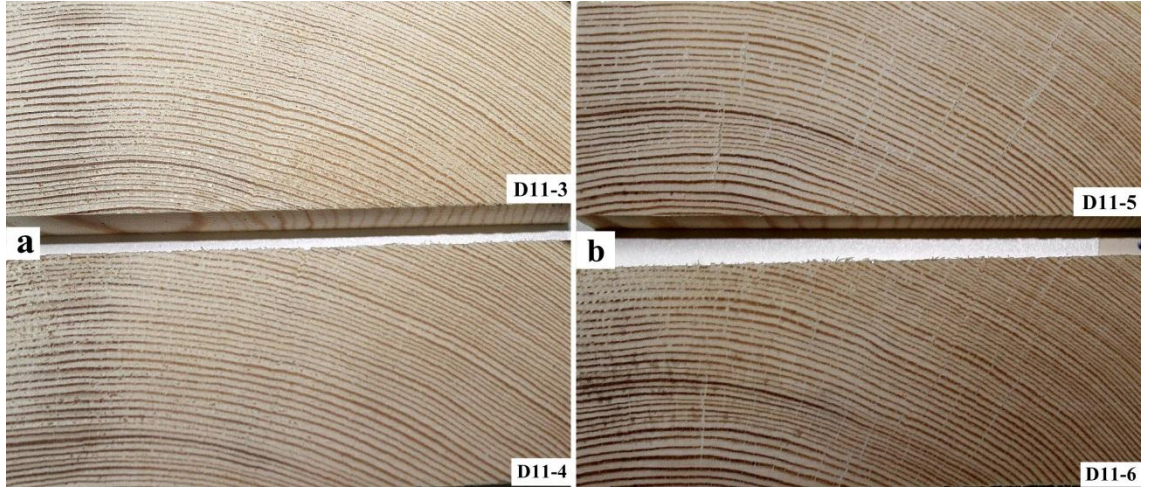
1. Yerli sarıçam örnekleri
 - Teknik Kurutma uygulanmış kontrol örnekleri,
 - Diri odun, Thermo-S, orta-uç,
 - Diri odun, Thermo-D, orta-uç,
 - Öz odun, Thermo-S, orta-uç,

- Öz odun, Thermo-D, orta-uç,
- 2. İthal sarıçam örnekleri,
 - Thermo-S kontrol örnekleri, orta-uç,
 - Thermo-S ısıl işlem örnekleri, orta-uç,
 - Thermo-D kontrol örnekleri, orta-uç,
 - Thermo-D ısıl işlem örnekleri, orta-uç.

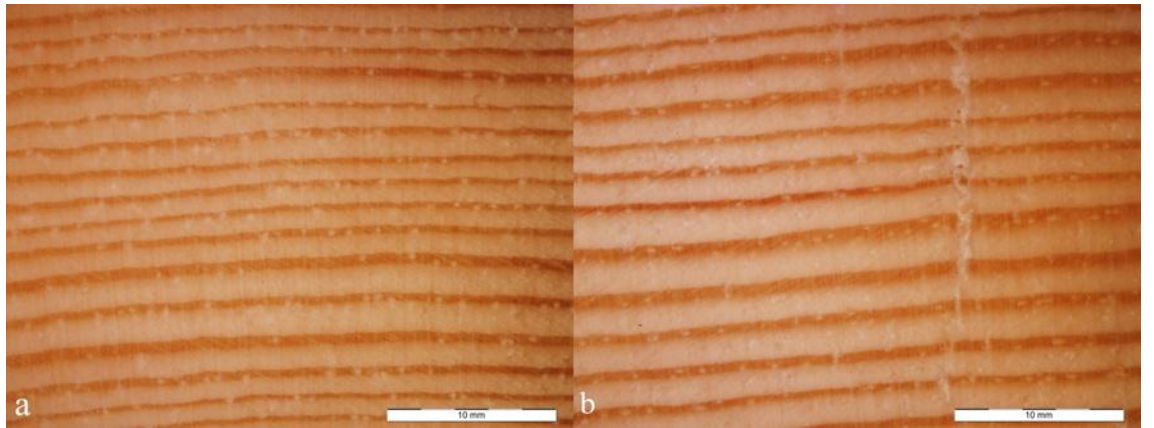
Yapılan incelemelerde ısıl işlemin odunun makroskopik yapısında meydana getirdiği bir diğer önemli değişikliğin de çatlak oluşumu olduğu görülmüştür. Yerli sarıçam kontrol örneklerinde yapılan incelemelerde çatlak oluşumunun başlangıcının teknik kurutmaya dayandığı, ısıl işlem uygulamalarının ise hem yeni çatlakların oluşumuna hem de mevcut çatlakların şiddetlenmesine yol açtığı belirlenmiştir.

Çatlak oluşumunun öz odun – diri odun ayrımı dikkate alınarak kerestelerin uç (0.30 m) ve orta (1.30 m) kısımlarında farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Kontrol amacıyla kullanılan teknik kurutma uygulanmış kerestelerin uç kısımlarında kurutma sonrası çatlakların oluştuğu, ancak bu çatlakların iç kısımlara kadar uzanmadığı belirlenmiştir (Şekil 4.4 ve Şekil 4.5). Diri odundan elde edilen örneklerde uç kısımlarda oluşan çatlakların şiddetinin Thermo-D uygulaması (212 °C) sonucunda maksimum olduğu gözlemlenmiştir. Diri odun kerestelerinin orta kısımlarında ise Thermo-S ve Thermo-D uygulamaları sonucunda belirgin bir çatlak oluşumu tespit edilmemiştir (Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9). Isıl işlem uygulamalarının öz odun örneklerinde yüzey çatlaklarının yanı sıra reçine sızmalarının da oluşumuna neden olduğu görülmüştür (Şekil 4.10). Thermo-D uygulanmış öz odunda çatlakların, Thermo-S uygulanmış örneklerde oluşan çatlaklardan daha farklı bir yapı gösterdiği ve daha derine indikleri gözlenmiştir. Ayrıca Thermo-D uygulaması sonucunda öz odun örneklerinde, iç çatlaklarına ve uç kısımlarda deformasyonlara rastlanmıştır (Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12).

Şekil 4.4 ve Şekil 4.5 incelendiğinde; kontrol örneklerinin uç kısımlarında teknik kurutmaya bağlı olarak oluşan çatlakların kerestenin iç kısımlarına kadar uzanmaması sebebiyle, çatlakların yüzeysel çatlaklar olduğu değerlendirilmiştir.

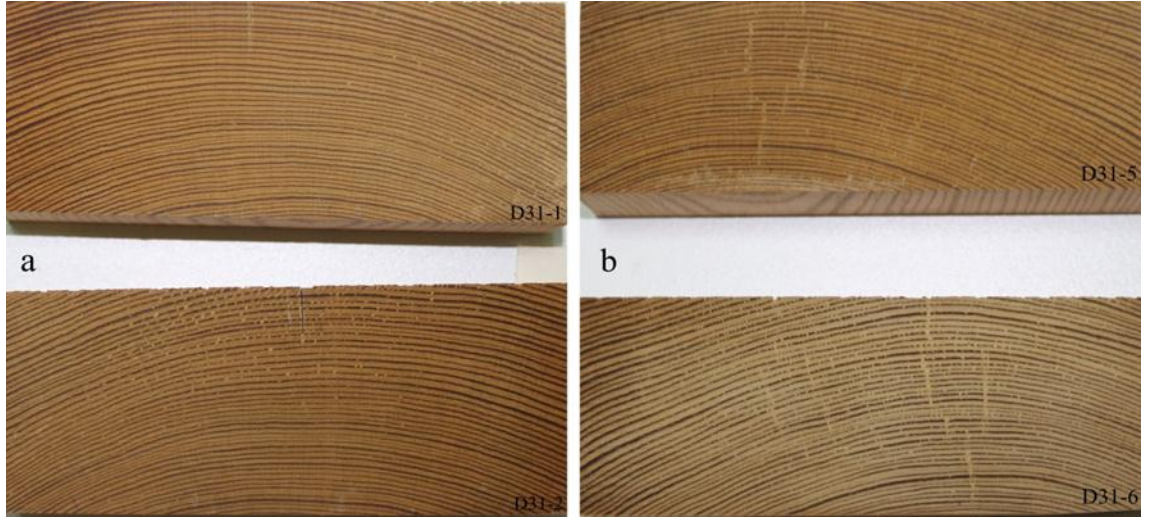


Şekil 4.4: Teknik kurutmaya tabi tutulmuş yerli sarıçam kontrol örneği; a: orta kısım, b: uç kısım, yüzeysel çatlak oluşumu. (Fotoğraf makinesi görüntüsü)

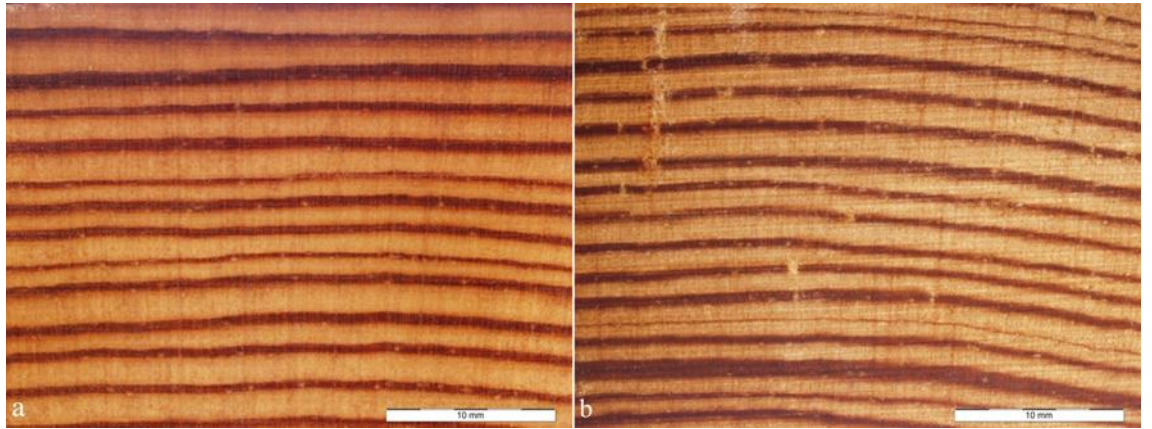


Şekil 4.5: Teknik kurutmaya tabi tutulmuş yerli sarıçam kontrol örneği; a: orta kısım, b: uç kısım, yüzeysel çatlak oluşumu. (Stereomikroskop görüntüsü; X 0,7)

Diri odundan elde edilen, Thermo-S örneklerinde yapılan incelemelerde; kontrol örneklerinde olduğu gibi uç kısımlardan alınan parçalarda derin çatlaklar gözlenmiştir. Bu çatlakların uç kısımlarda kaldığı, kerestenin ortasına karşılık gelen iç kısımlara kadar devam etmediği gözlemlenmiştir (Şekil 4.6 ve Şekil 4.7).



Şekil 4.6: Yerli sarıçam diri odunundan elde edilen Thermo-S örnekleri; a:orta kısım, b:uç kısım, yüzeysel çatlak oluşumu (Fotoğraf makinesi görüntüsü).



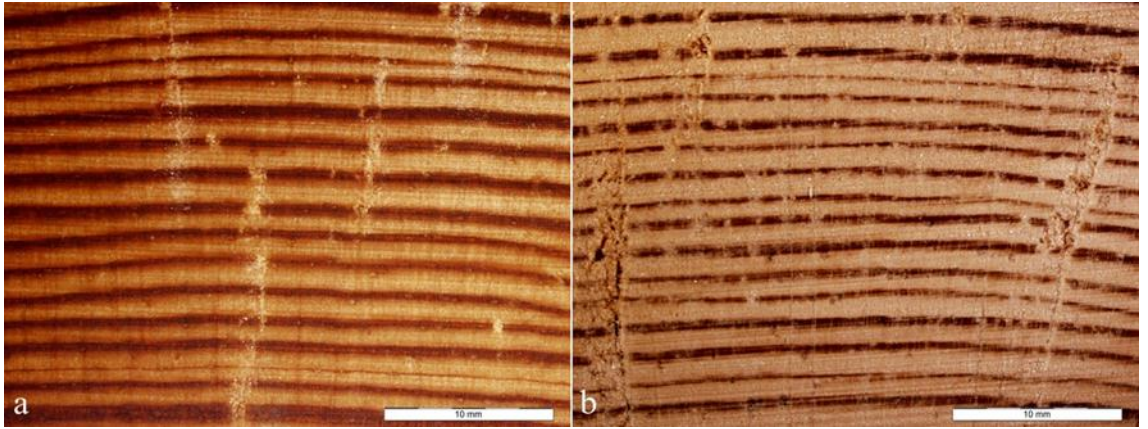
Şekil 4.7: Yerli sarıçam diri odunundan elde edilen Thermo-S örnekleri; a:orta kısım, b:uç kısım, yüzeysel çatlak oluşumu. (Stereomikroskop görüntüsü; X 0,7)

Thermo-D uygulamasının ardından diri odundan elde edilen yerli sarıçam örneklerinin uç kısımlardan alınan şeritlerde derin çatlakların olduğu gözlenmiştir. Aynı örneğin orta kısmından alınan şeritler, uç kısımdan alınan şeritlerle birlikte incelendiğinde; uç kısımlarda görülen çatlakların bu kısım ile sınırlı kaldığı ve iç kısımlara doğru ilerlemediği görülmüştür (Şekil 4.8).



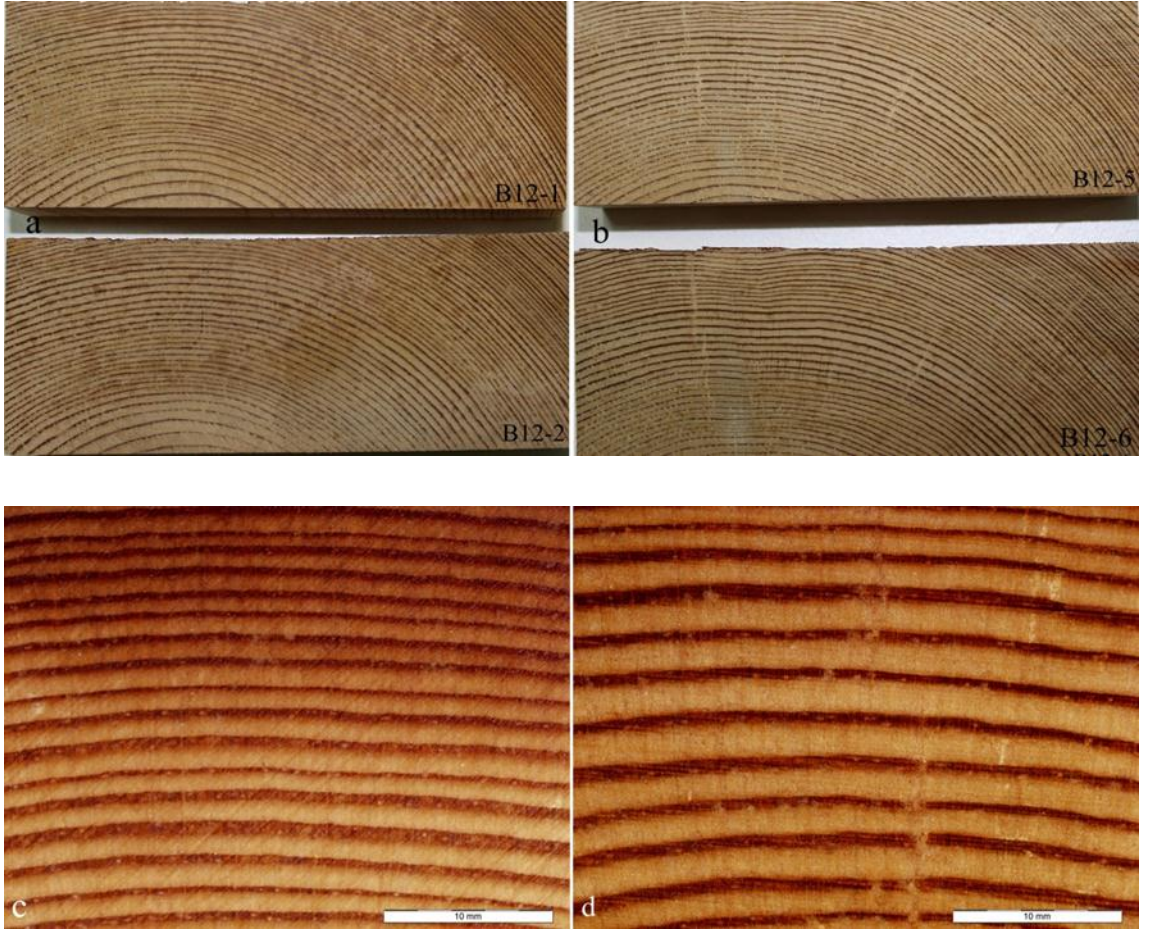
Şekil 4.8: Diri odundan elde edilen yerli sarıçam Thermo-D örnekleri; a:orta kısım, b:uç kısım, yüzeysel çatlak oluşumu (Fotoğraf makinesi görüntüsü)

Yapılan incelemelerde, ısıl işlem uygulamasında kullanılan sıcaklık değerindeki artışın (190 – 212 °C) çatlakların şiddetini de arttırdığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9: Yerli sarıçam diri odunundan elde edilen ısıl işlem uygulanmış uç kısım örneklerinin karşılaştırılması; a: Thermo-S, b: Thermo-D, çatlak sayı ve ebatlarında artış (Stereomikroskop görüntüsü; x 0,7).

Thermo-S öz odun örnekleri incelendiğinde, diri odundan elde edilen örneklerde olduğu gibi, öz odun örneklerinde de iç kısımların sağlam kaldığı, uç kısımlarda ise farklı şiddetlerde çatlaklarının meydana geldiği görülmüştür (Şekil 4.10). Öz odun örneklerinde, diri odundan farklı olarak, reçine kanallarında sızmaların olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.10 a ve b).



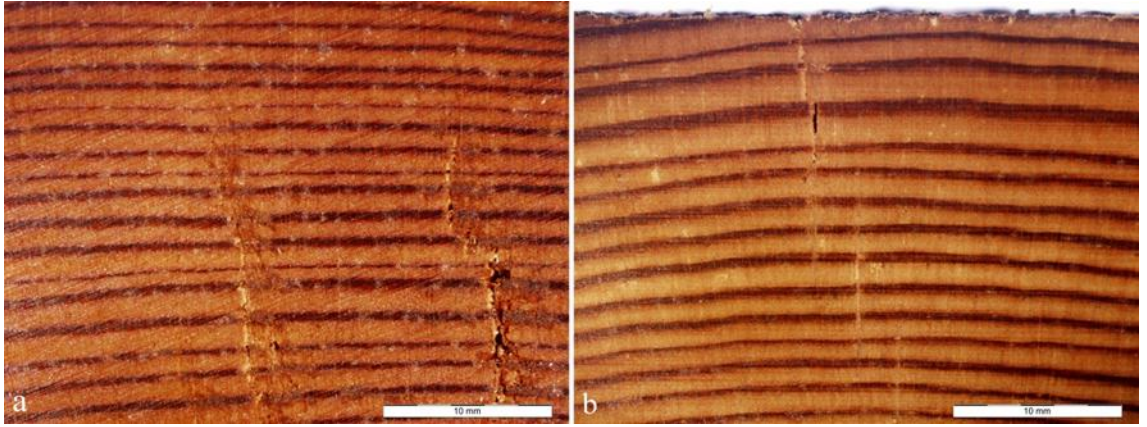
Şekil 4.10: Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam öz odununda orta (a, c) ve uç (b, d) kısımlar.

Thermo-D uygulanmış öz odun örneklerinin uç kısımlarında görülen çatlakların Thermo-S örneklerinden daha derin ve daha şiddetli olduğu; bu uç çatlaklarına ilaveten Thermo-D uygulanmış kerestelerin orta kısmında dış yüzeylerde fark edilmeyen, iç çatlakların varlığı da belirlenmiştir (Şekil 4.11, Şekil 4.12).

Yapılan incelemelerde çatlaklarda görülen bu değişimlere ilaveten Thermo-D uygulanmış öz odun örneklerinde, ısı işleminden sonra şekil değişimleri, oluklaşma olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.11a ve b).



Şekil 4.11: Yerli sarıçam Thermo-D uygulanmış öz odun; a:orta kısım, iç çatlak oluşumu, b:uç kısım, oluklaşma (Fotoğraf makinesi görüntüsü).

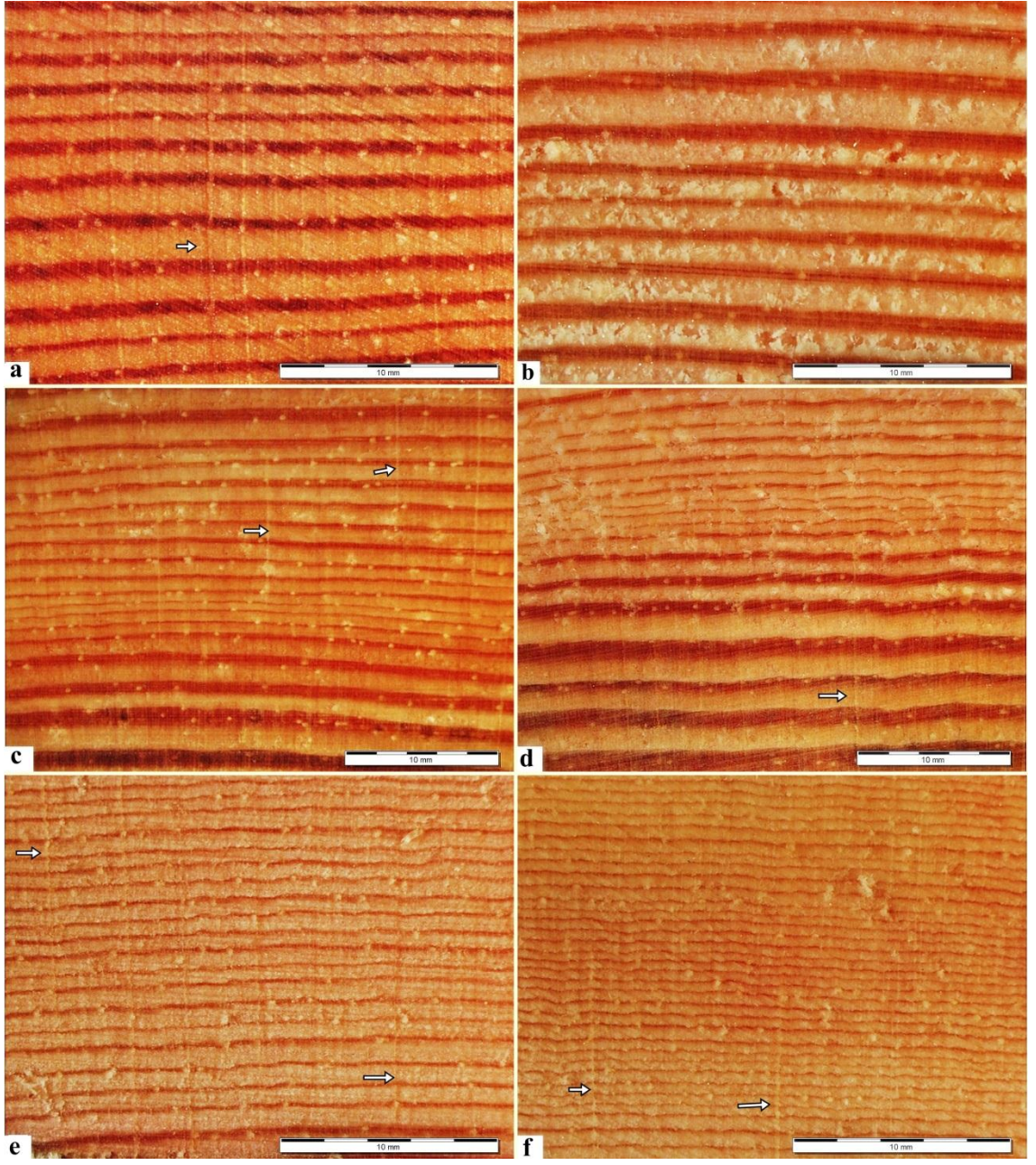


Şekil 4.12: Yerli sarıçam Thermo-D uygulanmış öz odun; a:orta kısım, iç çatlak oluşumu, b: uç kısım (Stereomikroskop görüntüsü; x 0,7).

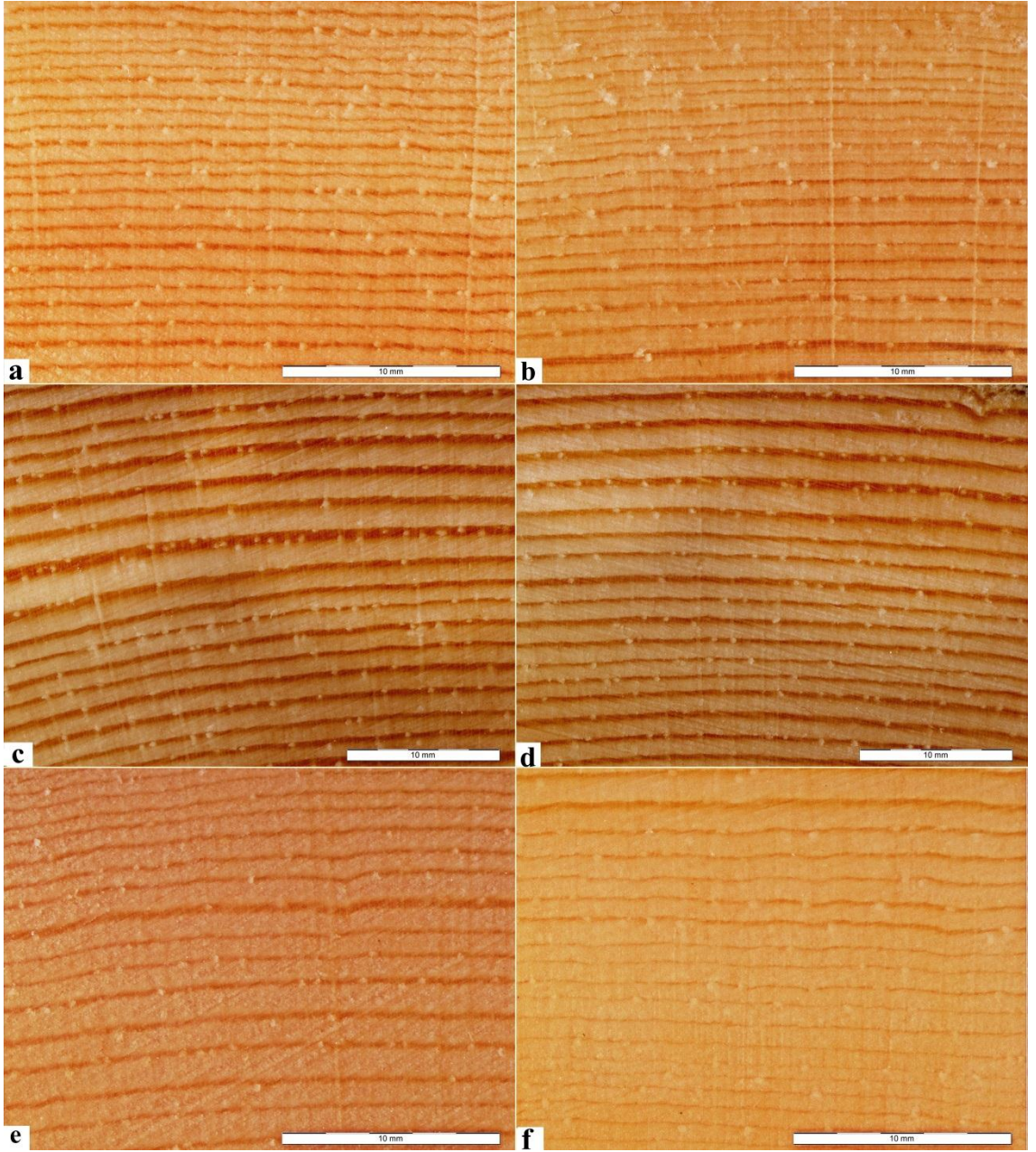
İthal sarıçam kontrol örneklerinde yapılan incelemelerde çatlak oluşumunun başlangıcının teknik kurutmaya dayandığı (Şekil 4.13 ve Şekil 4.14), ısıtım işlem uygulamalarının ise uç kısımlarda mevcut çatlakların artmasına yol açtığı belirlenmiştir (Şekil 4.15 ve Şekil 4.16). Isıtım işlem uygulamalarının yüzey çatlaklarının yanı sıra reçine sızmalarının da oluşumuna neden olduğu görülmüştür.

Çatlak oluşumunun kerestelerin uç ve orta kısımlarında çok büyük bir farklılık göstermediği ancak uç kısım örneklerinde daha yoğun şekilde bulunduğu tespit edilmiştir. Kontrol ve ısıtım işlem uygulanmış kerestelerin uç kısımlarında kurutma sonrası oluşan bu ince çatlakların hepsinin iç kısımlara kadar uzanmaması sebebiyle, çatlakların yüzeysel çatlaklar olduğu değerlendirilmiştir (Şekil 4.13, Şekil 4.14, Şekil 4.15 ve Şekil 4.16).

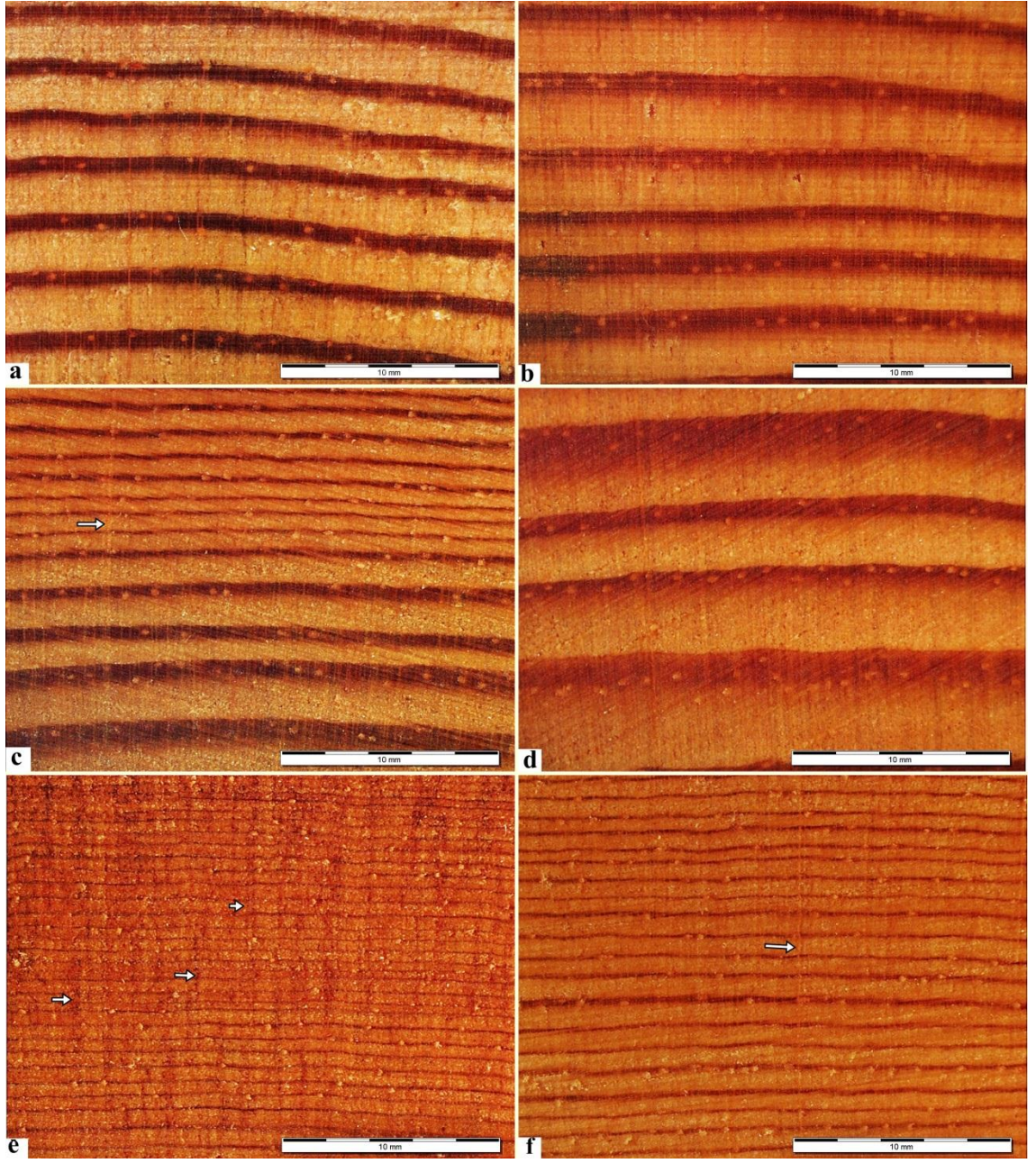
Yerli sarıçam Thermo-D öz odun örneklerinden farklı olarak ithal sarıçam örneklerinde iç çatlaklara rastlanılmamış ancak Thermo-D örneklerinde yüzeyler üzerinde az miktarda çökmeler görülmüştür (Şekil 4.16).



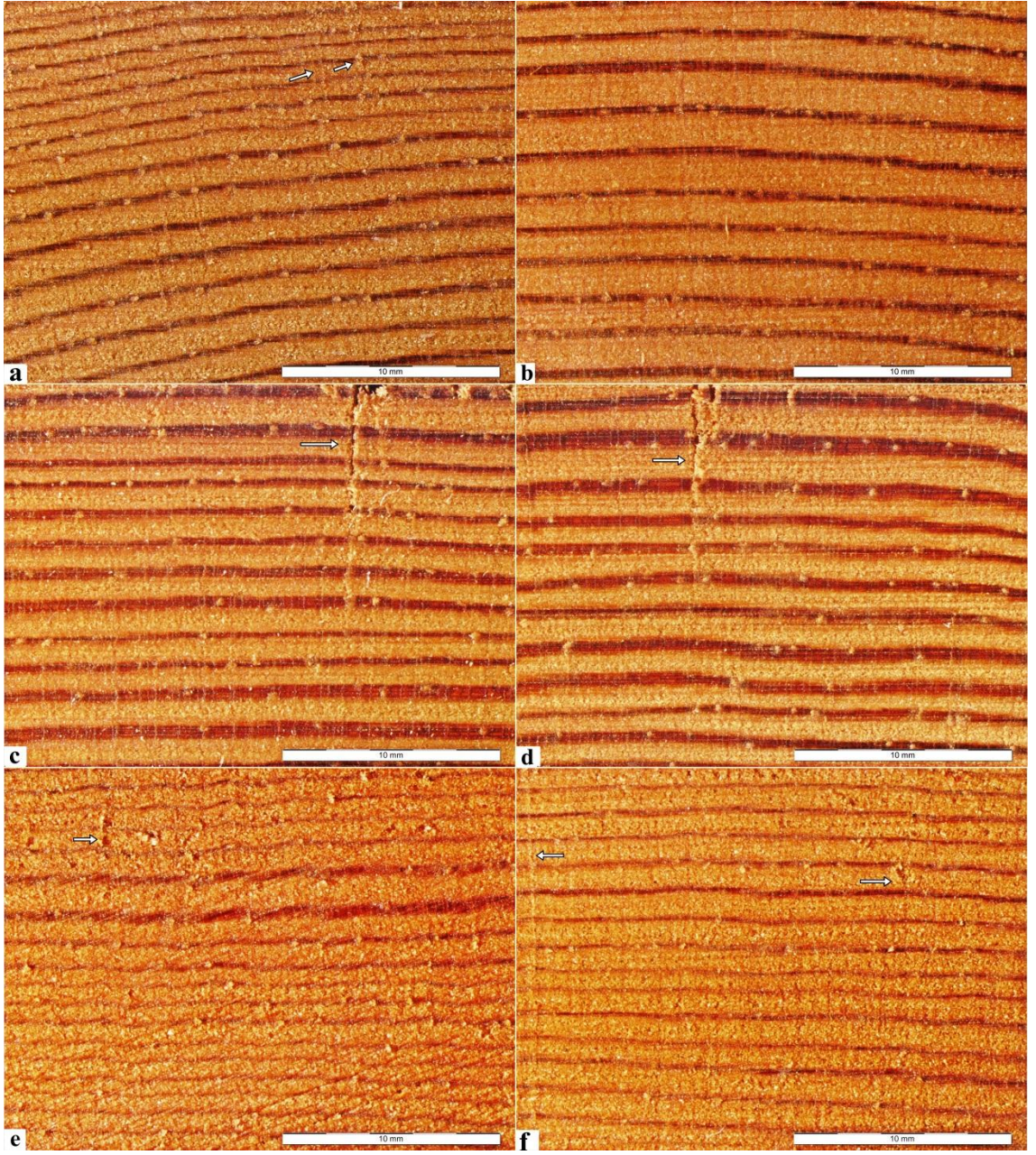
Şekil 4.13 İthal sarıçam Thermo-S kontrol örnekleri; a, c, e: uç kısımlar, b, d, f: orta kısımlar, radyal yönde ilerleyen ince çatlaklar (beyaz oklar). (Stereomikroskop görüntüsü; X 0,7)



Şekil 4.14: İthal sarıçam Thermo-D kontrol örnekleri; a, c, e: uç kısımlar, b, d, f: orta kısımlar.
(Stereomikroskop görüntüsü; X 0,7)



Şekil 4.15: İthal sarıçam Thermo-S örnekleri; ; a, c, e: uç kısımlar, b, d, f: orta kısımlar. radyal yönde ilerleyen ince çatlaklar (beyaz oklar). (Stereomikroskop görüntüsü; X 0,7)



Şekil 4.16: İthal sarıçam Thermo-D örnekleri; a, c, e: uç kısım, b, d, f: orta kısım. radyal yönde ilerleyen ince çatlaklar (beyaz oklar). (Stereomikroskop görüntüsü; X 0,7)

4.1.2. Mikroskopik İncelemeler

Mikroskopik incelemeler ısıtıl işlemin odunun iç ve dış kısımları üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla hazırlanan kesitler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar enine kesitler için aşağıda belirtilen sıralamaya göre açıklanmıştır:

3. Yerli sarıçam örnekleri
 - 1) Kontrol örnekleri
 - Teknik Kurutma uygulanmamış,
 - Teknik Kurutma uygulanmış, iç kısım,
 - Teknik Kurutma uygulanmış, dış kısım,
 - 2) Diri odun,
 - iç kısım, Thermo-S
 - iç kısım, Thermo-D
 - dış kısım, Thermo-S
 - dış kısım, Thermo-D
 - 3) Öz odun,
 - iç kısım, Thermo-S
 - iç kısım, Thermo-D
 - dış kısım, Thermo-S
 - dış kısım, Thermo-D
4. İthal Örnekler
 - 1) Dış kısım,
 - Thermo-S kontrol örnekleri,
 - Thermo-S ısıtıl işlem örnekleri,
 - Thermo-D kontrol örnekleri,
 - Thermo-D ısıtıl işlem örnekleri,
 - 2) İç kısım,
 - Thermo-S kontrol örnekleri,
 - Thermo-S ısıtıl işlem örnekleri,
 - Thermo-D kontrol örnekleri,
 - Thermo-D ısıtıl işlem örnekleri.

4.1.2.1. Enine Kesit

Işık mikroskobu altında yapılan incelemeler sırasında kontrol örnekleri dahil (hiç işlem uygulanmamış ve teknik kurutma uygulanmış) yerli sarıçam iç kısım ve dış kısım örnekleri incelendiğinde; boyuna reçine kanallarını çevreleyen ince çeperli epitel hücrelerinin parçalandığı, ayrıca bu kanalların yakınındaki boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeye ve parçalanmaların olduğu görülmüştür (Şekil 4.17b, 19, 20b, 23, 24, 27b, 29, 30, 31, 32b, 34, 36b, 37b, 39b, 40b).

Hiç işlem uygulanmamış kontrol örneklerinde ilkbahar odunu tabakası boyunca yer yer boyuna traheid hücre çeperlerinin orta lamellerinden ayrıldığı gözlenirken (Şekil 4.18); teknik kurutma ve ısıl işlem uygulanmış örneklerde bu ayrılmaların daha fazla olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.20, -21, 22, -24, -25, -27, -29, -31, -33, -36, -37, -40). Yapılan incelemelerde teknik kurutma uygulanmış kontrol örnekleri ile ısıl işlem görmüş örneklerde, uygulanan sıcaklığa bağlı olarak ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde meydana gelen bozunmalar sonucu çeper tabakalarında ayrılmalar (Şekil 4.27, -31, -33, -35, -37), kopma (Şekil 4.23, -29, -32, -35, -36, -40) ve parçalanmaların olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca çeper tabakalarındaki bozunmaların derecesinin sıcaklıkla doğru orantılı olarak değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Bütün örneklerde öz ışınlarının yapısı incelendiğinde bazı öz ışınlarında teğet yönde ayrılmaların olduğu (Şekil 4.18, -19, -31) ve bu ayrılmaların genel olarak bir öz ışını boyunca yaz odunu tabakalarında gerçekleştiği görülmüştür (Şekil 4.16). İşlem sıcaklığı arttıkça öz ışınlarında görülen teğet yöndeki ayrılmaların şiddetlendiği, en yüksek sıcaklığın uygulandığı Thermo-D örneklerinde bu ayrılmaların rombik formda biçimlendiği gözlenmiştir.

Tüm gruplarda yapılan incelemelerde, yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinin ilkbahar odunu tabakasında olduğunun aksine genel olarak dış görünüşlerini korudukları gözlenmiştir. Ancak işlem sıcaklığının artması ile birlikte, teknik kurutma uygulanmış iç ve dış kısım kontrol örnekleri ile Thermo-S öz odun iç kısım örneklerinde orta lamellerinden ayrılan yaz odunu boyuna traheid hücrelerinin odun dokusunda düzensiz çatlak oluşumuna sebep oldukları görülmüştür. Yaz odunu boyuna traheid hücre köşeleri ve orta lameller üzerinde, uygulanan işlem sıcaklığı arttıkça şiddeti artan bozunmalar tespit edilmiştir (Thermo-S diri odun dış kısım ve Thermo-D öz odun iç

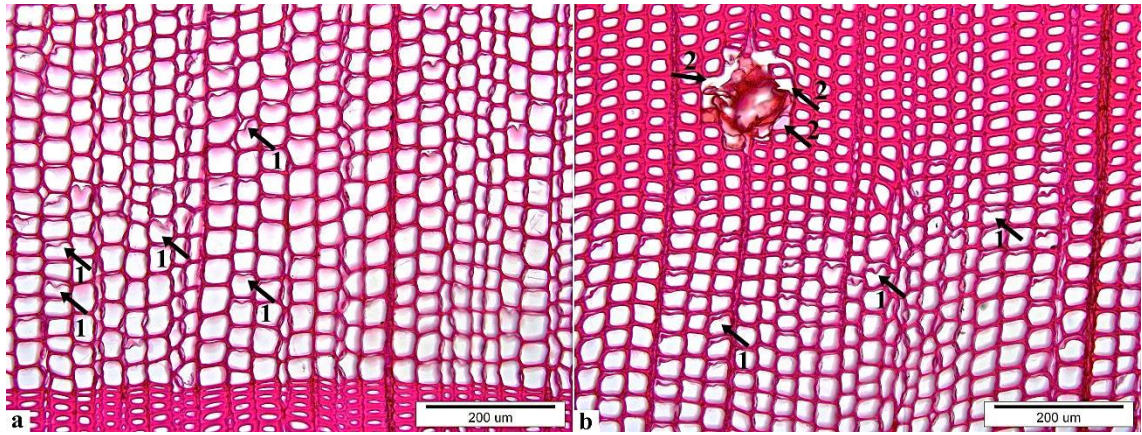
kısım örneklerinde). Ayrıca Thermo-D diri odun ve öz odun örneklerinde yaz odunu tabakasında boyuna traheid hücre çeperlerinin daha gevşek bir yapı kazandığı gözlenmiştir.

Thermo-S öz odun dış kısım örneklerinde yıllık halka başlangıcında yıllık halka sınırına paralel uzanan çatlaklara (Şekil 4.38); teknik kurutma uygulanmış iç ve dış kısım kontrol, Thermo-S öz odun iç ve dış kısım, Thermo-D öz odun iç kısım örneklerinde yaz odunu tabakasında düzensiz ilerleyen çatlaklara (Şekil 4.23, -31, -34, -35, -36, -37, -38) rastlanılmıştır. Bu çatlakların genel olarak reçine kanalları ve öz ışınları çevresinde veya geçiş zonları üzerinde bulunduğu tespit edilmiştir.

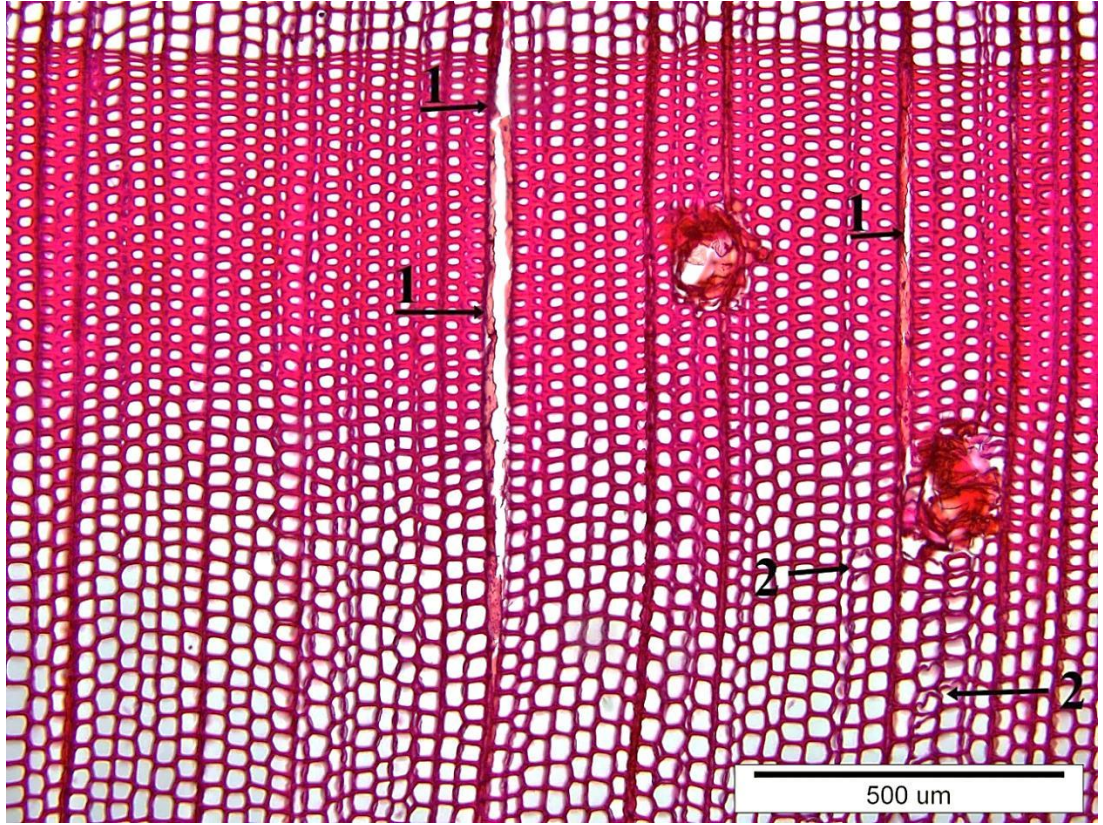
Yapılan incelemelerde Thermo-D diri odun ve öz odun iç kısım ve dış kısım örneklerinde yıllık halka düzleminden belirgin sapmaların (Şekil 4.28, -31, -32, -39, -40) gerçekleştiği görülmüştür.

Tüm gruplarda yapılan incelemelerde, boyuna traheid hücreleri üzerinde bulunan kenarlı geçitlerde bozunmaların gerçekleştiği ve sıcaklık arttıkça kenarlı geçitlerde teğet yönde genişlemelerin arttığı görülmüştür (Şekil 4.22, -27, -33, -36).

Teknik kurutma dahil hiç işlem görmemiş yerli sarıçam örnekleri;

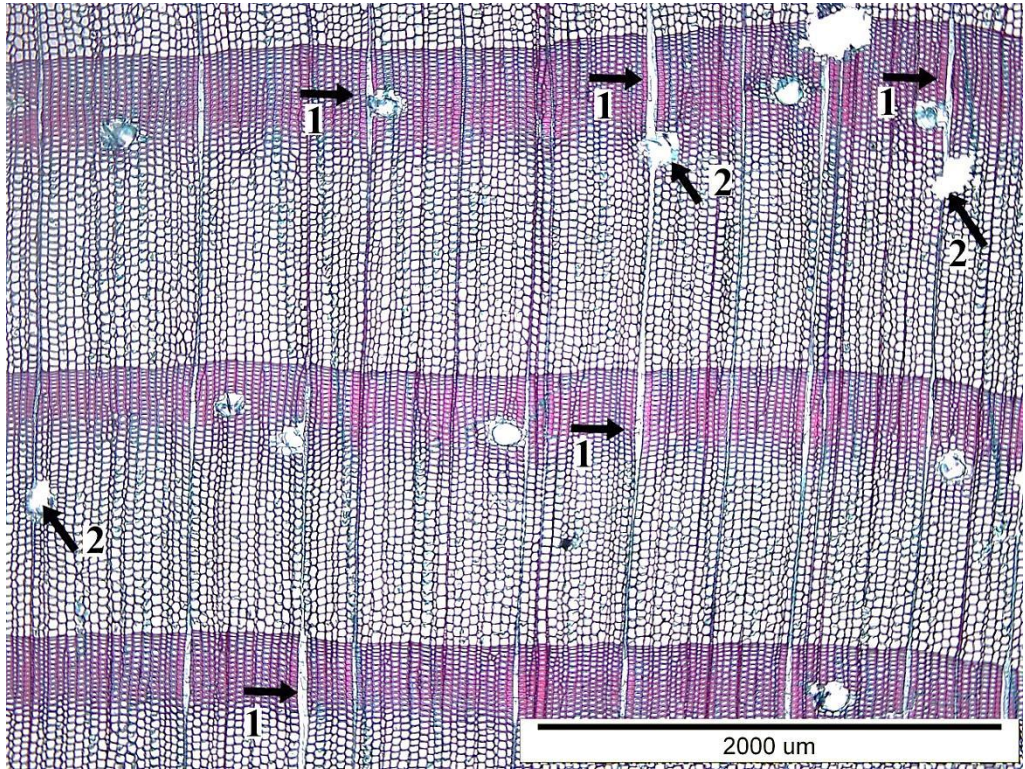


Şekil 4.17: Hiç işlem uygulanmamış yerli sarıçam kontrol örneği; a) ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar), b) yaz odunu tabakasında boyuna reçine kanalı etrafındaki boyuna traheid çeperlerinde incelmeler (2 no.lu oklar).

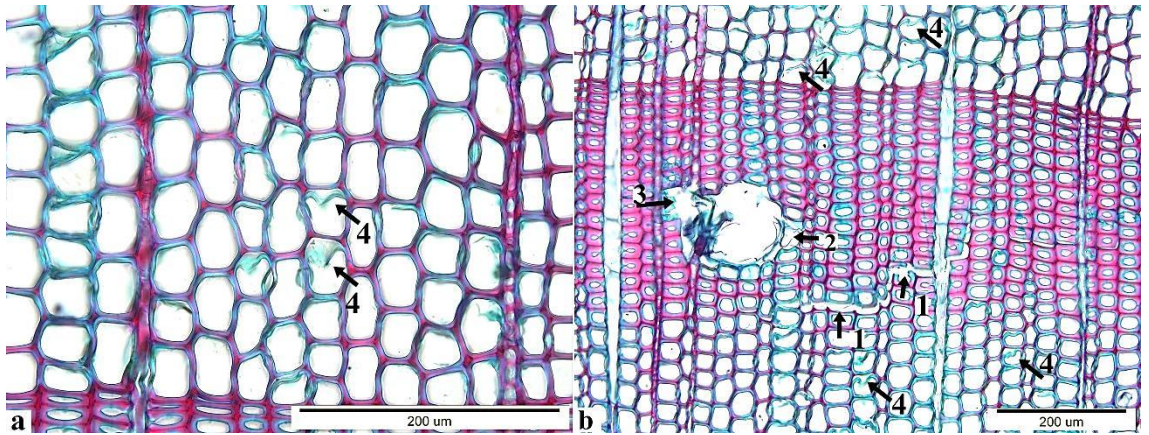


Şekil 4.18: Hiç işlem uygulanmamış yerli sarıçam kontrol örneği; yaz odunu tabakası boyunca öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar (1 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheid çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (2 no.lu oklar).

Teknik kurutma uygulanmış yerli sarıçam iç kısım kontrol örnekleri;

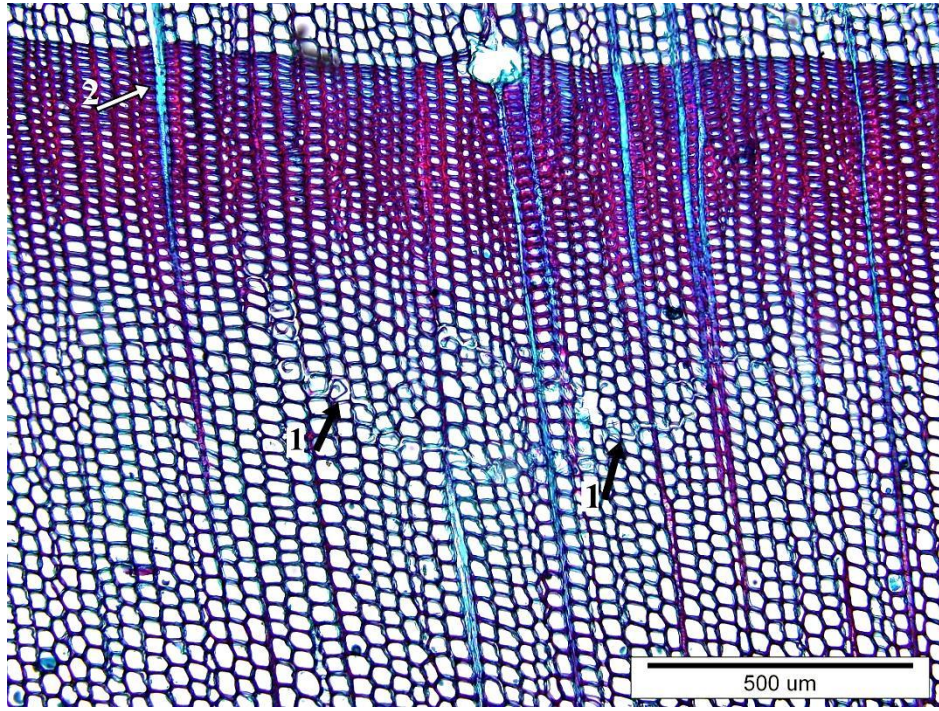


Şekil 4.19: Teknik kurutma uygulanmış yerli sarıçam iç kısım kontrol örneği; öz ışınları boyunca yaz odunu tabakalarında teğet yönde ayrılmalar (1 no.lu oklar), parçalanmış boyuna reçine kanalları (2 no.lu oklar).

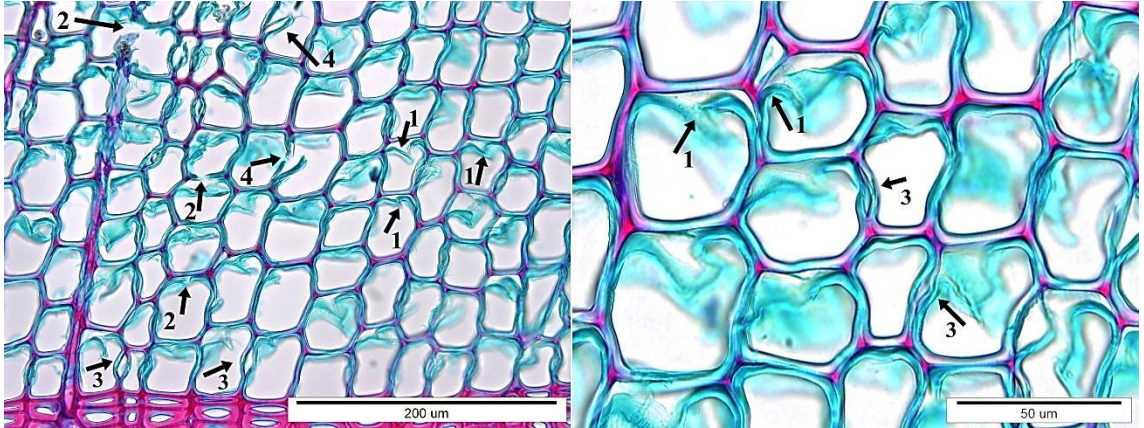


Şekil 4.20: Teknik kurutma uygulanmış yerli sarıçam iç kısım kontrol örneği; a) yıllık halka başlangıcında ilkbahar odunu boyunca traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (4 no.lu oklar), b) boyuna reçine kanalları etrafındaki traheid hücre çeperlerinde incelmeler (2 no.lu oklar) ve parçalanmalar (3 no.lu oklar) yaz odunu boyunca traheid hücrelerinin orta lamelden ayrılmaları nedeniyle oluşan düzensiz çatlaklar (1 no.lu oklar).

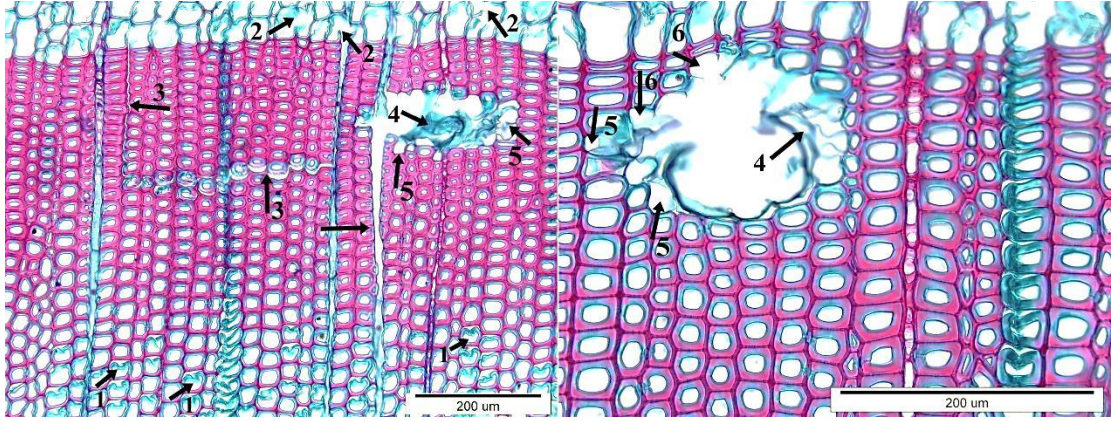
Teknik kurutma uygulanmış yerli sarıçam dış kısım örnekleri;



Şekil 4.21: Teknik kurutma uygulanmış yerli sarıçam dış kısım kontrol örneği; ilkbahar odunu boyunca traheid hücre çeperlerinde ayrılmalar (1 no.lu oklar), öz ışınlarında bozunmalar (2 no.lu ok).

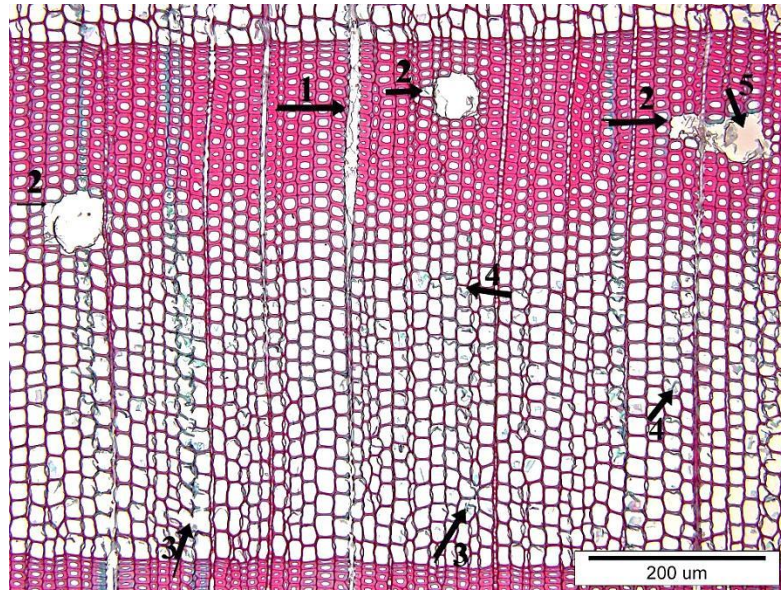


Şekil 4.22: Teknik kurutma uygulanmış yerli sarıçam dış kısım kontrol örneği; ilkbahar odunu boyunca traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar) ve kopmalar (2 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde teğet yönde genişlemeler (3 no.lu oklar) ve kopmalar (4 no.lu oklar).

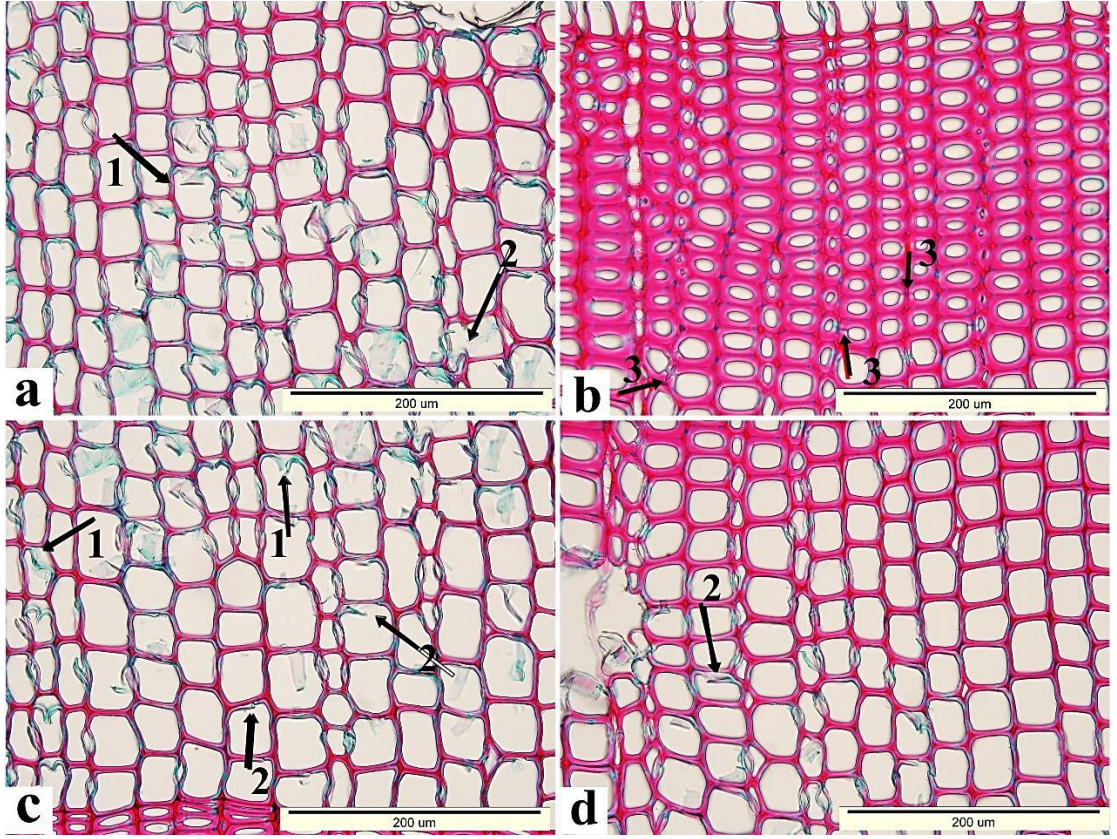


Şekil 4.23: Teknik kurutma uygulanmış yerli sarıçam dış kısım kontrol örneği; ilkbahar odunu tabakasından yaz odununa geçiş zonunda boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar) ve ilkbahar odunu tabakası başlangıcında hücre çeperlerinde kopmalar (2 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücrelerinde orta lamelden ayrılmalar sonucu düzensiz ilerleyen çatlaklar (3 no.lu oklar), boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücrelerinde parçalanmalar (4 no.lu oklar), bu kanalların yakınındaki yaz odunu boyuna traheid çeperlerinde incelmeler (5 no.lu oklar) ve parçalanmalar (6 no.lu oklar).

Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam diri odun iç kısım örnekleri;

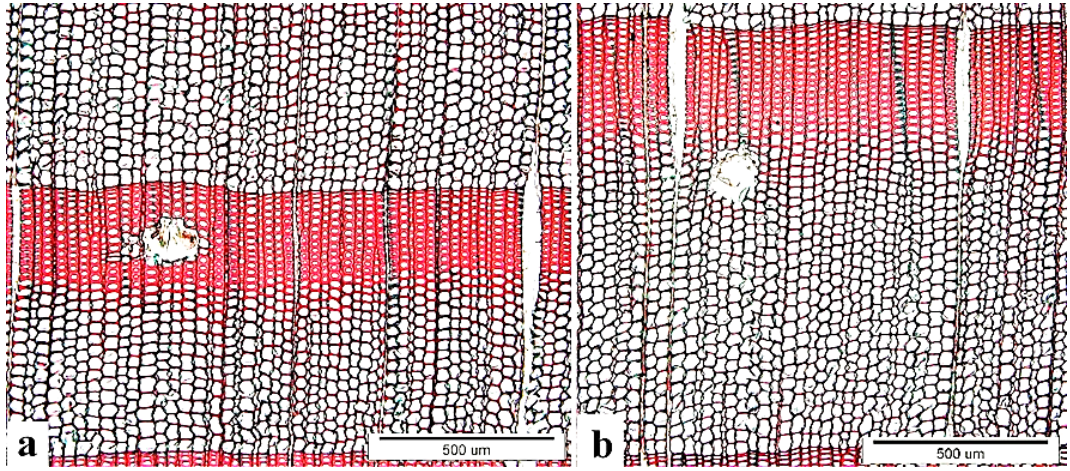


Şekil 4.24: Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam diri odun iç kısım örneği; yaz odunu tabakası boyunca öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar (1 no.lu ok), boyuna reçine kanalları çevresindeki epitel hücre çeperlerinde parçalanma (5 no.lu ok) ve bu kanalların yakınındaki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler ve parçalanmalar (2 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (4 no.lu oklar) ve kopmalar (3 no.lu oklar).

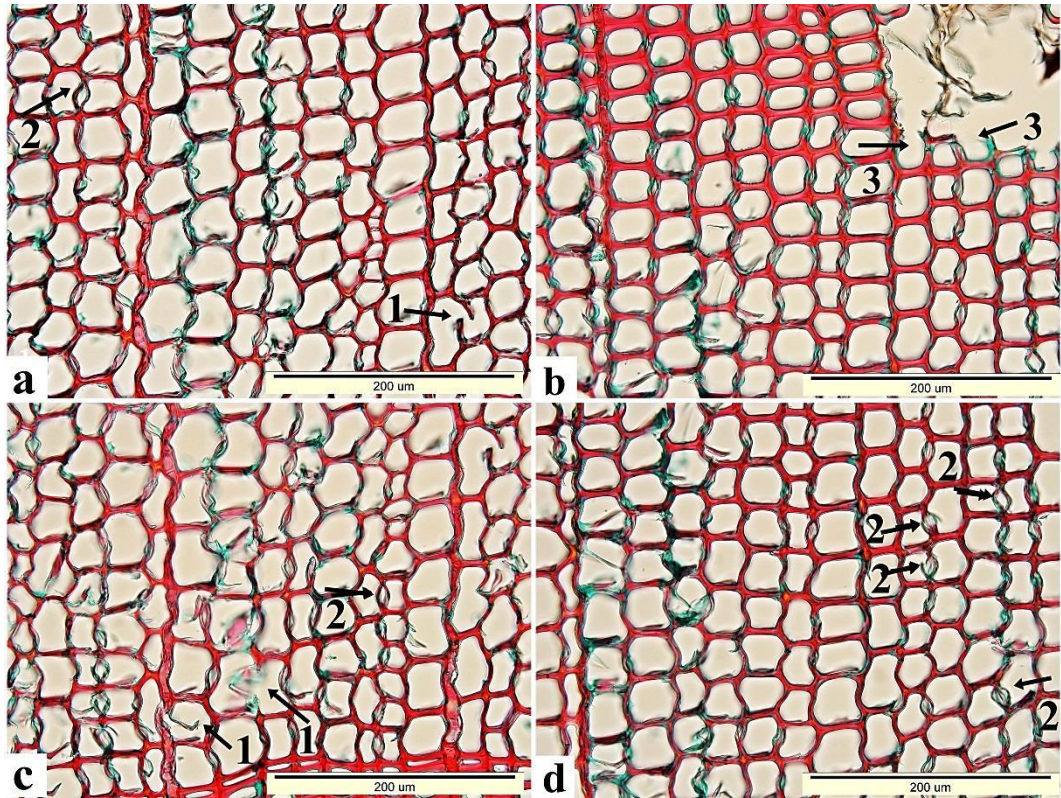


Şekil 4.25: Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam diri odun iç kısım örneği; a-c-d) ilkbahar odunu tabakası boyunca boyuna traheid hücre çeper tabakalarında ayrılmalar (1 no.lu oklar) ve parçalanmalar (2 no.lu oklar), b) yaz odunu tabakasında sağlam haldeki kenarlı geçitler (3 no.lu oklar).

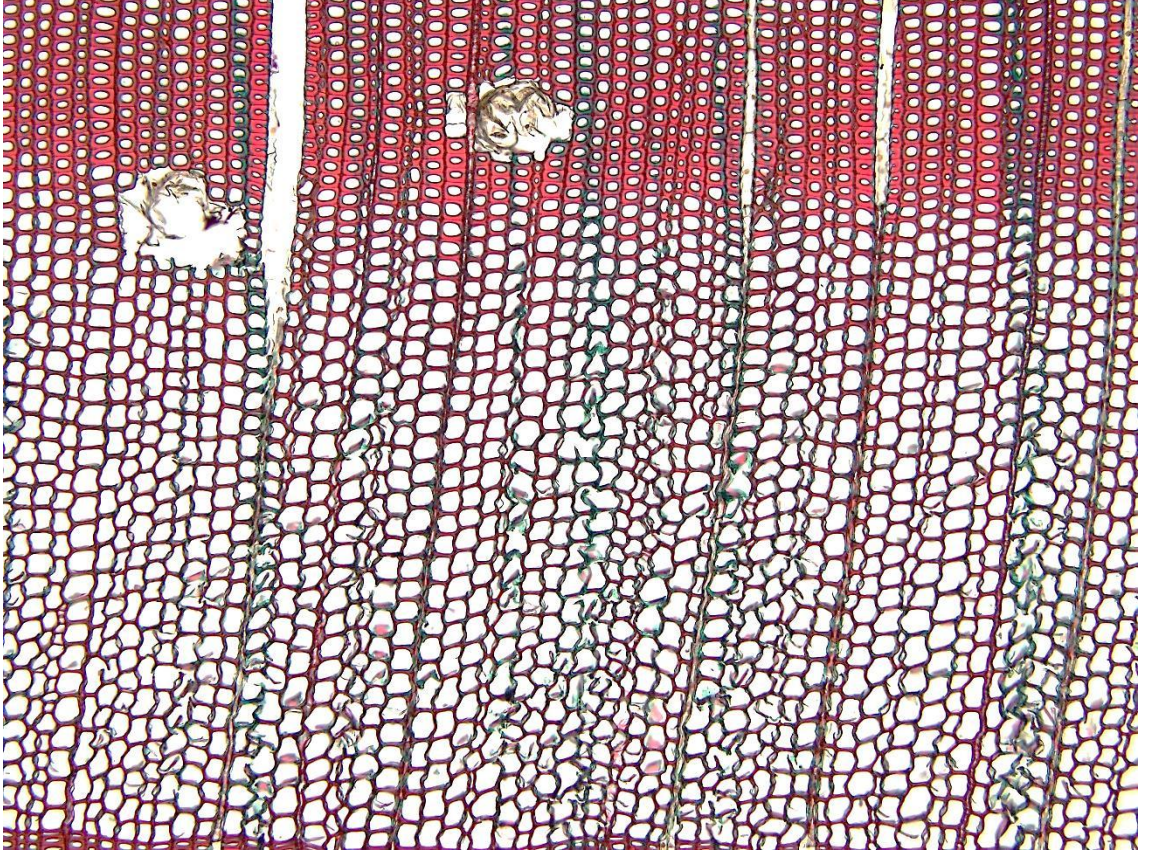
Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam diri odun iç kısım örnekleri;



Şekil 4.26: Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam diri odun iç kısım örneği; a) daha dar yıllık halka, b) daha geniş yıllık halka.

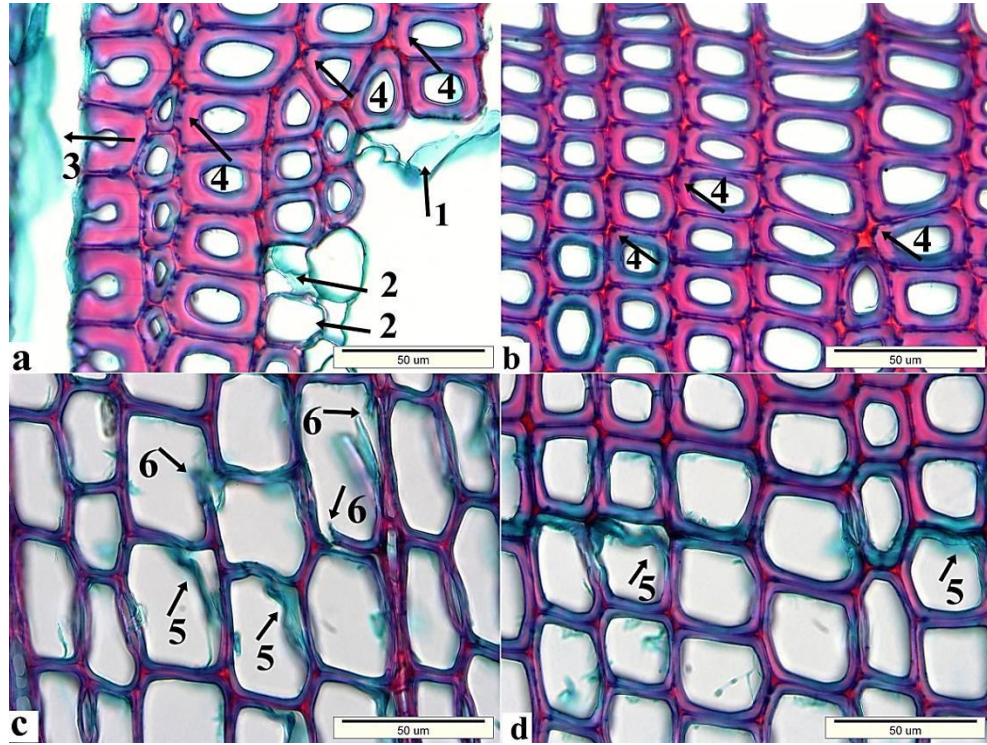


Şekil 4.27: Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam diri odun iç kısım örneği; a-c-d) ilkbahar odunu tabakası boyunca boyuna traheid hücre çeper tabakalarında ayrılımlar ve parçalanmalar (1 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde teğet yönde genişlemeler (2 no.lu oklar), b) yaz odunu tabakası boyunca reçine kanalı yakınındaki boyuna traheid hücre çeperlerinde parçalanmalar(3 no.lu oklar).

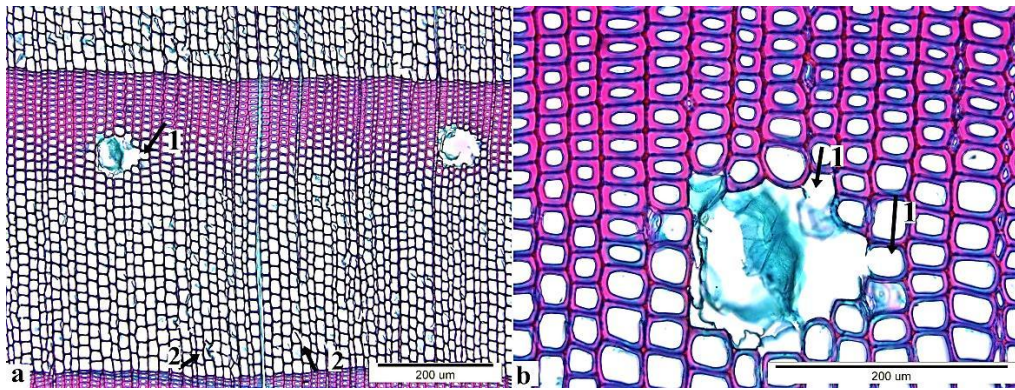


Şekil 4.28: Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam diri odun iç kısım örneği; yıllık halka düzleminde kayma.

Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam diri odun dış kısım örnekleri;

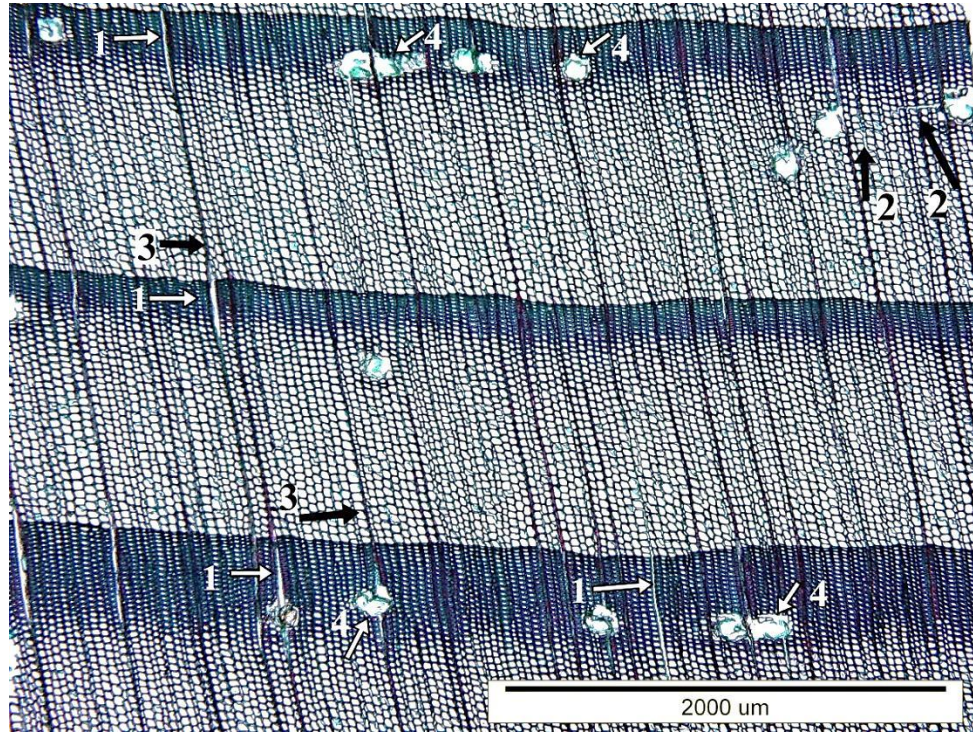


Şekil 4.29: Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam diri odun dış kısım örneği; c-d) ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeper tabakalarında ayrılmalar (5 no.lu oklar) ve kopmalar (6 no.lu oklar), a) yaz odunu tabakasında boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücre çeperlerinde parçalanmalar (1 no.lu oklar), bu kanalların yakınındaki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler (2 no.lu oklar), öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar (3 no.lu oklar), a-b) yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinin dış tabakalarında bozunmalar (4 no.lu oklar).

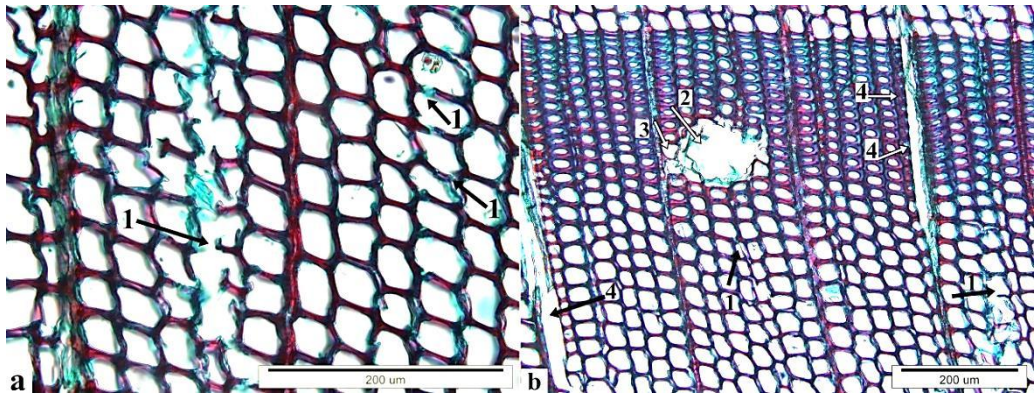


Şekil 4.30: Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam diri odun örneği dış kısım örneği; a) ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde bozunmalar (2 no.lu oklar), b) yaz odunu tabakasında boyuna reçine kanalı çevresinde bulunan boyuna traheid hücre çeperlerinde parçalanmalar (1 no.lu oklar).

Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam diri odun dış kısım;

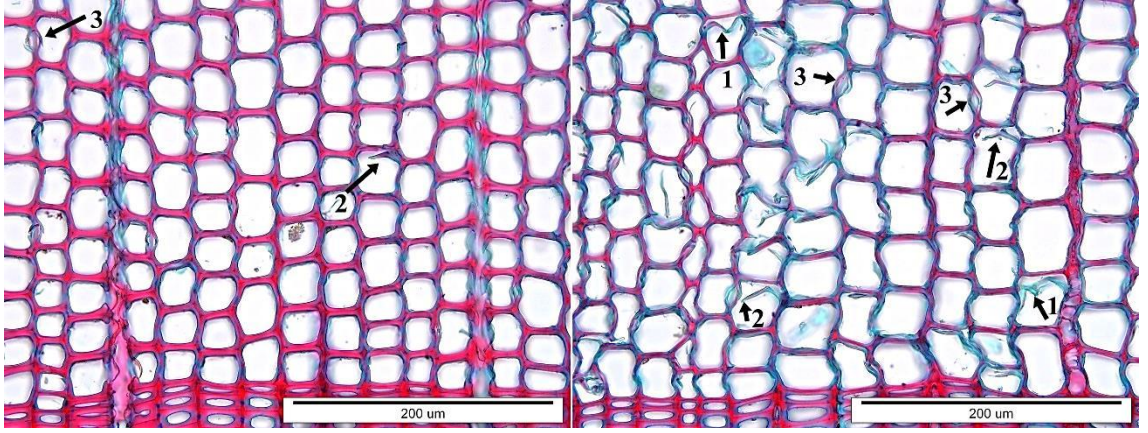


Şekil 4.31: Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam diri odun dış kısım örneği; yaz odunu tabakasında öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar (1 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheidlerinde orta lamelden ayrılmalar sonucu düzensiz ilerleyen çatlaklar (2 no.lu oklar), boyuna reçine kanalları çevresinde parçalanmış traheid çeperleri (4 no.lu oklar), öz ışınlarının radyal yönde uzanışında meydana gelen değişiklikle belirgin hale gelen yıllık halka düzleminde kayma (3 no.lu oklar).

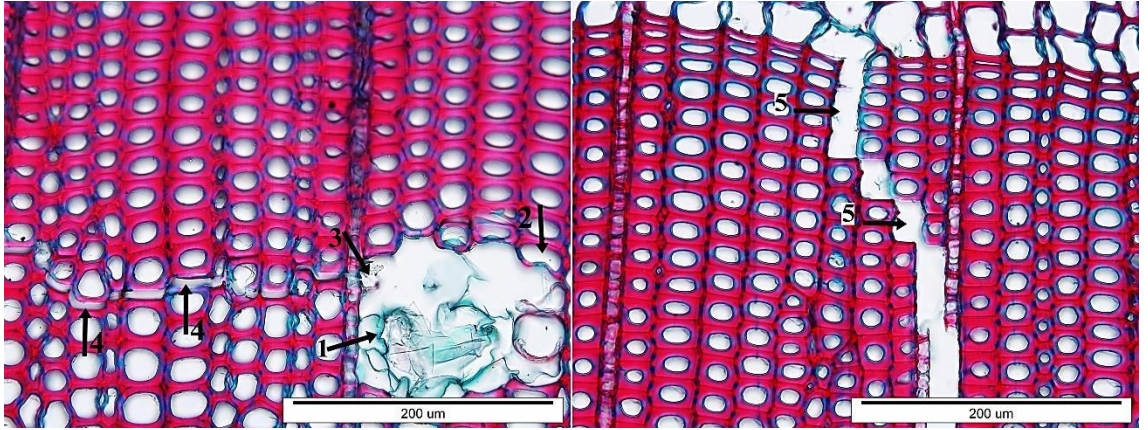


Şekil 4.32: Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam diri odun dış kısım örneği; a-b) ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde kopmalar (1 no.lu oklar), boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücrelerinde parçalanmalar (2 no.lu ok), bu kanalların yakınındaki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler (3 no.lu ok), öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar (4 no.lu oklar).

Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam öz odun iç kısım örnekleri,

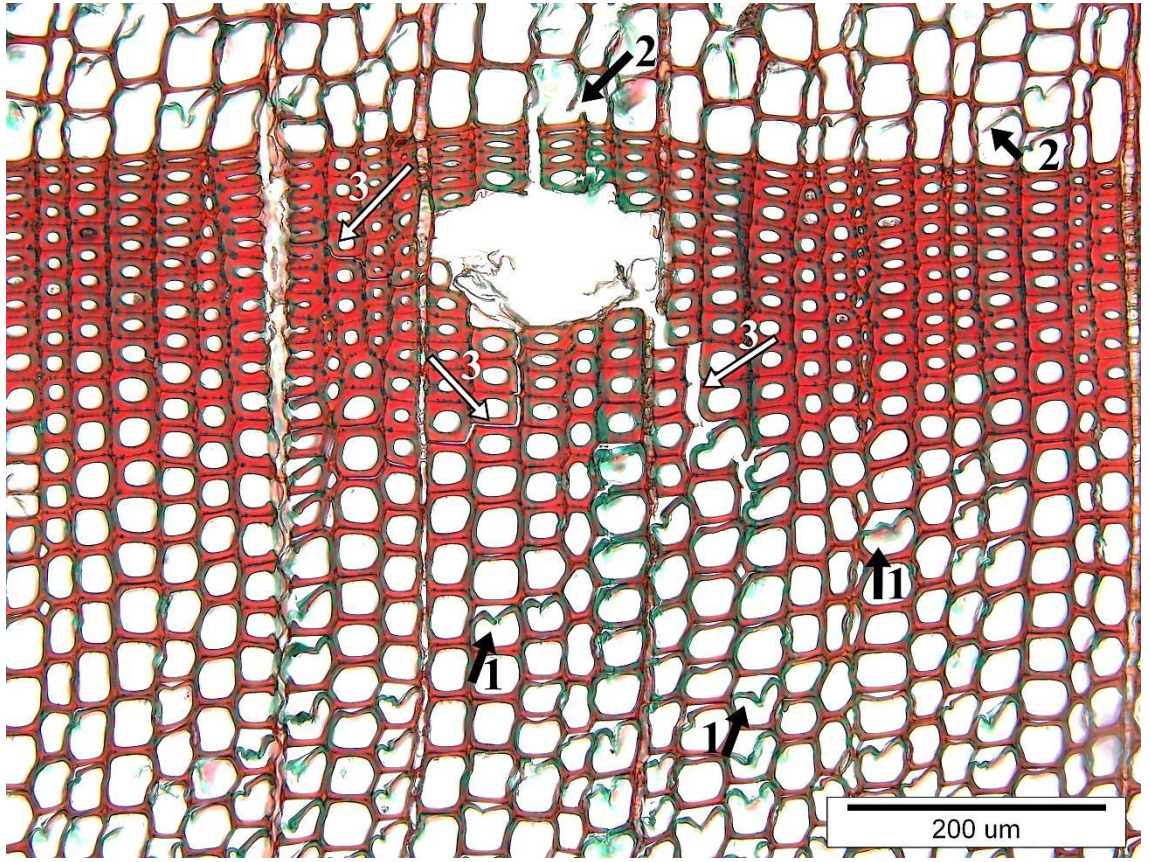


Şekil 4.33: Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam öz odun iç kısım örneği; ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar) ve kopmalar (2 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde teğet yönde genişlemeler (3 no.lu oklar).

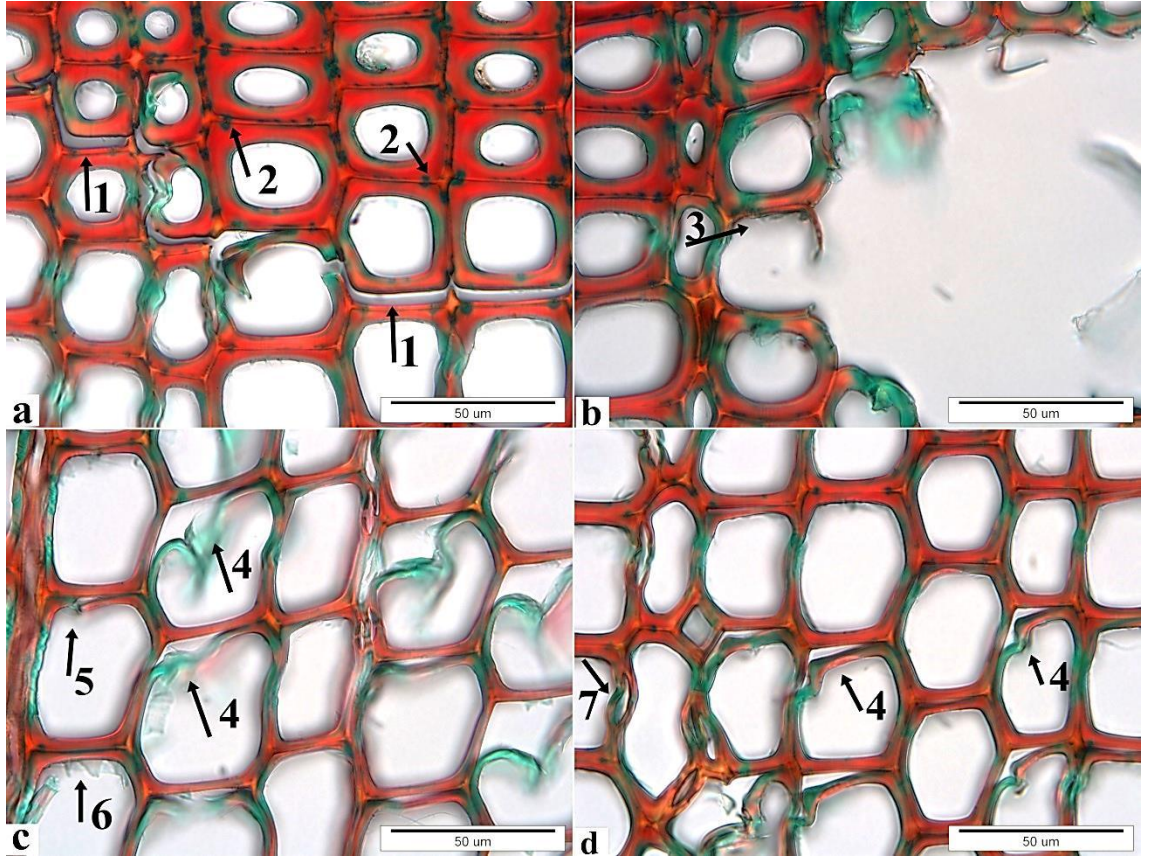


Şekil 4.34: Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam öz odun iç kısım örneği; yaz odunu tabakasında boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücre çeperlerinde parçalanmalar (1 no.lu oklar), bu kanalların yakınındaki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler (2 no.lu oklar) ve parçalanmalar (3 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücrelerinde orta lamelden ayrılmalar sonucu teğet yönde (4 no.lu oklar) ve radyal yönde (5 no.lu oklar) ilerleyen çatlaklar.

Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam öz odun iç kısım örnekleri,

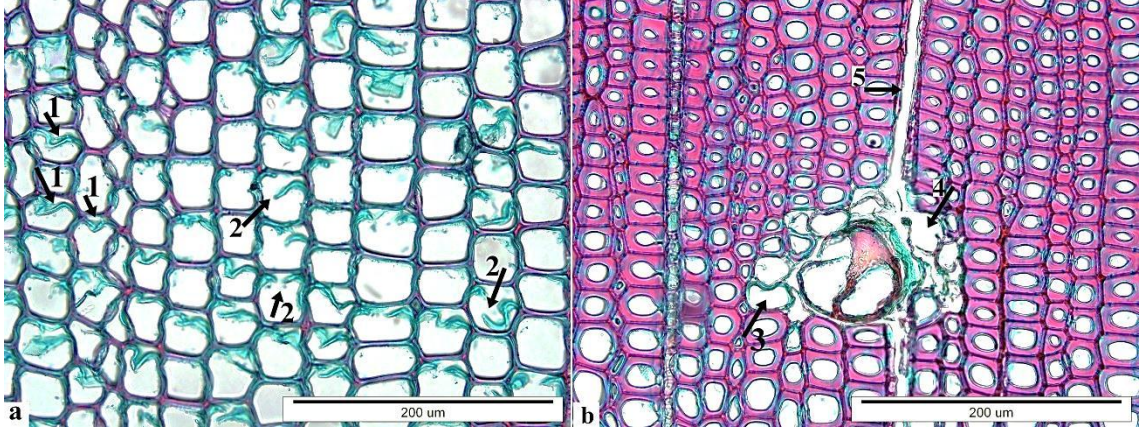


Şekil 4.35: Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam öz odun iç kısım örneği; ilkbahar odunu boyuna traheidlerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar) ve kopmalar (2 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheidlerinde orta lameden ayrılmalar sonucu düzensiz ilerleyen çatlaklar (3 no.lu oklar).

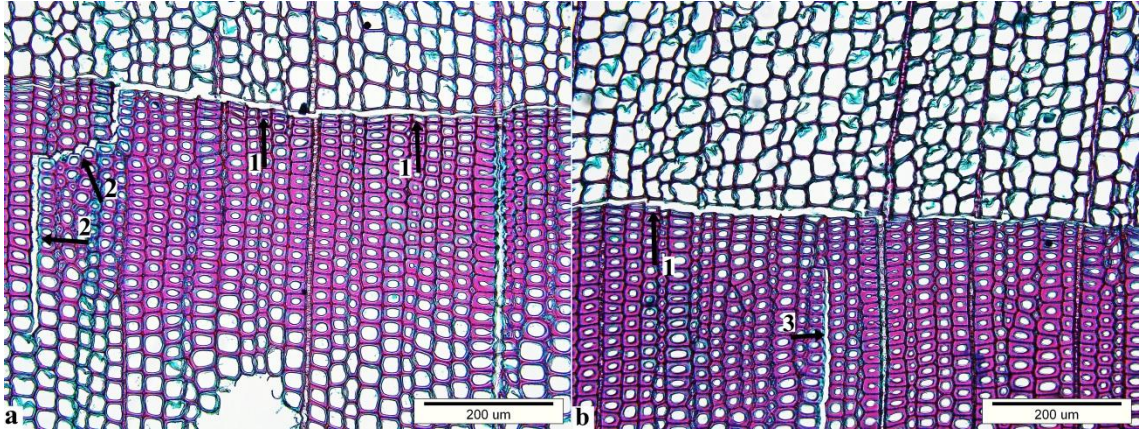


Şekil 4.36: Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam öz odun iç kısım örneği; a-b) yaz odunu tabakası; yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinin orta lamelden ayrılmaları sonucu odun yapısında düzensiz yönde ilerleyen çatlaklar (1 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinin dış tabakalarında bozunmalar (2 no.lu oklar), boyuna reçine kanallarının yakınındaki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler (3 no.lu oklar) c-d) ilkbahar odunu tabakası; ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (4 no.lu oklar), hücre çeperlerinde kopmalar (5 no.lu ok), sekonder çeperin lümen tarafında bozunmalar (6 no.lu ok), kenarlı geçitlerde teğet yönde genişlemeler (7 no.lu ok).

Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam öz odun dış kısım örnekleri;

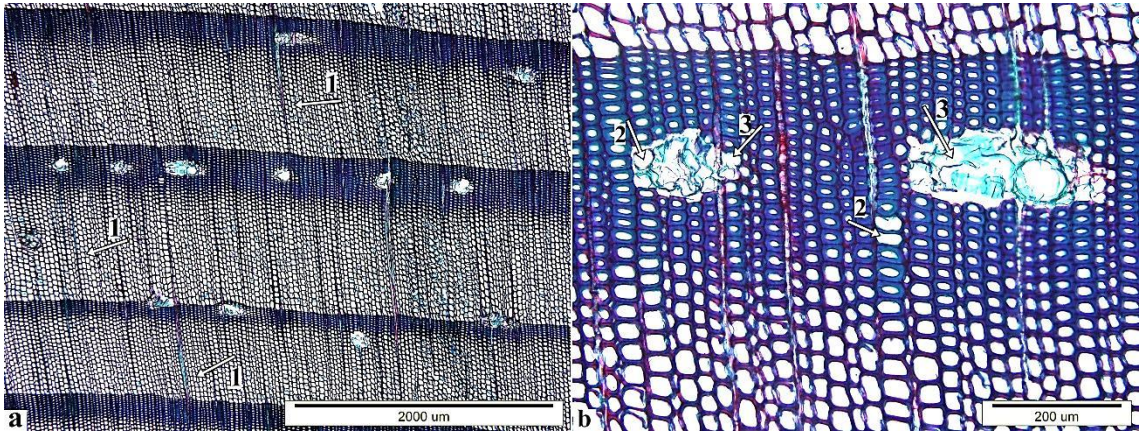


Şekil 4.37: Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam öz odun dış kısım örneği; a) ilkbahar odunu tabakası boyunca boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamleden ayrılmalar (1 no.lu oklar) ve kopmalar (2 no.lu oklar), b) yaz odunu tabakası, boyuna reçine kanalları yakınındaki yaz odunu traheid hücre çeperlerinde incelmeye (3 no.lu ok) ve parçalanmalar (4 no.lu ok), boyuna reçine kanalı ile temas eden öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar sonucu radyal çatlaklar (5 no.lu ok).

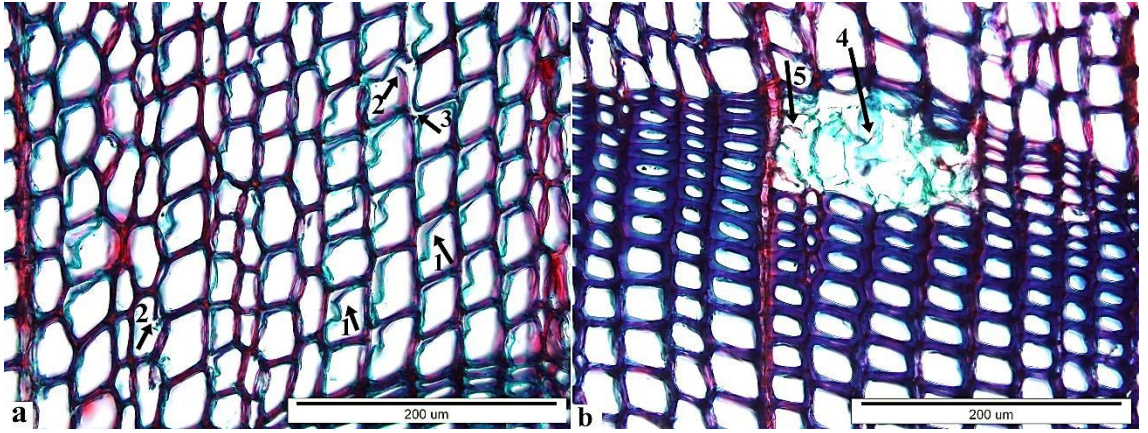


Şekil 4.38: Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam öz odun dış kısım örneği; yıllık halka sınırı boyunca teğet yönde uzanan çatlaklar (1 no.lu oklar), yaz odunu tabakasında boyuna traheid hücre çeperlerinin orta lamleden ayrılmaları sonucunda oluşan düzensiz çatlaklar (2 no.lu oklar) ve radyal yönde (3 no.lu ok) ilerleyen çatlaklar.

Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam öz odun dış kısım örnekleri,



Şekil 4.39: Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam öz odun dış kısım örneği; a) yıllık halka düzleminde kaymalar (1 no.lu oklar), b) yaz odunu tabakasında boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücre çeperlerinde parçalanmalar (3 no.lu oklar), bu kanalların yakınındaki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler (2 no.lu oklar).



Şekil 4.40: Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam öz odun dış kısım örneği; a) ilkbahar odunu tabakasında boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar) ve kopmalar (2 no.lu oklar), b) yaz odunu tabakasında boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücre çeperlerinde (4 no.lu ok) ve bu kanalların yakınındaki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde (5 no.lu ok) parçalanmalar.

İthal sarıçam örneklerinin yıllık halka genişlik ölçümleri sırasında Thermo-S ve Thermo-D uygulamaları için seçilen iki grup kerestede birer adet örneğin çok daha dar yıllık halka genişliği ve yaz odunu tabakasına sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu sebeple mikroskopik yorumlamalar sırasında yıllık halka genişlikleri dikkate alınmıştır.

İthal sarıçam örneklerinin iç ve dış yüzeylerinden elde edilen mikroskopik kesitler incelendiğinde, tüm örneklerde ilkbahar odunu tabakasında bulunan boyuna traheid hücre çeperlerinde bozunmalar (Şekil 4.51, Şekil 4.63, Şekil 4.65, Şekil 4.69, Şekil 4.70, Şekil 4.76, Şekil 4.77, Şekil 4.82, Şekil 4.83, Şekil 4.85) sonucu orta lamelden ayrılma (Şekil 4.42, Şekil 4.43, Şekil 4.47, Şekil 4.52, Şekil 4.53, Şekil 4.59, Şekil 4.62, Şekil 4.63, Şekil 4.64, Şekil 4.65, Şekil 4.69, Şekil 4.70, Şekil 4.76, Şekil 4.77, Şekil 4.79, Şekil 4.83, Şekil 4.85) ve parçalanmalar (Şekil 4.42, Şekil 4.43, Şekil 4.53, Şekil 4.54, Şekil 4.63, Şekil 4.65, Şekil 4.69, Şekil 4.70, Şekil 4.80) görülürken dar yıllık halkalı ve dar yaz odunu tabakası bulunan Thermo-D kontrol örneklerinde ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde kopmalar (Şekil 4.42, Şekil 4.43, Şekil 4.47, Şekil 4.52, Şekil 4.54, Şekil 4.58, Şekil 4.59, Şekil 4.60, Şekil 4.69, Şekil 4.70, Şekil 4.76) gözlenmiştir. Ayrıca boyuna traheid çeperleri üzerindeki kenarlı geçitlerde bozunmalar (Şekil 4.47, Şekil 4.59, Şekil 4.60, Şekil 4.77, Şekil 4.82, Şekil 4.83) ve teğet yönde gözlenen genişlemeler (Şekil 4.42, Şekil 4.47, Şekil 4.54, Şekil 4.60, Şekil 4.64, Şekil 4.65, Şekil 4.69, Şekil 4.70, Şekil 4.79, Şekil 4.82, Şekil 4.85) sonucu Thermo-D kontrol örneklerinde hücre çeperlerinde parçalanmalar tespit edilirken, Thermo-S kontrol örneklerinde traheid çeperlerinin doğal şekillerini koruduğu belirlenmiştir. Thermo-S iç kısım kontrol ve Thermo-S uygulanmış örneklerde ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde parçalanmalar sonucu yıllık halka sınırında ilerleyen çatlak oluşumu gözlenmiştir (Şekil 4.63, Şekil 4.64, Şekil 4.68, Şekil 4.74).

Tüm örneklerde ilkbahar odunundan yaz odununa geçiş zonunda boyuna traheid hücre çeperlerinde meydana gelen bozunmalar sonucu traheid çeperlerinde ayrılmalar (Şekil 4.49, Şekil 4.50, Şekil 4.55, Şekil 4.61 Şekil 4.71, Şekil 4.78, Şekil 4.80, Şekil 4.81, Şekil 4.82, Şekil 4.83) gözlenmiştir.

Yaz odunu tabakası boyunca boyuna traheid hücreleri incelendiğinde; tüm örneklerde hücre çeperlerinin lümen tarafında (Şekil 4.44, Şekil 4.49, Şekil 4.56, Şekil 4.60,

Şekil 4.61, Şekil 4.66, Şekil 4.67, Şekil 4.71, Şekil 4.72, Şekil 4.73, Şekil 4.79), sekonder çeperin orta lamele yakın kısımlarında (Şekil 4.44, Şekil 4.55, Şekil 4.56, Şekil 4.60, Şekil 4.61, Şekil 4.66, Şekil 4.67, Şekil 4.71, Şekil 4.72, Şekil 4.73, Şekil 4.76, Şekil 4.84, Şekil 4.85) ve bileşik orta lameller üzerinde (Şekil 4.55, Şekil 4.82, Şekil 4.83) bozunmalara rastlanılmıştır. Ayrıca işlem sıcaklığı arttıkça şiddetlenen lümeden orta lamele doğru ilerleyen ince çatlaklar (Şekil 4.44, Şekil 4.48, Şekil 4.54, Şekil 4.71, Şekil 4.72, Şekil 4.82, Şekil 4.84, Şekil 4.85) ve Thermo-S kontrol iç kısım, Thermo-S iç kısım, Thermo-D kontrol iç ve dış kısımlar ile Thermo-D dış kısım örneklerinde yaz odunu boyuna traheid çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (Şekil 4.49, Şekil 4.55, Şekil 4.56, Şekil 4.67, Şekil 4.68, Şekil 4.79, Şekil 4.81) tespit edilmiştir. Thermo-S kontrol ve Thermo-D kontrol örneklerinin iç kısımlarında yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde inceme ve gevşemeler (Şekil 4.66, Şekil 4.67, Şekil 4.76) belirlenmiştir.

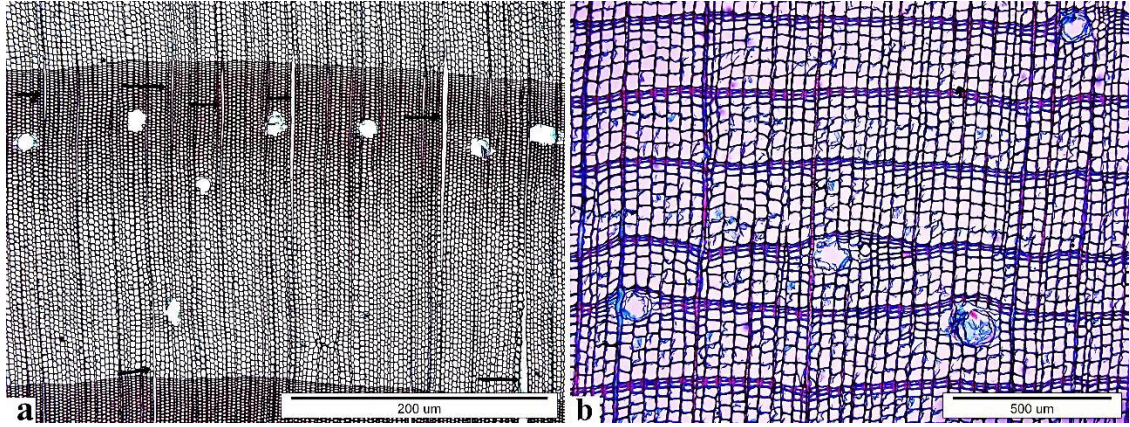
Boyuna reçine kanallarını çevreleyen ince çeperli epitel hücrelerinde parçalanmalar (Şekil 4.45, Şekil 4.46, Şekil 4.49, Şekil 4.77, Şekil 4.80) görülürken; dar yıllık halkalı ve dar yaz odunu tabakasına sahip kontrol örneklerinde nispeten sağlam epitel hücre çeperleri ile çevrelenmiş boyuna reçine kanallarına rastlanılmıştır (Şekil 4.52). Bu kanalların etrafında bulunan yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde inceme (Şekil 4.45, Şekil 4.49, Şekil 4.51, Şekil 4.52 Şekil 4.54, Şekil 4.61, Şekil 4.63, Şekil 4.67, Şekil 4.72, Şekil 4.73, Şekil 4.76, Şekil 4.77, Şekil 4.78, Şekil 4.79, Şekil 4.80, Şekil 4.84, Şekil 4.85) ve parçalanmalar (Şekil 4.45, Şekil 4.50, Şekil 4.63, Şekil 4.67, Şekil 4.72, Şekil 4.73, Şekil 4.77, Şekil 4.80, Şekil 4.85) olduğu görülmüştür.

Öz ışınlarının yapısı incelendiğinde daha geniş yıllık halka genişliğine sahip örneklerde bazı öz ışınlarında teğet yönde ayrılmaların olduğu (Şekil 4.41a, Şekil 4.51, Şekil 4.58, Şekil 4.62a, Şekil 4.68a-c, Şekil 4.74, Şekil 4.75a, Şekil 4.80, Şekil 4.85) ve bu ayrılmaların genel olarak bir öz ışını boyunca yaz odunu tabakalarında gerçekleştiği görülmüştür. Daha dar yıllık halkalı ve dar yaz odunu tabakasına sahip kontrol örneğinde ise öz ışınlarında bu tarz ayrılmalar gözlenmemiştir (Şekil 4.41b, Şekil 4.62b, Şekil 4.68b, Şekil 4.75b).

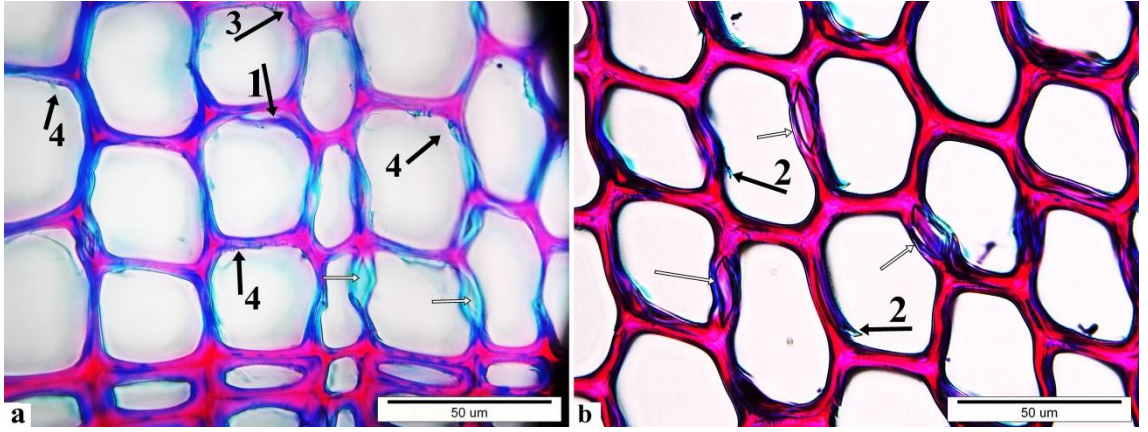
Thermo-S dış kısım dar yıllık halkalı ve dar yaz odunu tabakasına sahip olan örnekte (Şekil 4.46) ve Thermo-D dış kısım örneğinde (Şekil 4.57) yıllık halka düzleminden kaymalar olduğu gözlenmiştir.

Dış ve iç kısım Thermo-D kontrol ve Thermo-D örnekleri ile iç kısım Thermo-S kontrol ve Thermo-S örneklerinin yaz odunu tabakasında orta lamellerinden ayrılan boyuna traheid hücreleri mikroskopik yapıda düzensiz ilerleyen çatlakların oluşumuna sebep olduğu (Şekil 4.56, Şekil 4.57, Şekil 4.62, Şekil 4.68, Şekil 4.79, Şekil 4.81) ve öz ışınları ile boyuna reçine kanallarının karşılaştığı alanlarda radyal yönde çatlakların oluştuğu (Şekil 4.45, Şekil 4.51, Şekil 4.74) görülmüştür.

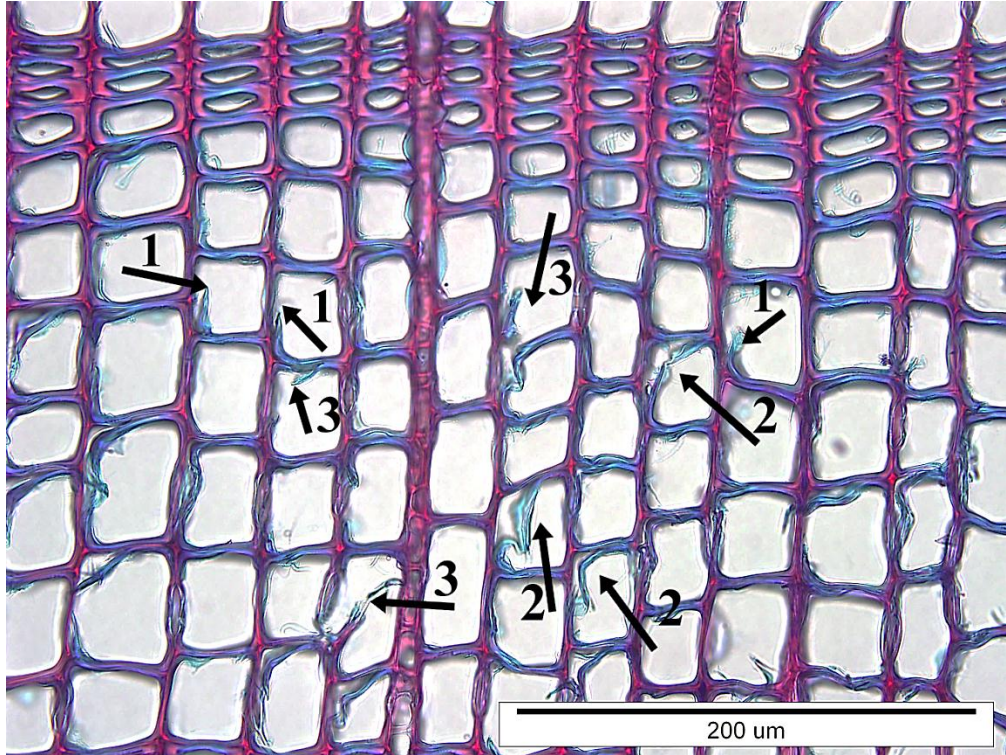
Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-S kontrol örnekleri dış kısım;



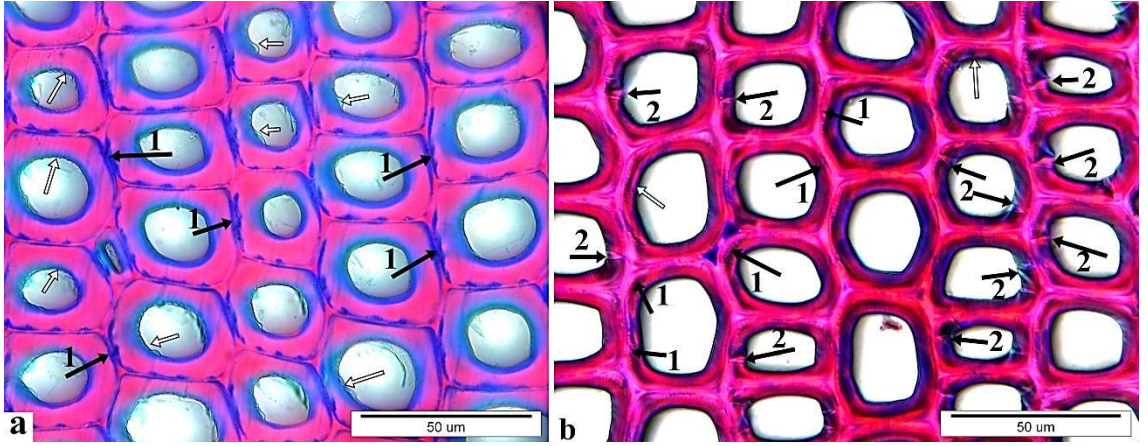
Şekil 4.41: İthal sarıçam Thermo-S kontrol örnekleri dış kısım; a) daha geniş yıllık halkaya sahip kontrol örneğinde öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar (oklar), b) dar yıllık halkaya sahip kontrol örneğinde teğet yönde ayrılmaların görülmediği öz ışınları.



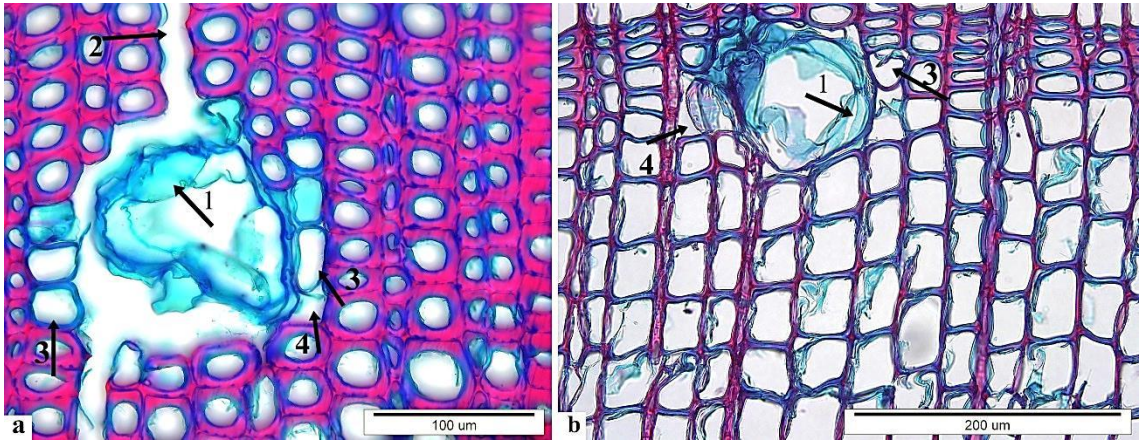
Şekil 4.42: İthal sarıçam Thermo-S kontrol örnekleri dış kısım; daha geniş yıllık halkaya sahip kontrol örneklerinde ilkbahar odunu tabakası, a) ilkbahar odunu boyuna traheidlerinde orta lamelden ayrılma (1 no.lu ok), traheid hücre çeperlerinde parçalanmalar (3 no.lu ok), traheid hücre çeperlerinin lümen tarafında bozunmalar (4 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde teğet yönde genişlemeler (beyaz oklar), b) ilkbahar odunu traheid hücre çeperlerinde kopmalar (2 no.lu oklar).



Şekil 4.43: İthal sarıçam Thermo-S kontrol örnekleri dış kısım; dar yıllık halkaya sahip kontrol örneği ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde kopmalar (1 no.lu oklar), orta lamelden ayrılmalar (2 no.lu oklar) ve parçalanmalar (3 no.lu oklar).

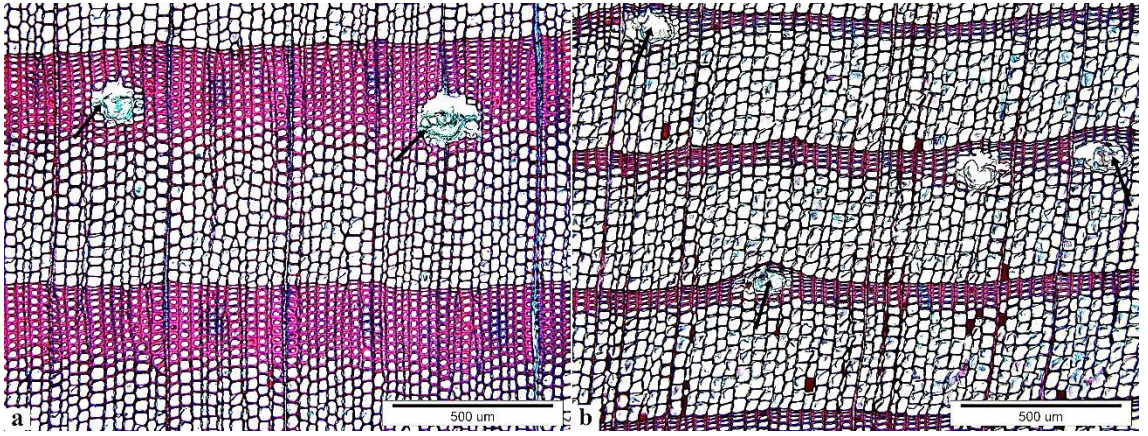


Şekil 4.44: İthal sarıçam Thermo-S kontrol örnekleri dış kısım; daha geniş yıllık halkaya sahip kontrol örneklerinde yaz odunu tabakası, a) yaz odunu boyuna traheid hücrelerinin lümen tarafındaki çeperlerinde (beyaz oklar) ve orta lamel tarafında (1 no.lu oklar) bozunmalar; b) yaz odunu boyuna traheid çeperlerinde lümeden orta lamele doğru ilerleyen ince çatlaklar (2 no.lu oklar).

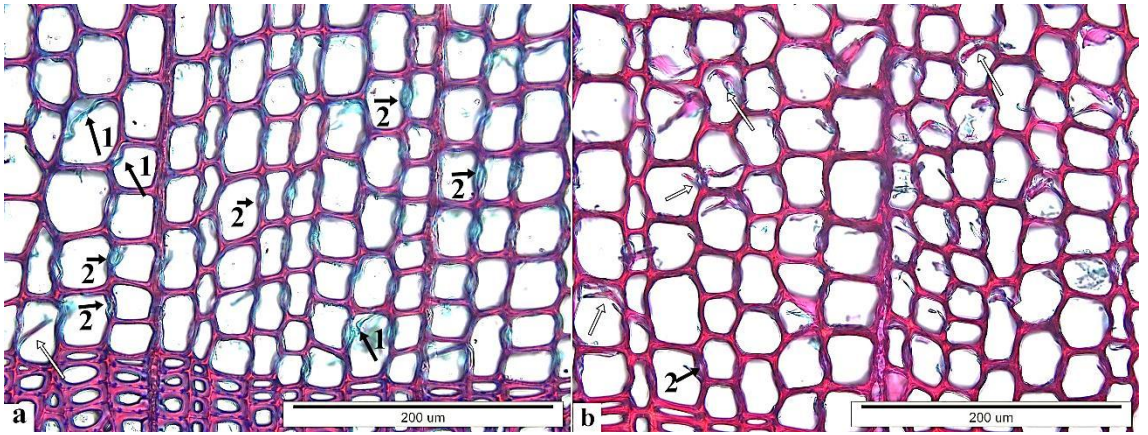


Şekil 4.45: İthal sarıçam Thermo-S kontrol örnekleri dış kısım; a) Daha geniş yıllık halkaya sahip kontrol örneklerinde boyuna reçine kanalını çevreleyen epitel hücrelerinde parçalanmalar (1 no.lu oklar), reçine kanalı çevresindeki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler (3 no.lu oklar) ve parçalanmalar (4 no.lu ok), boyuna reçine kanalı çevresinde yaz odunu traheid hücrelerinin orta lamellerinden ayrılmaları sonucu oluşan radyal çatlaklar (2 no.lu ok); b) daha dar yıllık halkalı kontrol örneklerinde boyuna reçine kanalını çevreleyen epitel hücrelerinde parçalanmalar (1 no.lu ok) ve reçine kanalı çevresindeki boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler (3 no.lu ok) ve parçalanmalar (4 no.lu ok).

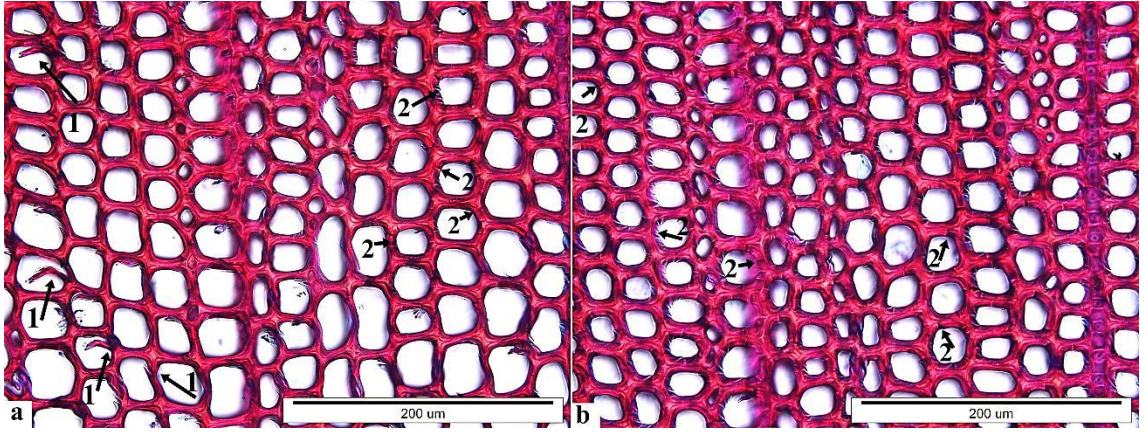
Thermo-S uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri;



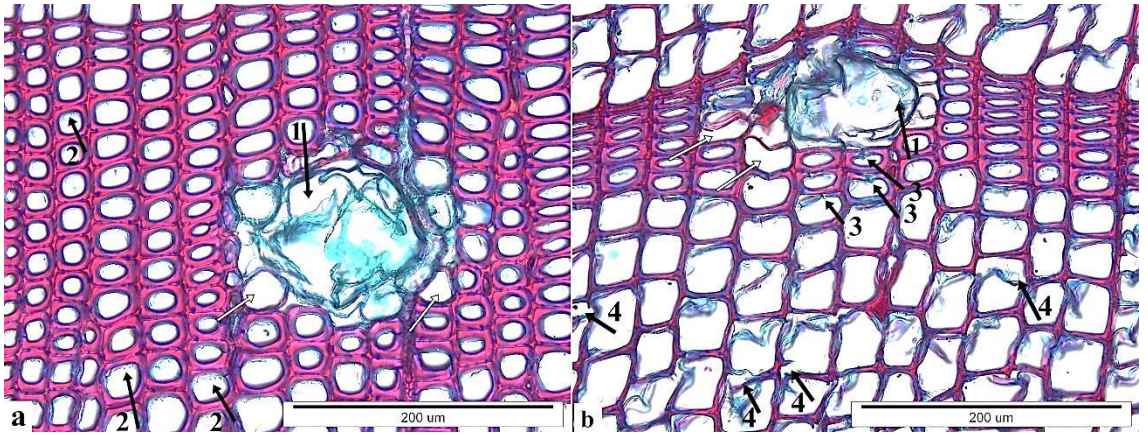
Şekil 4.46: İthal sarıçam Thermo-S dış kısım; örneklerinde boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücrelerinde parçalanma (siyah oklar); a) dar yıllık halkalı daha geniş yaz odunu tabakasına sahip Thermo-S örneğinde doğrusal yıllık halka düzlemi; b) daha dar yıllık halka genişliği ve daha dar yaz odunu tabakasına sahip Thermo-S örneğinde yıllık halka düzleminde kayma.



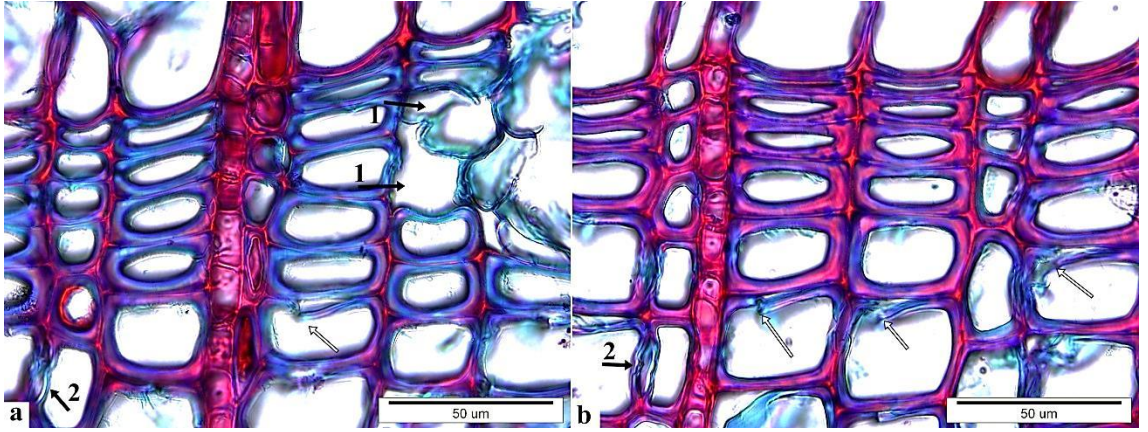
Şekil 4.47: İthal sarıçam Thermo-S dış kısım; daha geniş yıllık halkalı örneklerde, a-b) ilkbahar odunu traheid çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar), hücre çeper tabakalarında kopmalar (içi boş oklar), kenarlı geçitlerde teğet yönde genişlemeler ve bozunmalar.



Şekil 4.48: İthal sarıçam Thermo-S dış kısım; a) ilkbahar odunu tabakasından yaz odunu tabakasına geçiş bölgesinde traheid çeperlerinde kopmalar (1 no.lu oklar), b) yaz odunu tabakasındaki traheid hücre çeperlerinde lümeninden orta lamele doğru ilerleyen ince çatlaklar.

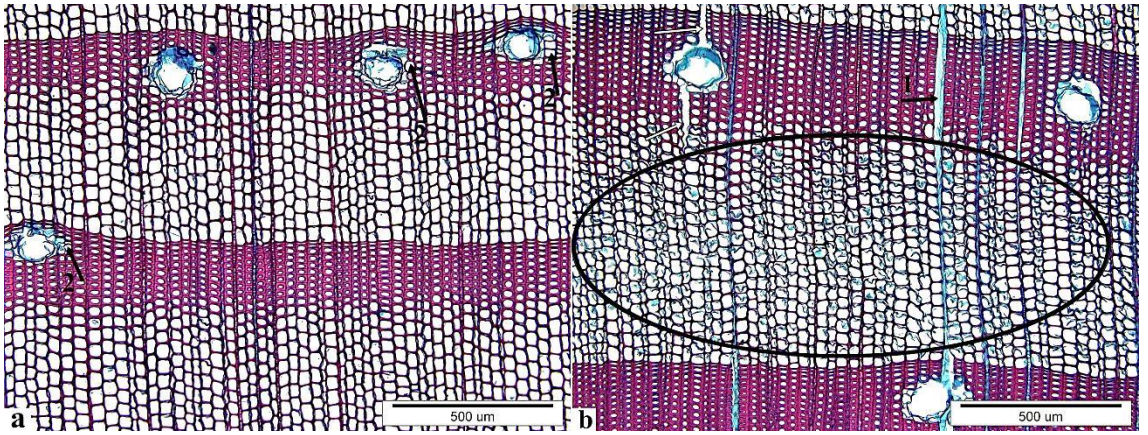


Şekil 4.49: İthal sarıçam Thermo-S dış kısım; a) daha geniş yıllık halkalı örnekte boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücrelerinde parçalanmalar (1 no.lu oklar), bu kanalların çevresinde bulunan boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler (içi boş oklar), sekonder çeperin lümen tarafında bozunmalar; b) daha dar yıllık halkalı örnekte; boyuna reçine kanalı çevresinde ve ani geçiş zonunda bulunan yaz odunu traheid çeperlerinde kopmalar (3 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheid çeperlerinde oluşan bozunmalara bağlı olarak orta lamelden ayrılmalara (4 no.lu oklar).

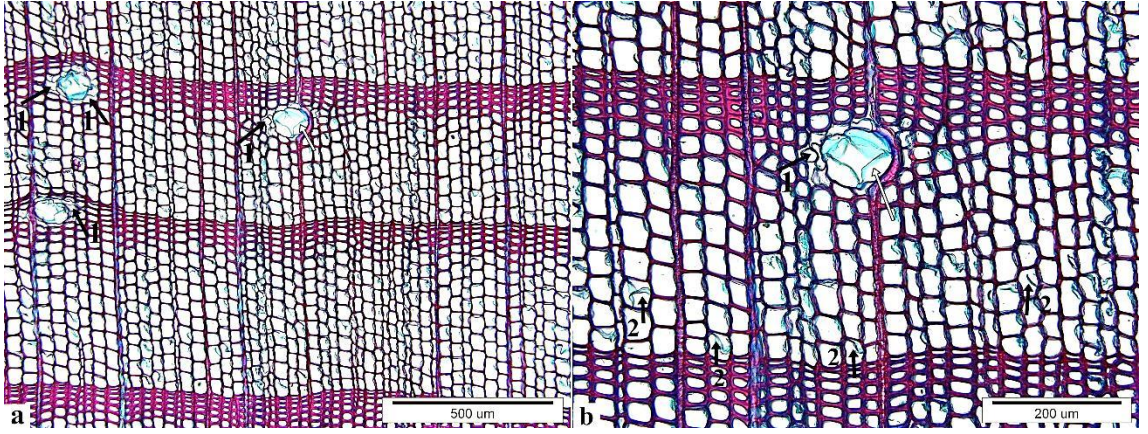


Şekil 4.50: İthal sarıçam Thermo-S dış kısım; dar yıllık halkalı örnekte boyuna reçine kanalı etrafındaki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde parçalanma (1 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde teğet yönde genişleme (2 no.lu oklar), ilkbahar odunundan yaz odununa geçiş zonunda traheid çeperlerinde kopmalar (beyaz oklar).

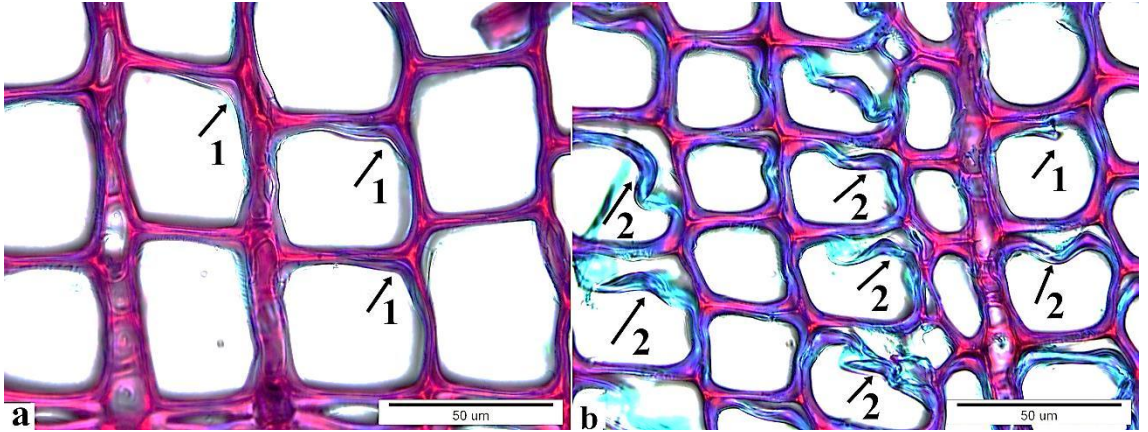
Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-D kontrol örnekleri dış kısım;



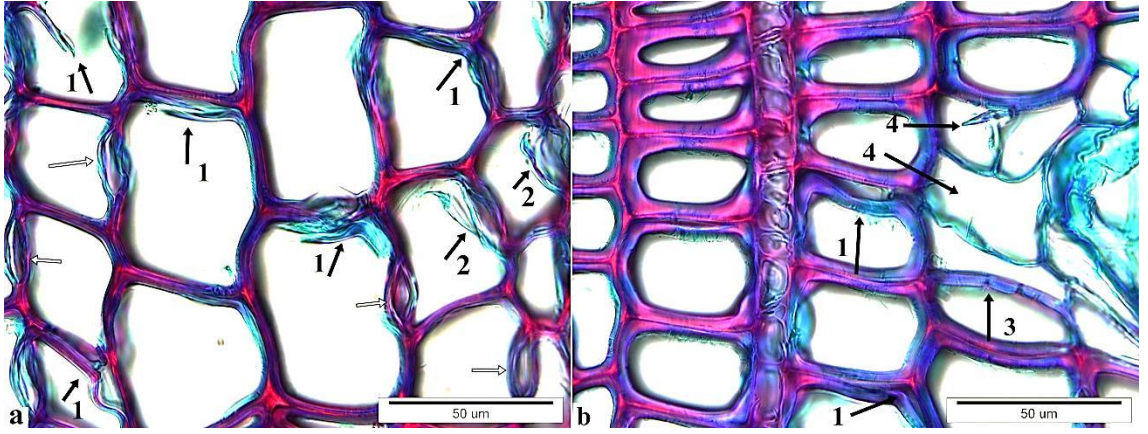
Şekil 4.51: İthal sarıçam Thermo-D kontrol örnekleri dış kısım; daha geniş yıllık halkaya sahip örneklerde, a) boyuna reçine kanalları çevresindeki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler (2 no.lu oklar), b) öz ışınlarında yaz odunu tabakası boyunca teğet yönde ayrılmalar (beyaz oklar ve 1 no.lu ok), öz ışınlarının boyuna reçine kanalı ile karşılaştığı alanda radyal çatlaklar (beyaz oklar), ilkbahar odunu tabakası boyunca boyuna traheid hücre çeperlerinde bozunmalar (siyah daire).



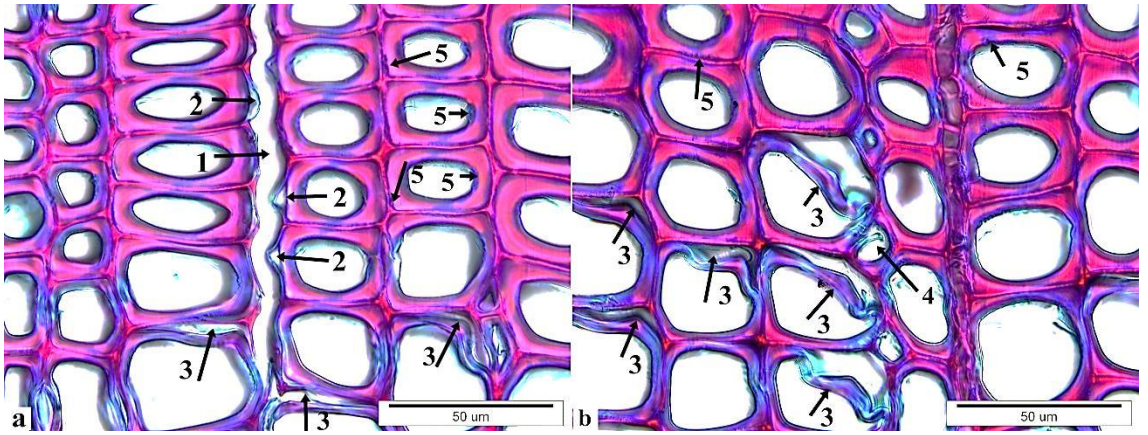
Şekil 4.52: İthal sarıçam Thermo-D kontrol örnekleri dış kısım; daha dar yıllık halkalı örneklerde a-b)boyuna reçine kanalları çevreleyen nispeten sağlam epitel hücre çeperleri (içi boş oklar), reçine kanalları çevresindeki traheid hücre çeperlerinde incelmeler (1 no.lu oklar), b) ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılma ve kopmalar (2 no.lu oklar).



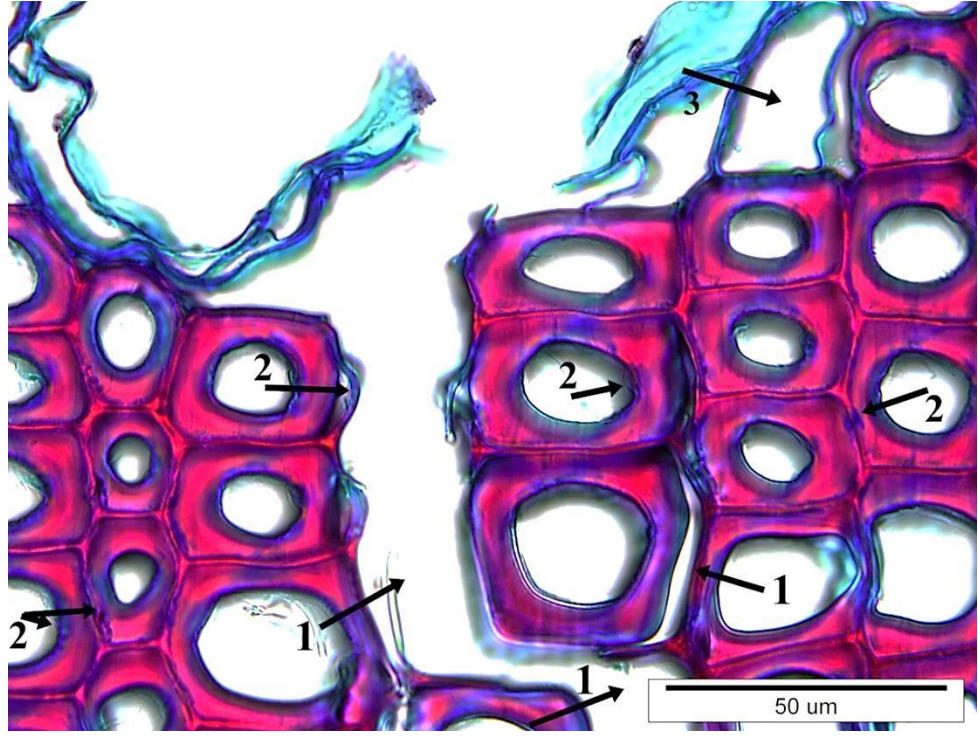
Şekil 4.53: İthal sarıçam Thermo-D kontrol örnekleri dış kısım; daha geniş yıllık halka genişliğine sahip örneklerde ilkbahar odunu tabakası, a) ilkbahar odunu traheid hücre çeperlerinde ayrılma başlangıcı (1 no.lu oklar); b) ilkbahar odunu traheid hücre çeperlerinde bozunmalar sonucu hücrelerde ayrılmalar ve parçalanmalar (2 no.lu oklar).



Şekil 4.54: İthal sarıçam Thermo-D kontrol örnekleri dış kısım; daha dar yıllık halka genişliğine sahip örneklerde, a) ilkbahar odunu tabakası, ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde kopmalar (1 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde teğet yönde genişlemeler (beyaz oklar), kenarlı geçitlerde başlayan bozunmalar sonucu traheid çeperlerinde parçalanmalar (2 no.lu oklar); b) yaz odunu tabakası, boyuna reçine kanalı etrafındaki boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler ve lümenlerde genişlemeler (4 no.lu oklar), yaz odunu traheid çeperlerinde ince çatlaklar (3 no.lu ok).

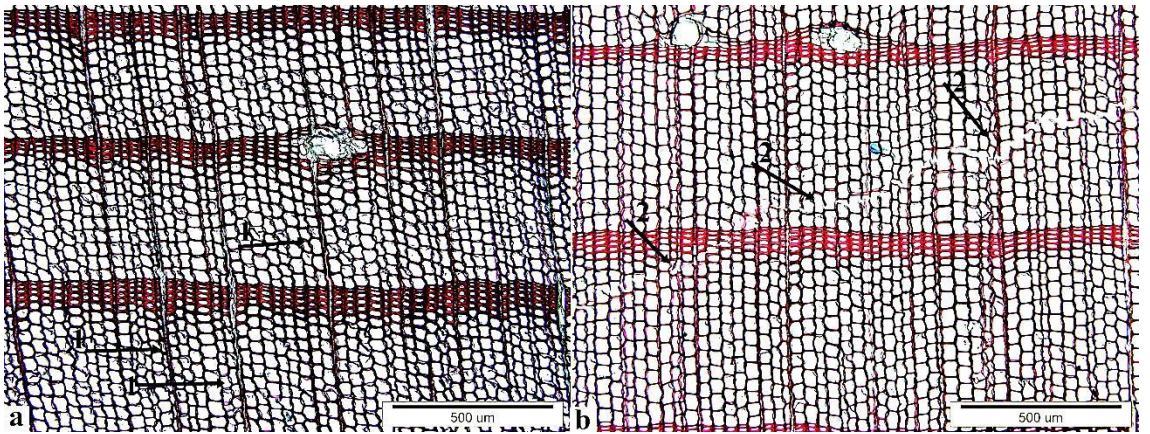


Şekil 4.55: İthal sarıçam Thermo-D kontrol örnekleri dış kısım; daha geniş yıllık halka genişliğine sahip örneklerde, a) orta lamellerinden ayrılan boyuna traheid hücre çeperlerinde kopmalar sonucu dikey çatlak oluşumu (1 no.lu ok), boyuna traheidlerde sekonder çeper ve bileşik orta lamelin birbirinden ayrılması (2 no.lu oklar), boyuna traheid hücre çeperlerinde ayrılmalar (3 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinin köşelerinde bozunmalar (5 no.lu oklar); b) ilkbahar odunu tabakasından yaz odunu tabakasına geçiş zonunda ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu oklar), sekonder çeperin orta lamele yakın kısımlarında bozunmalar (5 no.lu oklar), boyuna traheid hücre çeperinde kopmalar (4 no.lu oklar).

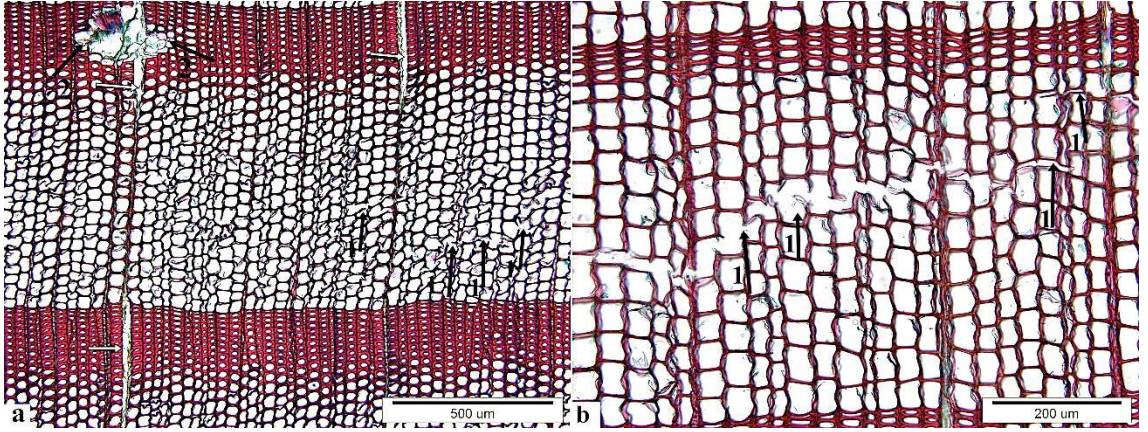


Şekil 4.56: İthal sarıçam Thermo-D kontrol örnekleri dış kısım; daha geniş yıllık halkalı örnekte yaz odunu tabakası, boyuna traheid hücrelerinin çeperlerinden birbirinden ayrılmaları sonucu düzensiz ilerleyen çatlaklar (1 no.lu oklar), sekonder çeperin orta lamele yakın kısımlarında ve lümen tarafında bozunmalar (2 no.lu oklar).

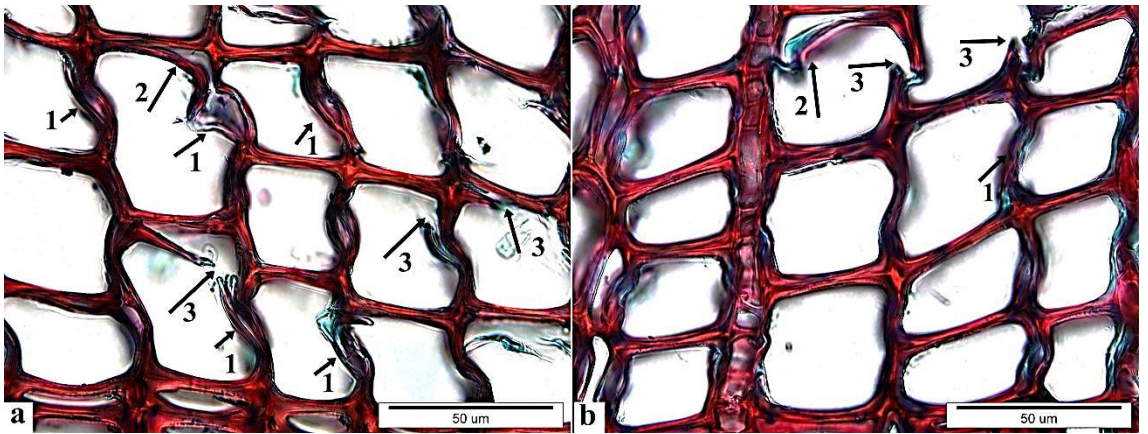
Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri;



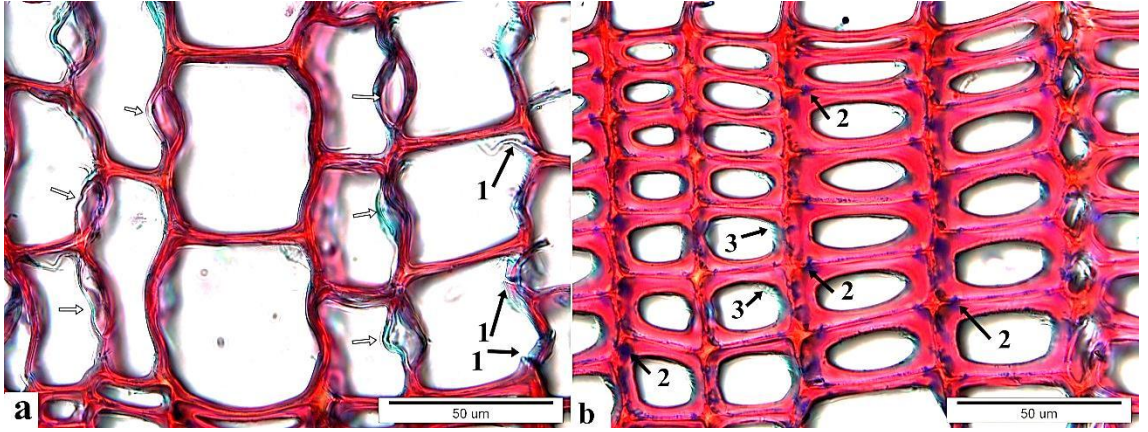
Şekil 4.57: İthal sarıçam Thermo-D dış kısım; a) yıllık halka düzleminde kaymalar (1 no.lu oklar), b) traheid çeperlerinde kopma ve bu kopmalar sonucu düzensiz yönde ilerleyen çatlaklar (2 no.lu oklar).



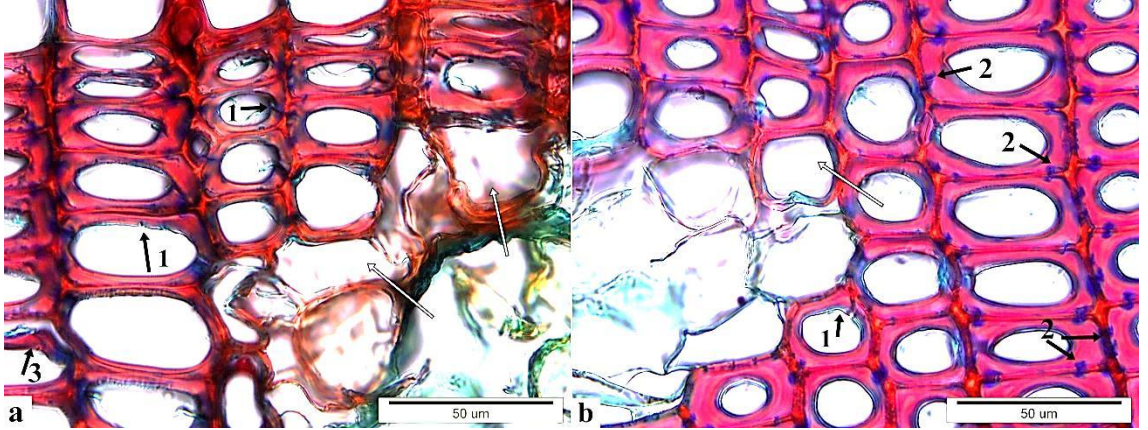
Şekil 4.58: İthal sarıçam Thermo-D dış kısım; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, yaz odunu tabakasında öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar (beyaz oklar), b) daha dar yıllık halkalı örnek, ilkbahar odunu boyunca traheid hücre çeperlerinde kopmalar (1 no.lu oklar).



Şekil 4.59: İthal sarıçam Thermo-D dış kısım; ilkbahar odunu tabakası; a-b) daha geniş yıllık halkalı örnek; ilkbahar odunu boyunca traheid hücrelerinde kenarlı geçitlerde bozunmalar (1 no.lu oklar), boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (2 no.lu oklar) ve kopmalar (3 no.lu oklar).

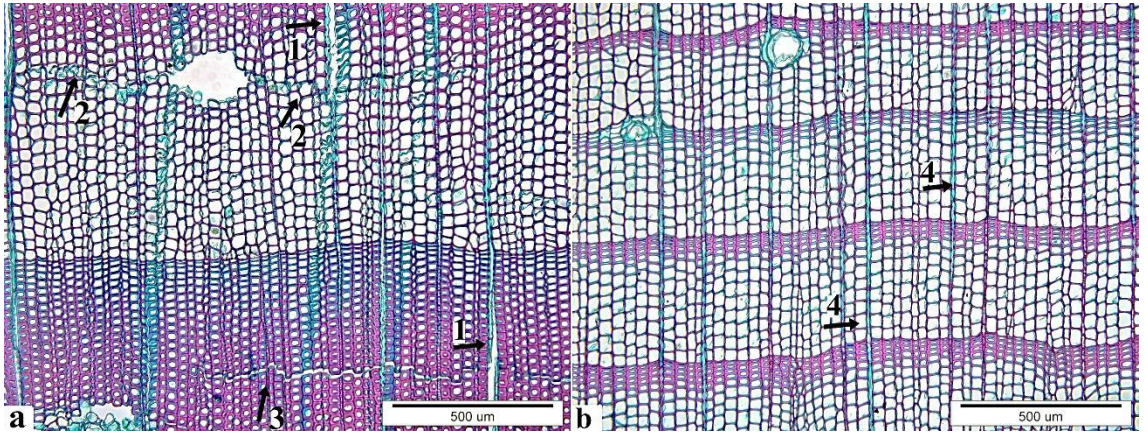


Şekil 4.60: İthal sarıçam Thermo-D dış kısım; daha dar yıllık halkalı örnek; a) ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde kopma (1 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde teğet yönde genişlemeler ve bozunmalar (beyaz oklar), b) yaz odunu boyuna traheid hücrelerinin orta lamele yakın kısımlarında bozunmalar (2 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde lümen tarafından başlayan bozunmalar (3 no.lu oklar).

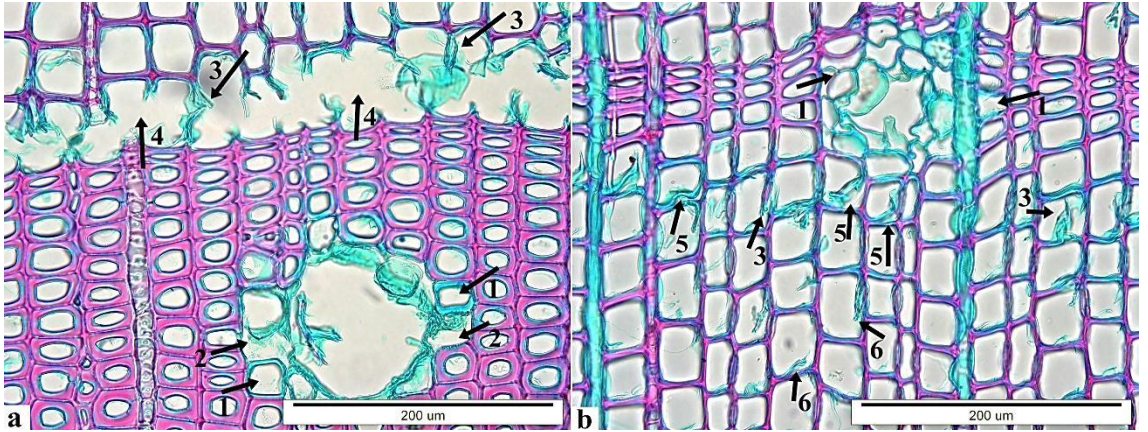


Şekil 4.61: İthal sarıçam Thermo-D dış kısım; yaz odunu tabakası; a-b) daha geniş yıllık halkalı örnek; yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde lümen tarafından başlayan bozunmalar (1 no.lu oklar), ilkbahar odunu tabakasından yaz odunu tabakasına geçerken boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu oklar), boyuna reçine kanalları etrafındaki yaz odunu traheid hücre çeperlerinde incelmeler ve lümen genişlemeler (beyaz oklar), yaz odunu boyuna traheid hücrelerinde sekonder çeperin orta lamele yakın kısımlarında bozunmalar (2 no.lu oklar).

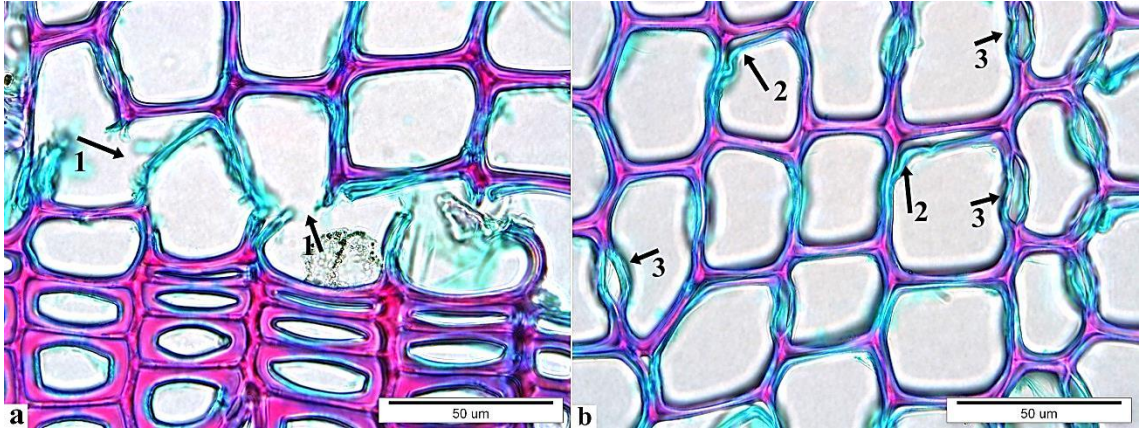
Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam *Thermo-S* kontrol örnekleri iç kısım;



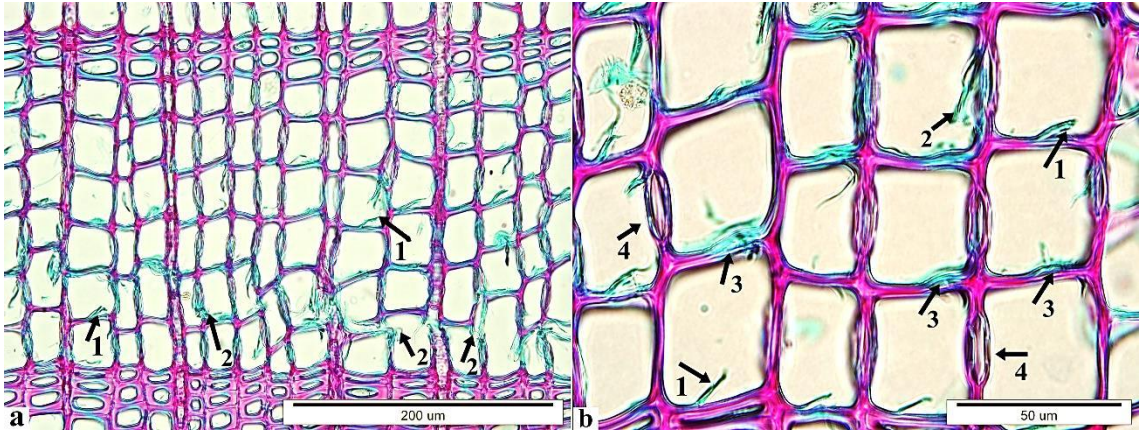
Şekil 4.62: İthal sarıçam *Thermo-S* kontrol örnekleri iç kısım; a) geniş yıllık halkalı örnekte yaz odunu tabakası boyunca öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar (1 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (2 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücrelerinin orta lamelden ayrılmaları nedeniyle oluşan düzensiz çatlaklar (3 no.lu oklar); b) dar yıllık halkalı örnekte sağlam öz ışınları (4 no.lu oklar).



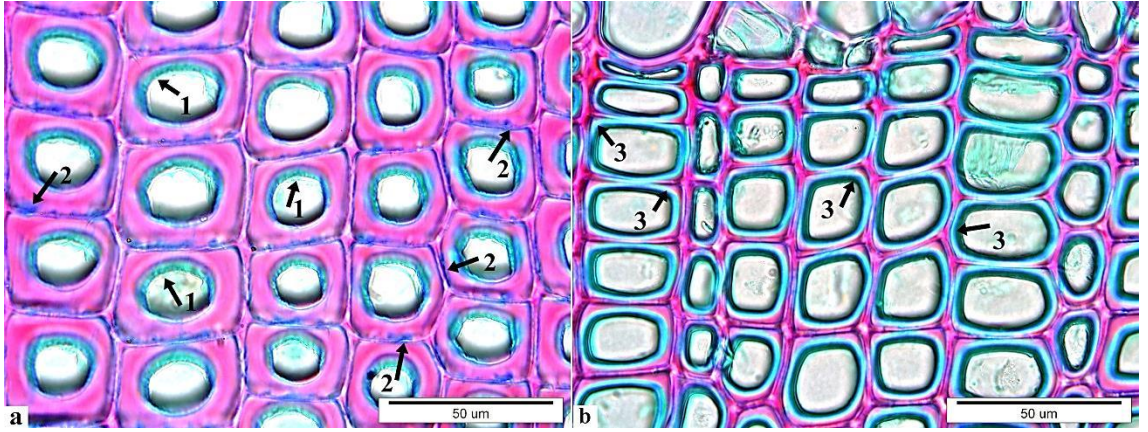
Şekil 4.63: İthal sarıçam *Thermo-S* kontrol örnekleri iç kısım; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek; boyuna reçine kanalı yakınındaki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler (1 no.lu oklar) ve parçalanmalar (2 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde parçalanmalar (3 no.lu oklar), bu parçalanmalar sonucu yıllık halka sınırında ilerleyen çatlak oluşumu (4 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheid hücrelerinde orta lamelden ayrılmalar (5 no.lu oklar) ve lümen tarafında hücre çeperlerinde bozunmalar (6 no.lu oklar).



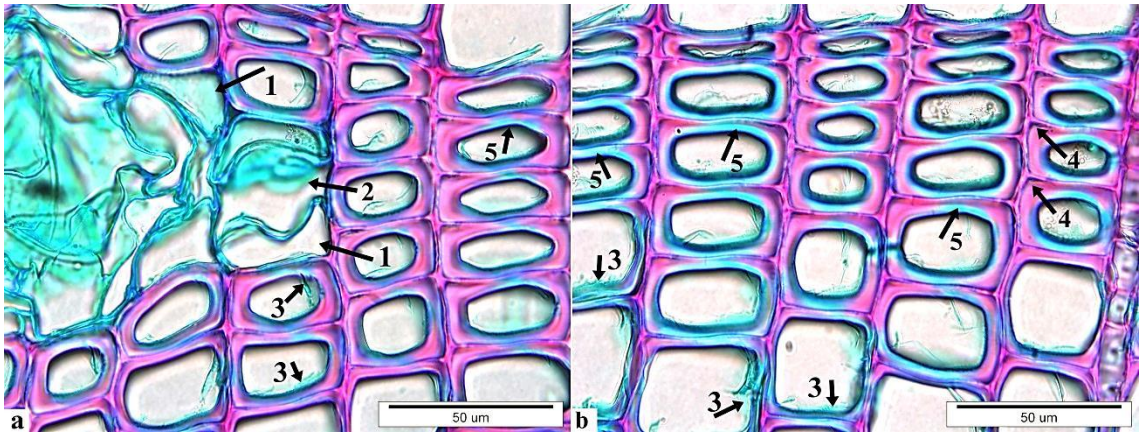
Şekil 4.64: İthal sarıçam Thermo-S kontrol örnekleri iç kısım; daha geniş yıllık halkalı örnekte ilkbahar odunu tabakası; ilkbahar odunu boyuna traheid hücrelerinde parçalanmalar sonucu yıllık halka sınırında çatlak oluşumu (1 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheid hücrelerinde orta lamelden ayrılmalar (2 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde teğet yönde genişlemeler (3 no.lu oklar).



Şekil 4.65: İthal sarıçam Thermo-S kontrol örnekleri iç kısım; daha dar yıllık halkalı örnek; ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinin lümen tarafında bozunmalar (1 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde parçalanmalar (2 no.lu oklar) ve orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde az miktarda teğet yönde genişlemeler (4 nolu oklar).

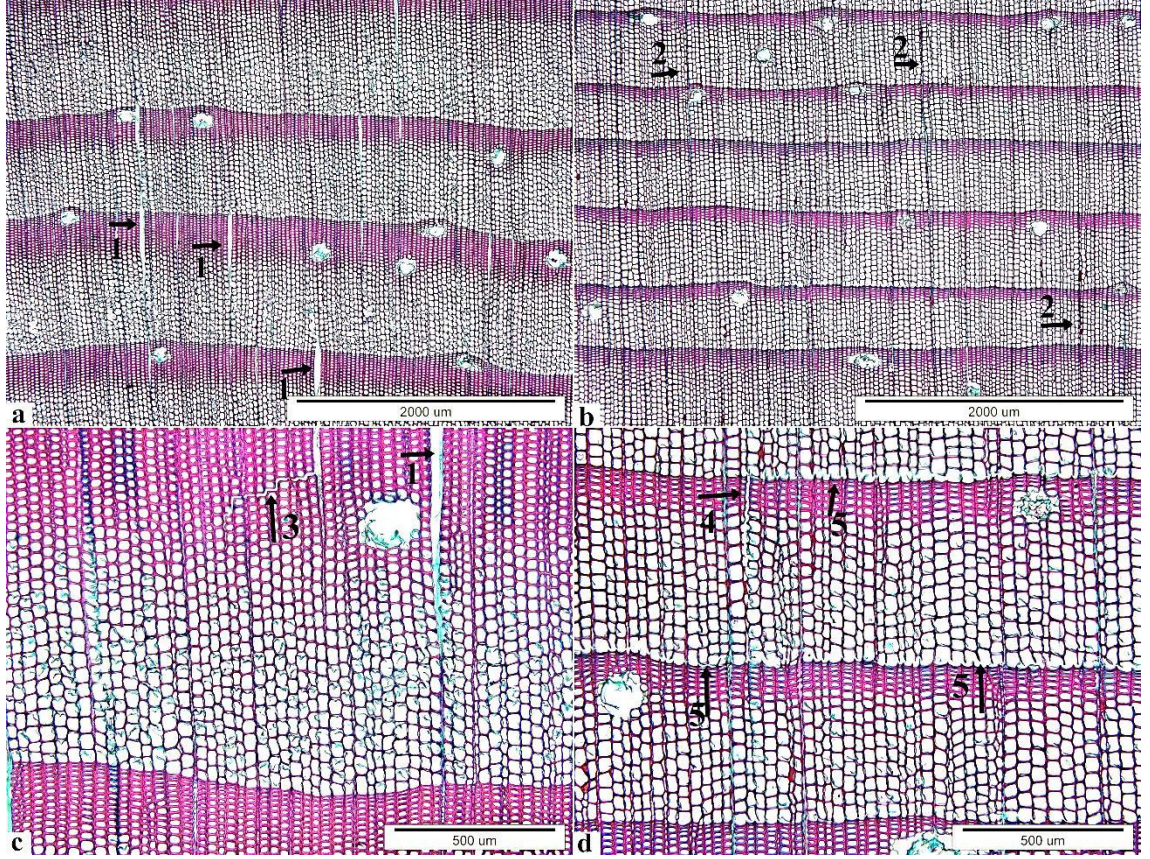


Şekil 4.66: İthal sarıçam Thermo-S kontrol örnekleri iç kısım; daha geniş yıllık halkalı örnekte yaz odunu tabakası; yaz odunu boyuna traheid hücrelerinin lümen tarafında (1 no.lu oklar) ve sekonder çeperin orta lamele yakın kısımlarında (2 no.lu oklar) bozunmalar, yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler ve gevşemeler (3 no.lu oklar).

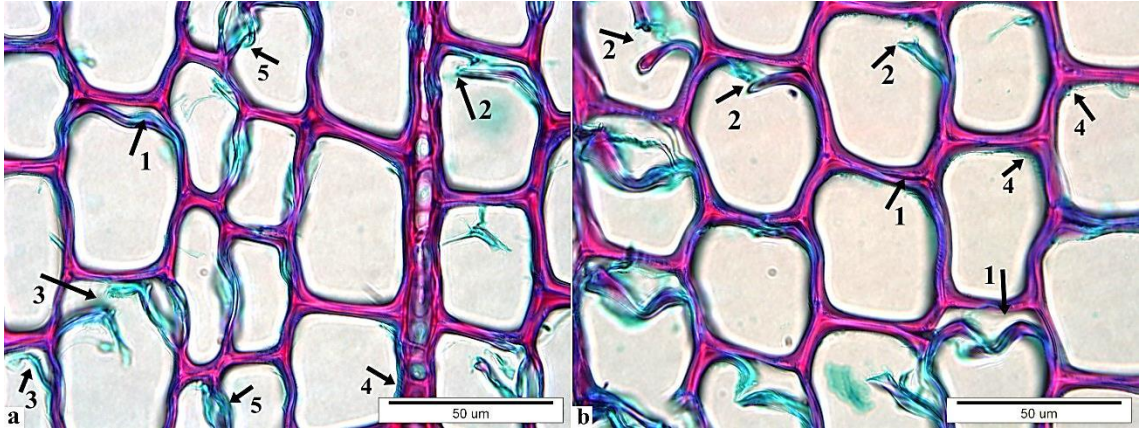


Şekil 4.67: İthal sarıçam Thermo-S kontrol örnekleri iç kısım; daha dar yıllık halkalı örnekte boyuna reçine kanalları etrafındaki traheid hücre çeperlerinde incelmeler (1 no.lu oklar) ve parçalanmalar (2 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında bozunmalar (3 no.lu oklar), orta lamel tarafında bozunmalar sonucu ayrılma başlangıcı (4 no.lu oklar) ve hücre çeperlerinde incelmeler ve gevşemeler (5 no.lu oklar).

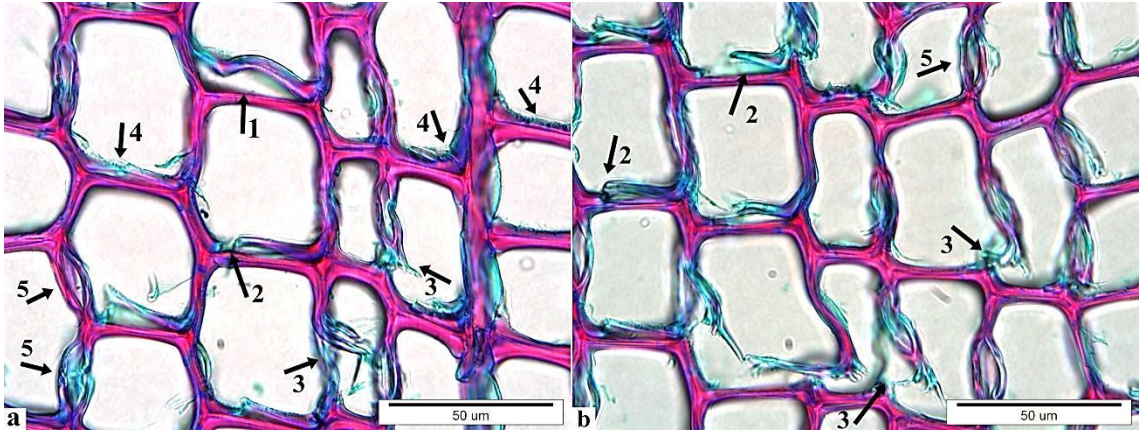
Thermo-S uygulanmış ithal sarıçam örnekleri iç kısım;



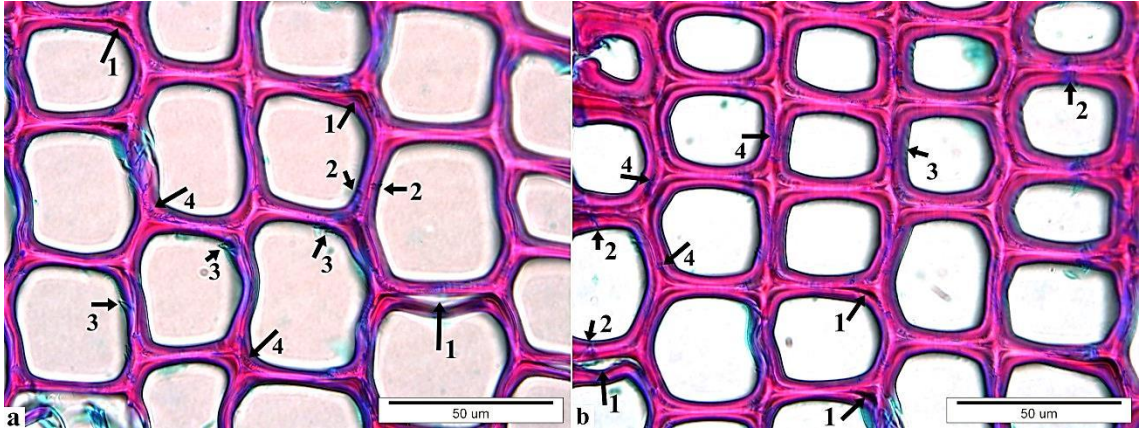
Şekil 4.68: İthal sarıçam Thermo-S örnekleri iç kısım; a-c) daha geniş yıllık halkalı örnekte yaz odunu tabakası boyunca öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar (1 no.lu oklar), yaz odunu boyunca traheid hücrelerinde orta lamelden ayrılmalar sonucu düzensiz ilerleyen çatlaklar (3 no.lu oklar), b-d) daha dar yıllık halkalı örnekte sağlam öz ışınları (2 no.lu oklar), yaz odunu boyunca traheid hücrelerinin orta lamellerinden ayrılmaları sonucu radyal yönde ilerleyen çatlak (4 no.lu ok), parçalanmış ilkbahar odunu boyunca traheid hücre çeperleri sebebiyle yıllık halka sınırında çatlak oluşumu (5 no.lu oklar).



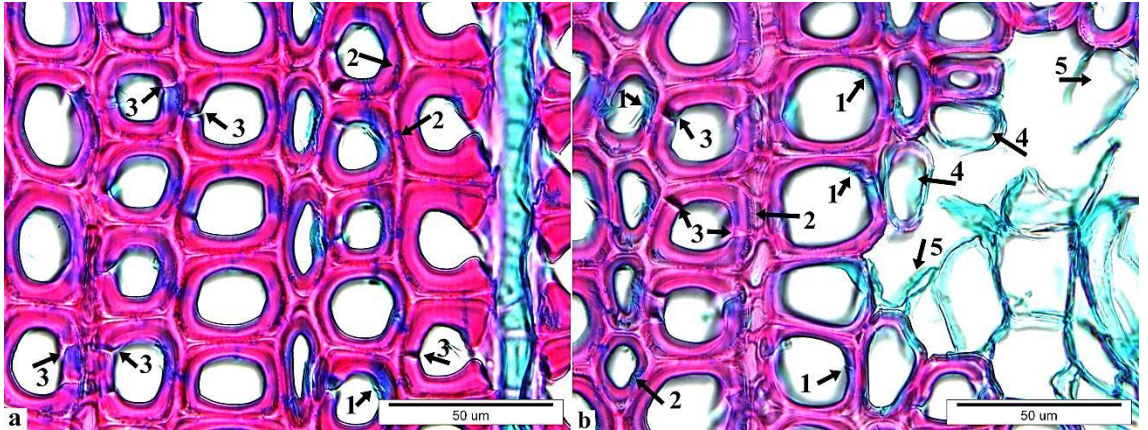
Şekil 4.69: İthal sarıçam Thermo-S örnekleri iç kısım; daha geniş yıllık halkalı örnekte ilkbahar odunu tabakası; ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar), kopmalar (2 no.lu oklar) ve parçalanmalar (3 no.lu oklar), traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında bozunmalar (4 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde teğet yönde genişlemeler (5 no.lu oklar).



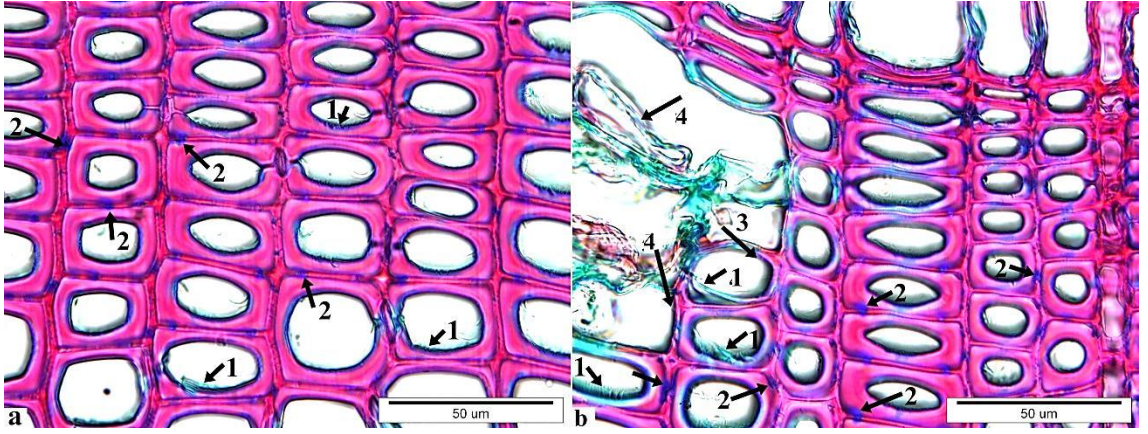
Şekil 4.70: İthal sarıçam Thermo-S örnekleri iç kısım; daha dar yıllık halkalı örnekte ilkbahar odunu tabakası; ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar), kopmalar (2 no.lu oklar) ve parçalanmalar (3 no.lu oklar), traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında bozunmalar (4 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde teğet yönde genişlemeler (5 no.lu oklar).



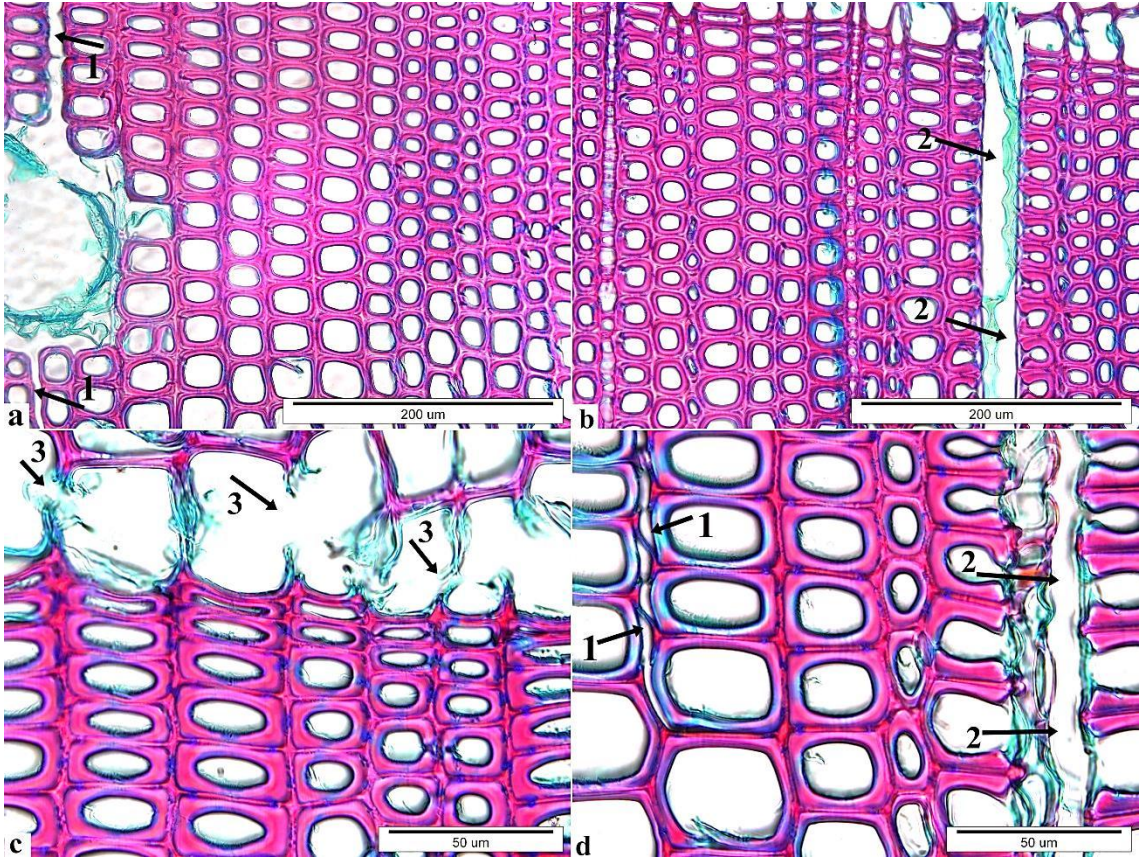
Şekil 4.71: İthal sarıçam Thermo-S örnekleri iç kısım; daha geniş yıllık halkalı örnekte ilkbahar odunundan yaz odununa geçiş zonu; boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar) traheid hücre çeperlerinde ince çatlaklar (2 no.lu oklar), lümen tarafında (3 no.lu oklar) ve sekonder çeperin orta lamele yakın kısımlarında (4 no.lu oklar) bozunmalar.



Şekil 4.72: İthal sarıçam Thermo-S örnekleri iç kısım; daha geniş yıllık halkalı örnekte yaz odunu tabakası; yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında (1 no.lu oklar) ve sekonder çeperin orta lamele yakın kısımlarında (2 no.lu oklar) bozunmalar, traheid hücre çeperleri üzerinde ince çatlaklar (3 no.lu oklar), boyuna reçine kanalı etrafındaki traheid hücre çeperlerinde incelme (4 no.lu oklar) ve parçalanmalar (5 no.lu oklar).

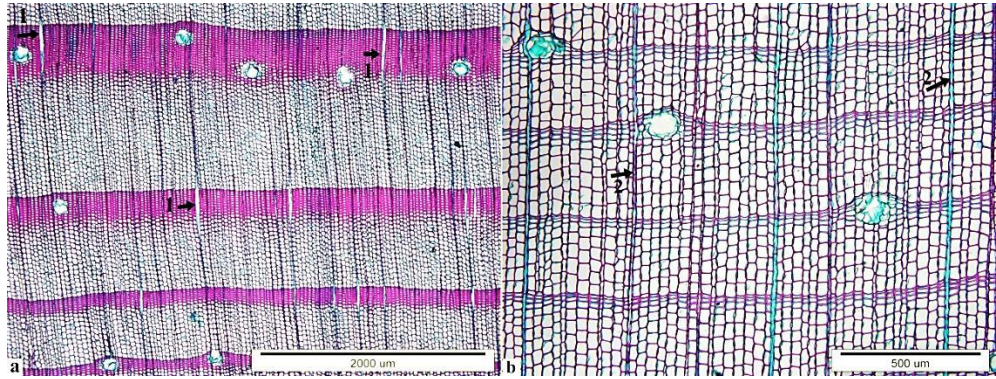


Şekil 4.73: İthal sarıçam Thermo-S örnekleri iç kısım; daha dar yıllık halkalı örnekte yaz odunu tabakası; yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında (1 no.lu oklar) ve hücre köşelerinde (2 no.lu oklar) bozunmalar, boyuna reçine kanalı etrafındaki traheid hücre çeperlerinde incelme (3 no.lu oklar) ve parçalanmalar (4 no.lu oklar).

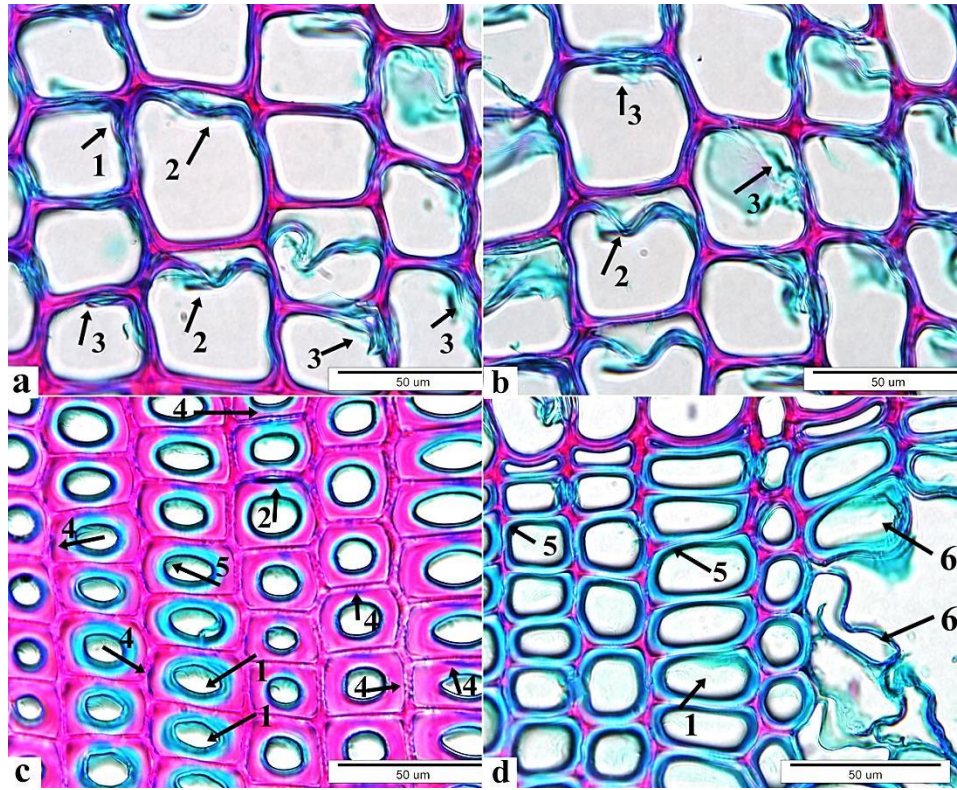


Şekil 4.74: İthal sarıçam Thermo-S örnekleri iç kısım; a-b) daha geniş yıllık halkalı örnek c-d) daha dar yıllık halkalı örnek; yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamleden ayrılmalar sonucu radyal çatlaklar (1 no.lu oklar), yaz odunu tabakasında öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar (2 no.lu oklar), yıllık halka sınırında ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde parçalanmalar sonucu yıllık halka boyunca ilerleyen çatlaklar (3 no.lu oklar).

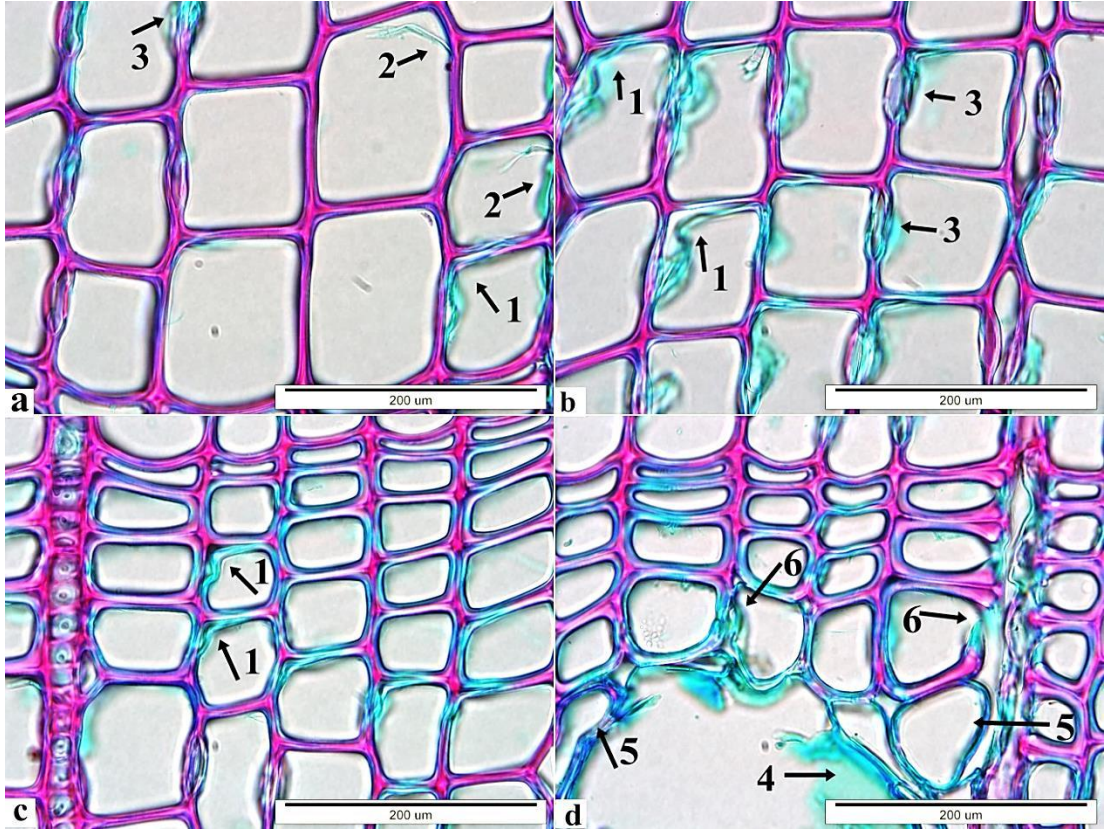
Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-D kontrol örnekleri iç kısım;



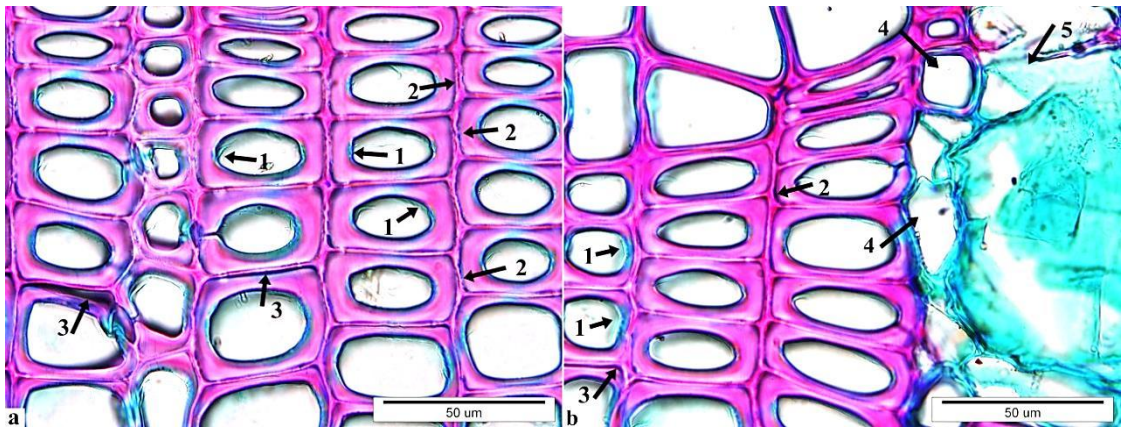
Şekil 4.75: İthal sarıçam Thermo-D kontrol örnekleri iç kısım; a) daha geniş yıllık halkalı örnekte yaz odunu tabakası boyunca öz ışınlarında teğet yönde genişlemeler (1 no.lu oklar), b) daha dar yıllık halkalı örnekte sağlam öz ışınları (2 no.lu oklar).



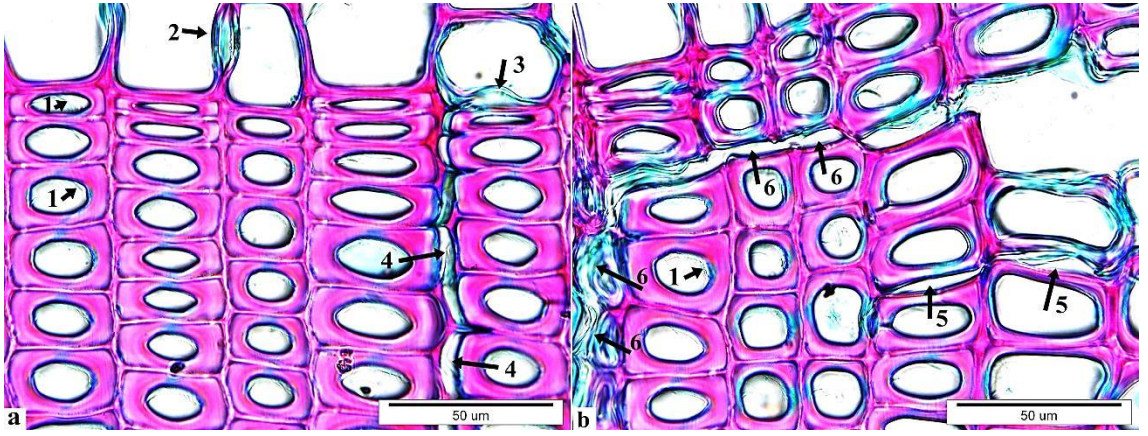
Şekil 4.76: İthal sarıçam Thermo-D kontrol örnekleri iç kısım; daha geniş yıllık halkalı örnek; a-b) ilkbahar odunu tabakası, ilkbahar odunu boyunca traheid hücrelerinin lümen tarafında bozunmalar (1 no.lu oklar), orta lamelden ayrılmalar (2 no.lu oklar) ve kopmalar (3 no.lu oklar), c-d) yaz odunu tabakası, yaz odunu boyunca traheid sekonder çeperin orta lamele yakın kısımlarında bozunmalar (4 no.lu oklar), traheid çeperlerinde incelmeler ve gevşemeler (5 no.lu oklar), boyuna reçine kanalı etrafındaki traheid hücre çeperlerinde incelmeler (6 no.lu oklar).



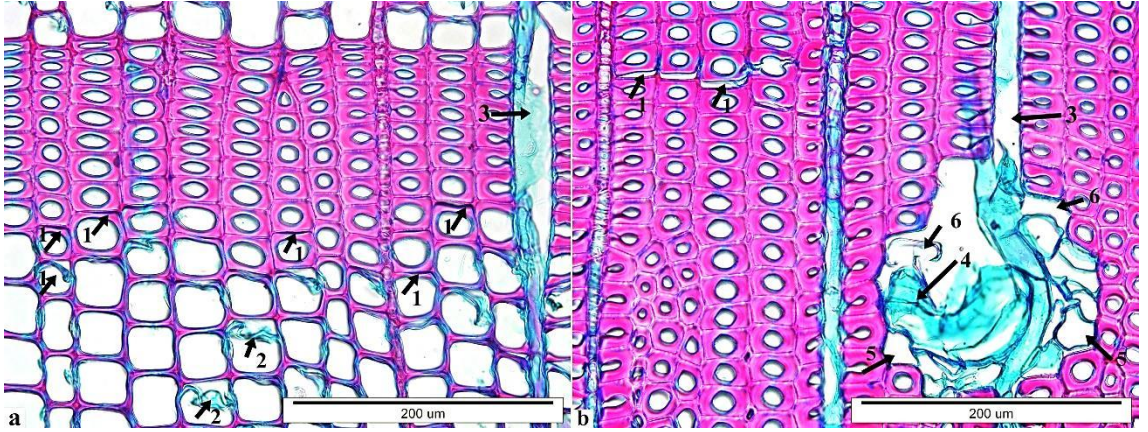
Şekil 4.77: İthal sarıçam Thermo-D kontrol örnekleri iç kısım; daha dar yıllık halkalı örnek; a-b) ilkbahar odunu tabakası, boyuna traheid hücrelerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar), lümen tarafında (2 no.lu oklar) ve kenarlı geçitlerde (3 no.lu oklar) bozunmalar, c-d) yaz odunu tabakası, boyuna reçine kanalını çevreleyen epitel hücrelerinde parçalanmalar (4 no.lu oklar), bu kanalların etrafındaki boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler (5 no.lu oklar) ve parçalanmalar (6 no.lu oklar).



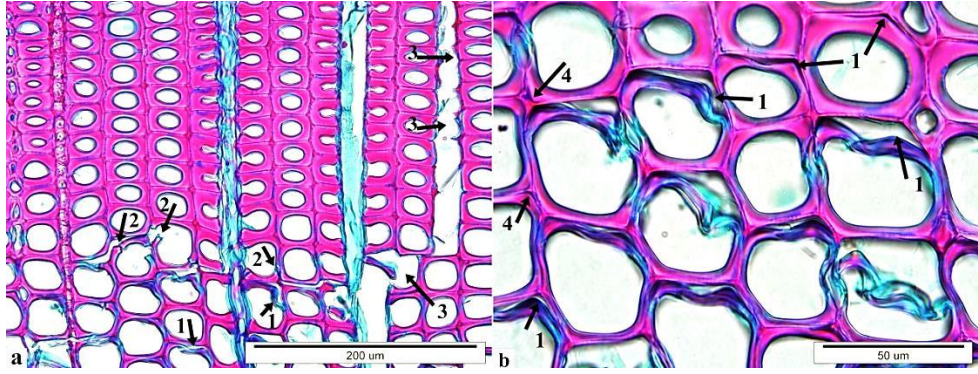
Şekil 4.78: İthal sarıçam Thermo-D kontrol örnekleri iç kısım; daha dar yıllık halkalı, geniş yaz odunu tabakasına sahip örnek; a) ilkbahar odunu tabakasından yaz odunu tabakasına geçiş zonunda boyuna traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında (1 no.lu oklar), hücre köşelerinde (2 no.lu oklar) bozunmalar, orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu oklar), boyuna reçine kanalı etrafındaki yaz odunu traheid hücre çeperlerinde incelmeler (4 no.lu oklar).



Şekil 4.79: İthal sarıçam Thermo-D kontrol örnekleri iç kısım; daha dar yıllık halkalı, geniş yaz odunu tabakasına sahip örnek; yaz odunu boyuna traheid hücrelerinin lümen tarafında bozunmalar (1 no.lu oklar), yıllık halka başlangıcında ilkbahar odunu boyuna traheid hücresi üzerindeki kenarlı geçitte teğet yönde genişleme (2 no.lu ok) ve orta lamelden ayrılma (3 no.lu ok), yaz odunu boyuna traheid hücrelerinde orta lamelden ayrılmalar sonucu radyal yönde ilerleyen çatlak oluşumu (4 no.lu oklar), boyuna reçine kanalı etrafındaki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeye sonucu orta lamelden ayrılmalar (5 no.lu oklar) ve düzensiz çatlak oluşumu (6 no.lu oklar).

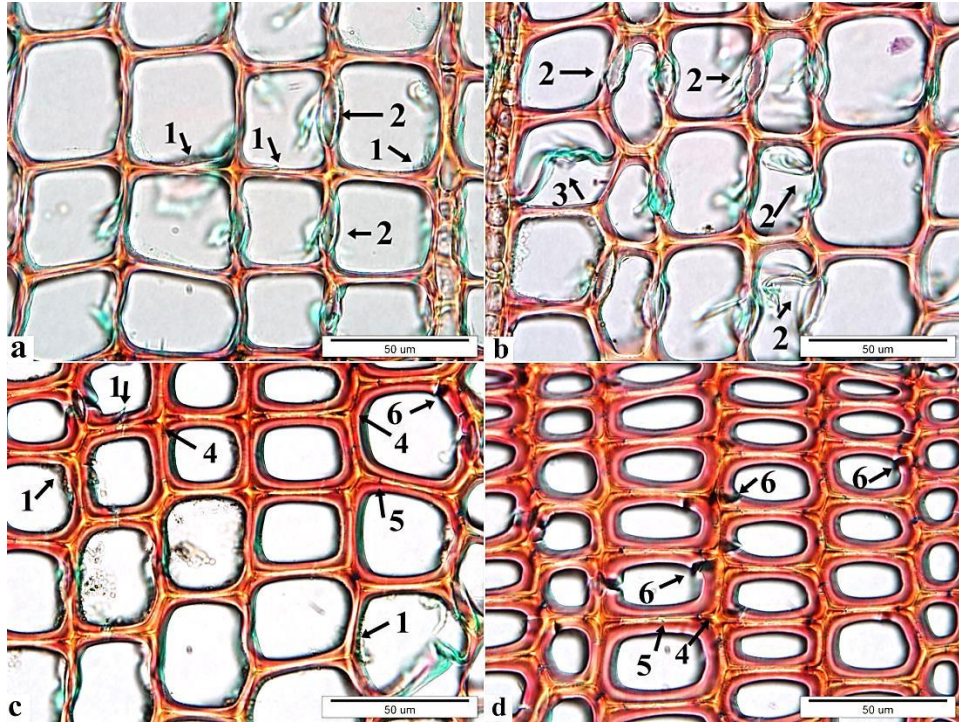


Şekil 4.80: İthal sarıçam Thermo-D kontrol örnekleri iç kısım; daha geniş yıllık halkalı örnek; ilkbahar odunundan yaz odunu tabakasına geçerken boyuna traheid hücrelerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde parçalanmalar (2 no.lu oklar), yaz odunu tabakası boyunca öz ışınlarında teğet yönde genişleme (3 no.lu ok), boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücre çeperlerinde parçalanmalar (4 no.lu ok), bu kanalların etrafında bulunan yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler (5 no.lu oklar) ve parçalanmalar (6 no.lu oklar).

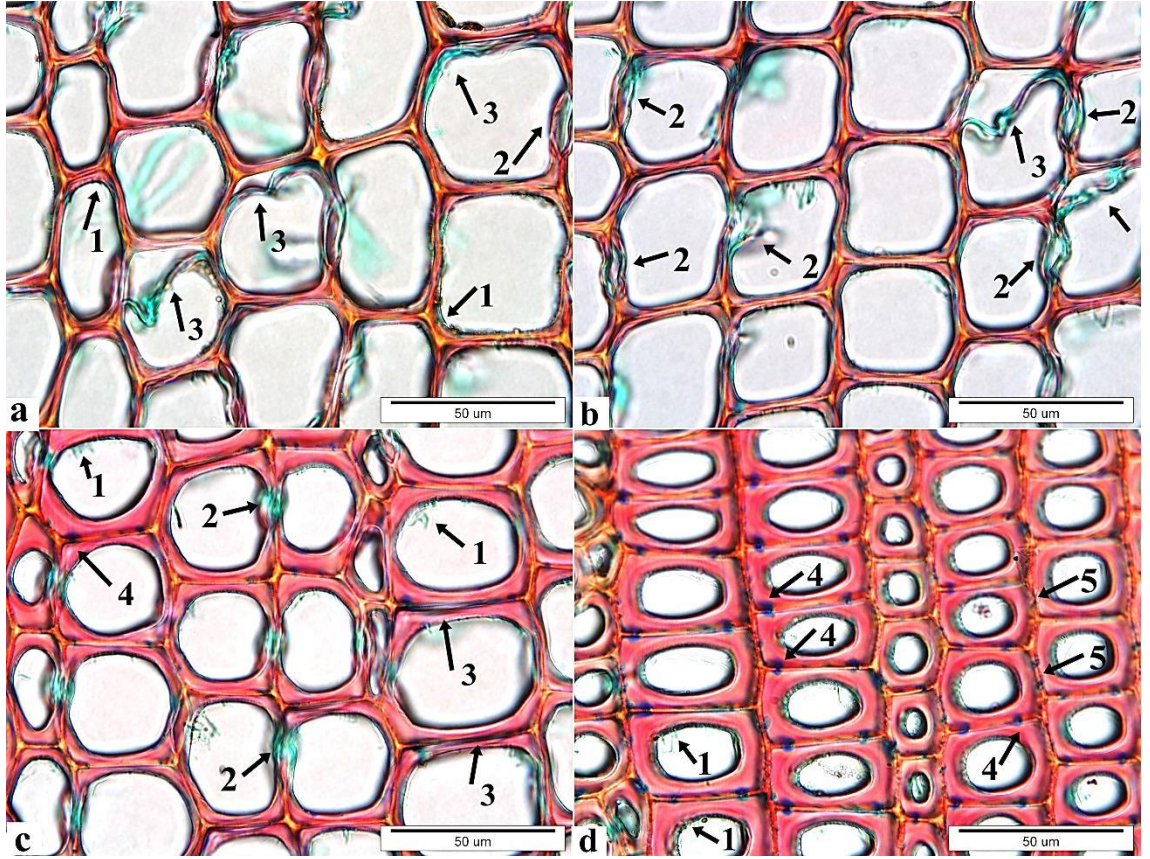


Şekil 4.81: İthal sarıçam Thermo-D kontrol örnekleri iç kısım; daha geniş yıllık halkalı örnek; ilkbahar odunundan yaz odununa geçerken boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar) ve kopmalar (2 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheidlerinin orta lamellerinden ayrılmaları sonucu düzensiz yönde ilerleyen çatlak oluşumu (3 no.lu oklar), geçiş zonunda hücre köşelerinde bozunmalar (4 nolu oklar).

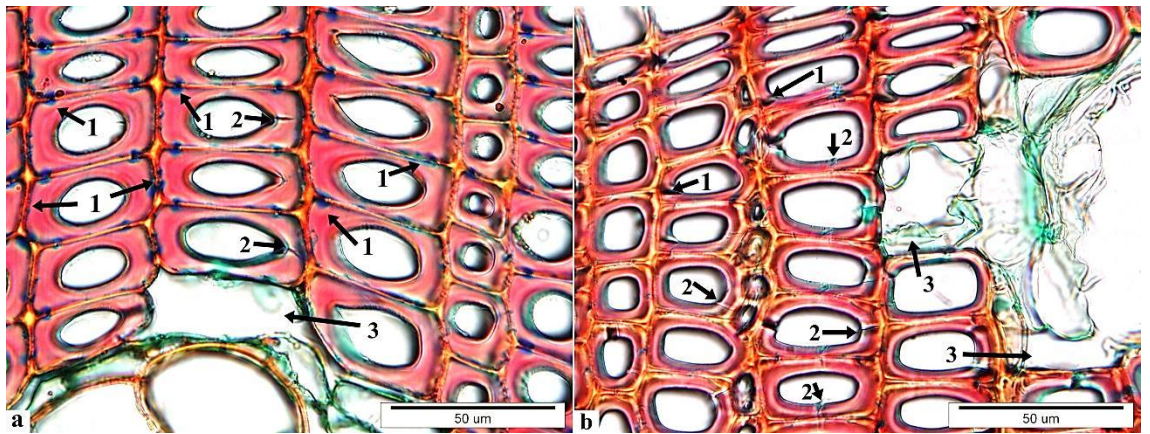
Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam örnekleri iç kısım;



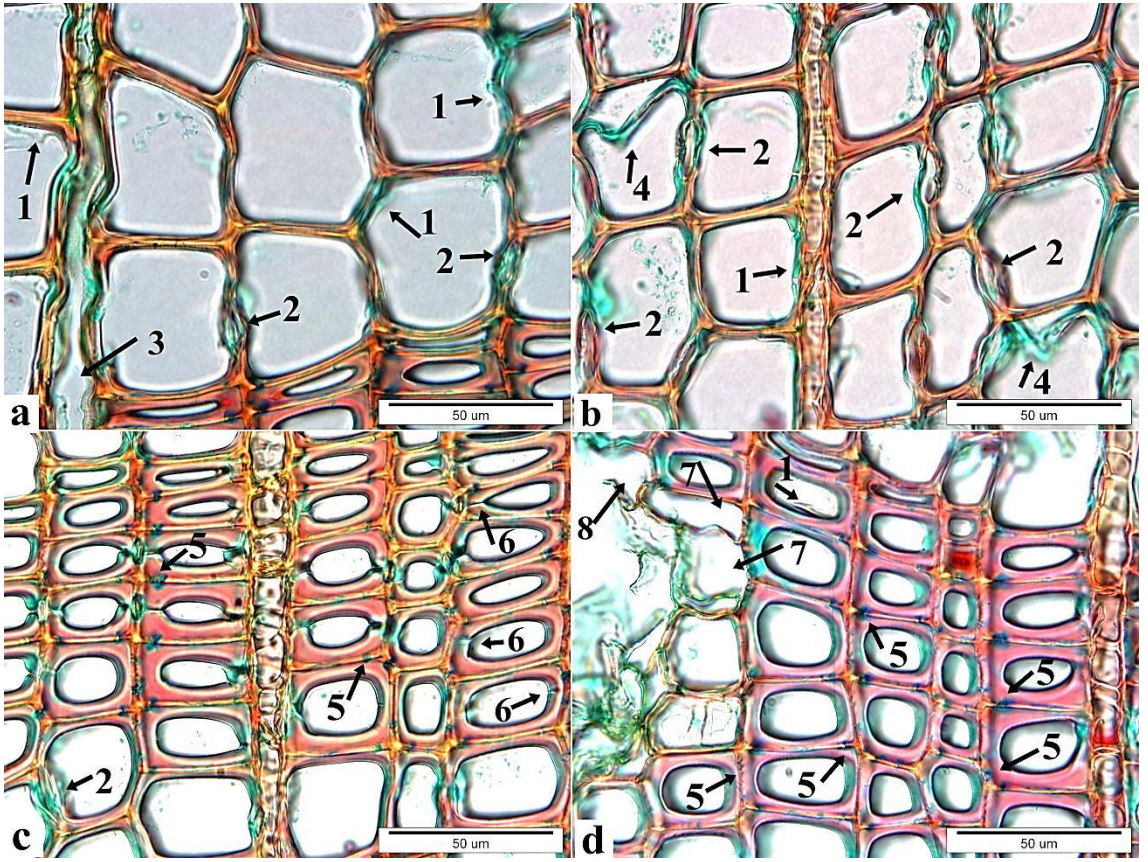
Şekil 4.82: İthal sarıçam Thermo-D örnekleri iç kısım; daha geniş yıllık halkalı örnek; ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında bozunmalar (1 no.lu oklar) ve orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde teğet yönde genişlemeler ve parçalanmalar (2 no.lu oklar), ilkbahar odunundan yaz odununa geçiş zonunda boyuna traheid hücre köşelerinde (4 no.lu oklar) ve orta lamel üzerinde (5 no.lu oklar) bozunmalar, yaz odunu traheid çeperlerinde lümenen orta lamele doğru ilerleyen ince çatlaklar (6 no.lu oklar).



Şekil 4.83: İthal sarıçam Thermo-D örnekleri iç kısım; daha geniş yıllık halkalı örnek; ilkbahar odunu boyunca traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında bozunmalar (1 no.lu oklar) ve orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde bozunmalar (2 no.lu oklar), ilkbahar odunundan yaz odununa geçiş zonunda boyunca traheid hücre köşelerinde (4 no.lu oklar) ve orta lamelde (5 no.lu oklar) bozunmalar.



Şekil 4.84: İthal sarıçam Thermo-D örnekleri iç kısım; a-b)daha geniş yıllık halkalı örnekler; yaz odunu boyunca traheid hücrelerinin sekonder çeperin orta lamele yakın kısımlarında bozunmalar (1 no.lu oklar), lümenin orta lamele doğru ilerleyen ince çatlaklar (2 no.lu oklar), boyuna reçine kanallarının etrafındaki yaz odunu traheid çeperlerinde incelmeler (3 no.lu oklar).



Şekil 4.85: İthal sarıçam Thermo-D örnekleri iç kısım; daha dar yıllık halkalı örnekler; ilkbahar odunu boyuna traheid hücrelerinde lümen tarafında bozunmalar (1 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde teğet yönde genişlemeler (2 no.lu oklar), öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar (3 no.lu oklar), orta lamelden ayrılmalar (4 no.lu oklar), yaz odunu traheid hücrelerinde sekonder çeperin orta lamele yakın kısımlarında bozunmalar (5 no.lu oklar), traheid çeperlerinde ince çatlaklar (6 no.lu oklar), boyuna reçine kanalı etrafında yaz odunu traheid çeperlerinde incelmeler (7 no.lu oklar) ve parçalanmalar (8 no.lu ok).

4.1.2.2. Radyal Kesit

Isıl işlem uygulamaları sonucu odunun mikroskopik yapısında meydana gelen değişiklikler enine yüzeylerdeki incelemelere benzer şekilde radyal yüzeylerde de incelenilmiştir. Elde edilen sonuçlar radyal kesitler için aşağıdaki sıralamaya göre verilmiştir:

A) Yerli Sarıçam

- Genel görünüş;
- Hiç işlem uygulanmamış kontrol örnekleri;
- Teknik kurutma uygulanmış kontrol örnekleri (Dış – İç);
- Thermo-S uygulanmış dış kısım örnekleri (Diri odun – Öz odun);
- Thermo-D uygulanmış dış kısım örnekleri (Diri odun – Öz odun);
- Thermo-S uygulanmış iç kısım örnekleri (Diri odun – Öz odun);
- Thermo-D uygulanmış iç kısım örnekleri (Diri odun – Öz odun);

B) İthal Sarıçam

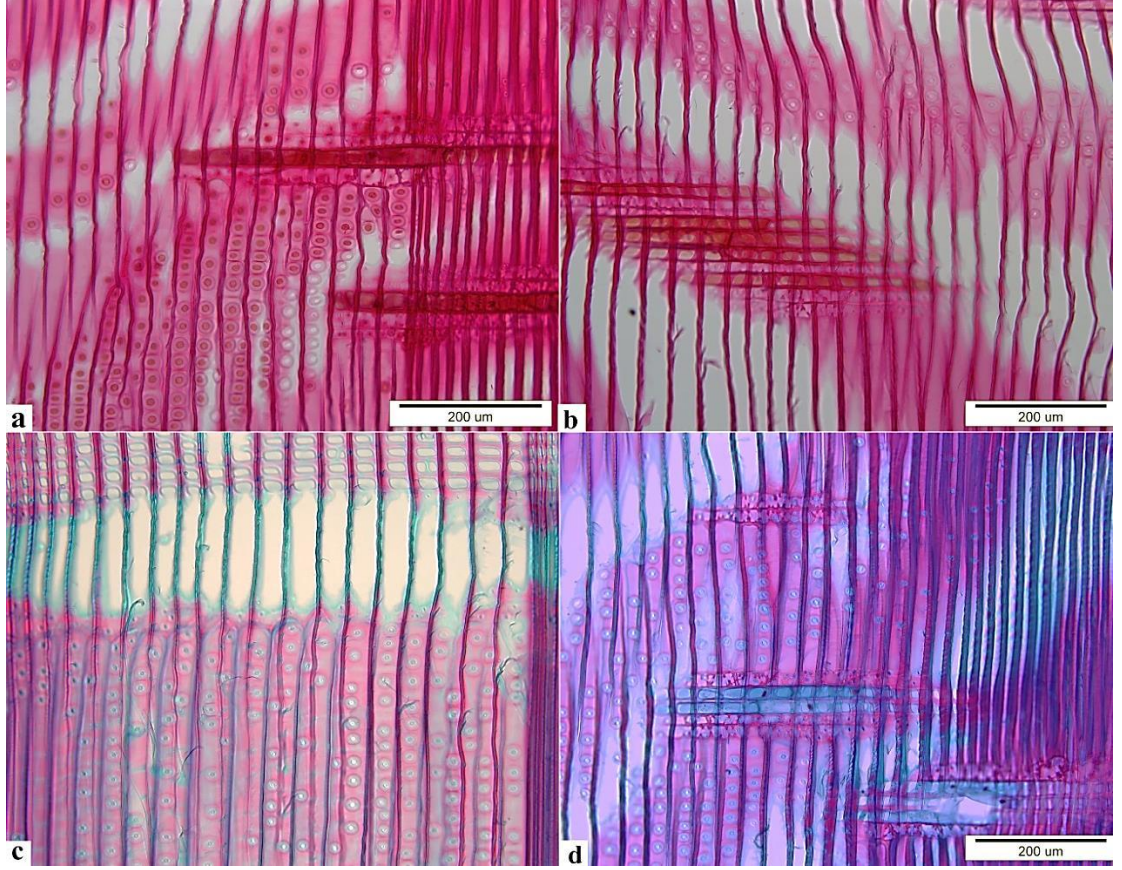
- Teknik kurutma uygulanmış Thermo-S dış kısım kontrol örnekleri;
- Thermo-S uygulanmış dış kısım örnekleri;
- Teknik kurutma uygulanmış Thermo-D dış kısım kontrol örnekleri;
- Thermo-D uygulanmış dış kısım örnekleri;
- Teknik kurutma uygulanmış Thermo-S iç kısım kontrol örnekleri;
- Thermo-S uygulanmış iç kısım örnekleri;
- Teknik kurutma uygulanmış Thermo-D iç kısım kontrol örnekleri;
- Thermo-D uygulanmış iç kısım örnekleri.

Radyal kesitlerdeki incelemeler göstermiştir ki hiç işlem görmemiş örneklerde dahi; öz ışını paranzim hücre çeperlerinde bozunmalar ve ayrılmalar görülürken öz ışını traheid hücre çeperlerinin genel olarak sağlam kaldığı tespit edilmiştir. Thermo-S ve Thermo-D uygulamaları ardından ise karşılaşma yeri geçitlerinde bozunmaların, Thermo-D örneklerinde de parçalanmaların oluştuğu görülmüştür.

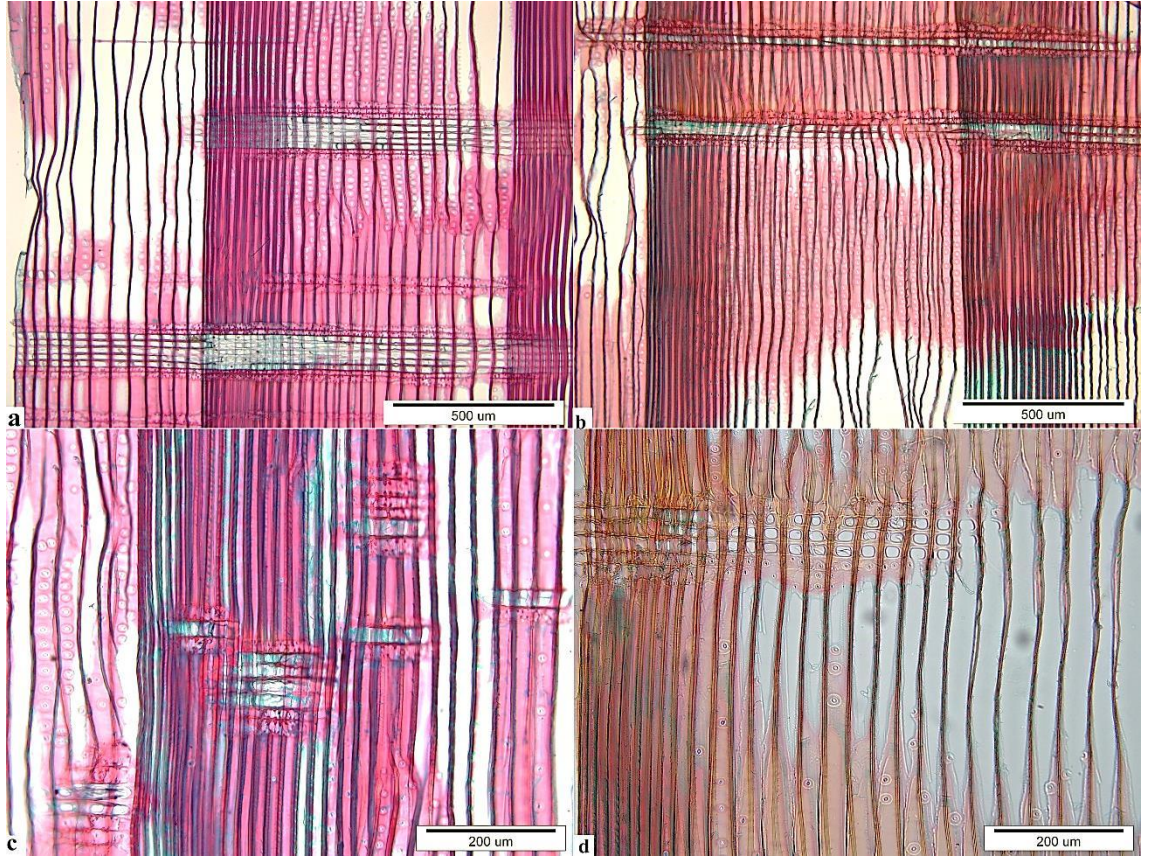
Boyuna traheid hücrelerinin radyal çeperlerinde lümen tarafında bozunmalar hiç işlem görmemiş örneklerde de tespit edildiği için bu durumun örnek hazırlama aşamasında gerçekleştiği düşünülmektedir. Ayrıca ısıl işlem uygulamalarının ardından hücre içi çatlaklar, hücreler arası çatlaklar ve orta lamelden ayrılmalar gözlenmiştir. İşlem sıcaklığı arttıkça ilkbahar odunu boyuna traheidlerinde hafif dalgalı yapının oluştuğu ve yaz odunu boyuna traheid çeperlerinin gevşek yapı kazandığı tespit edilmiştir. Teknik kurutma uygulanmış iç ve dış kısım örnekleri ile Thermo-S uygulanmış iç ve dış kısım örneklerinde yarık tipi ayrılmalara rastlanılmıştır.

Genel olarak tüm örneklerde kenarlı geçitlerin sağlam ve aspirasyon halinde olduğu görülürken; Thermo-S dış kısım ve Thermo-D dış kısım örneklerinde geçitlerin bozunduğu ve zarar gördüğü tespit edilmiştir.

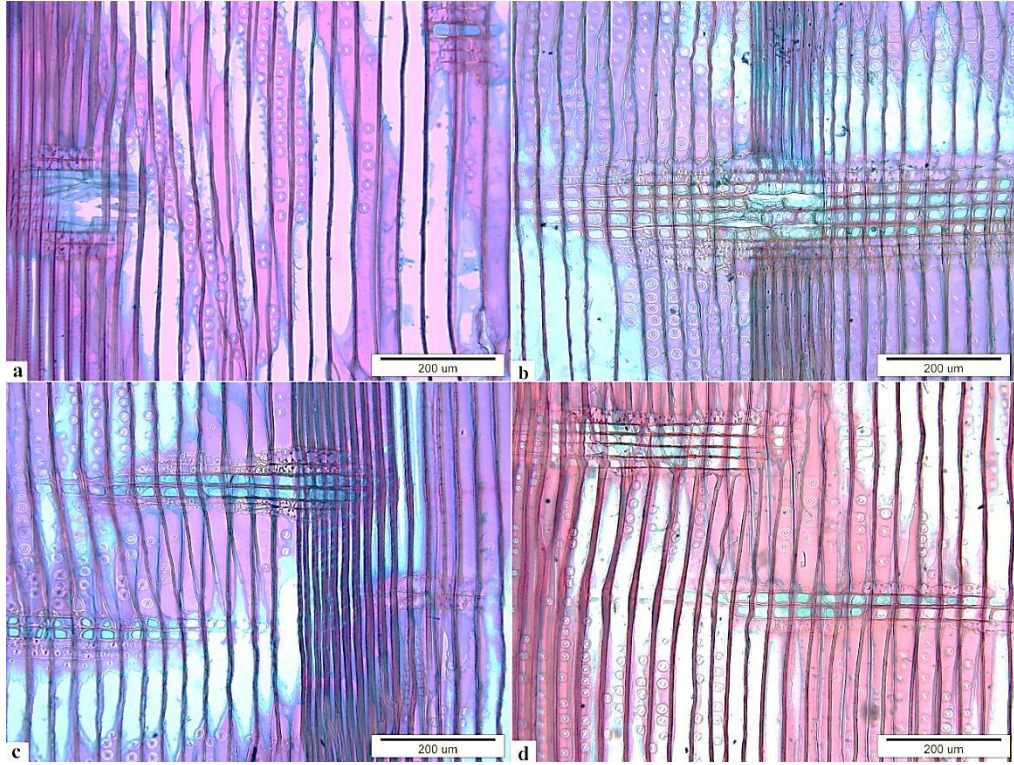
Yerli sarıçam radyal kesit genel görünüşü;



Şekil 4.86: Yerli sarıçam radyal kesit genel görünüşü; a) Hiç işlem uygulanmamış diri odun kontrol örneği, b) hiç işlem uygulanmamış öz odun kontrol örneği, c) Teknik kurutma uygulanmış iç kısım kontrol örneği, d) teknik kurutma uygulanmış dış kısım kontrol örneği.

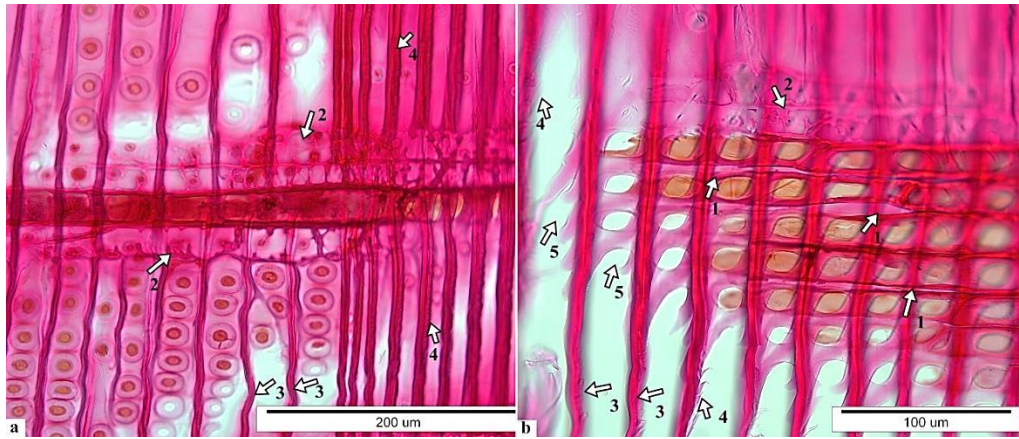


Şekil 4.87: Yerli sarıçam radyal kesit genel görünüş; a) Thermo-S uygulanmış diri odun iç kısım örneği, b) Thermo-D uygulanmış diri odun iç kısım örneği, c) Thermo-S uygulanmış öz odun iç kısım örneği, d) Thermo-D uygulanmış öz odun iç kısım örneği.



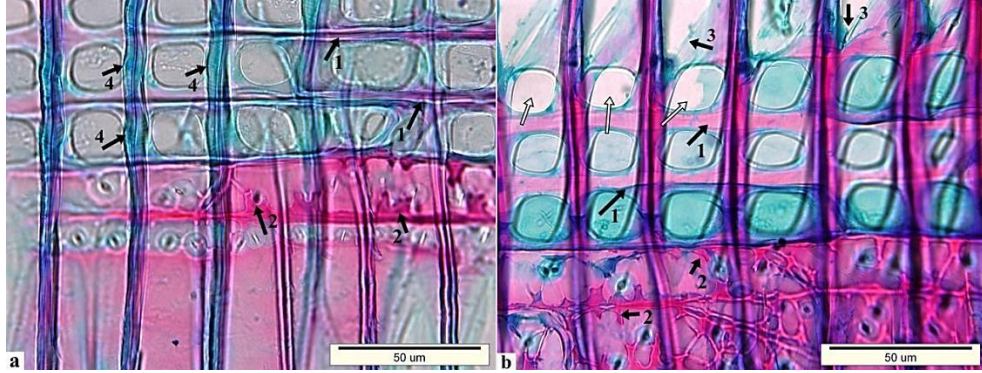
Şekil 4.88: Yerli sarıçam radyal kesit genel görünüşü; a) Thermo-S uygulanmış diri odun dış kısım örneği, b) Thermo-D uygulanmış diri odun dış kısım örneği, c) Thermo-S uygulanmış öz odun dış kısım örneği, d) Thermo-D uygulanmış öz odun dış kısım örneği.

Hiç işlem uygulanmamış kontrol örnekleri;

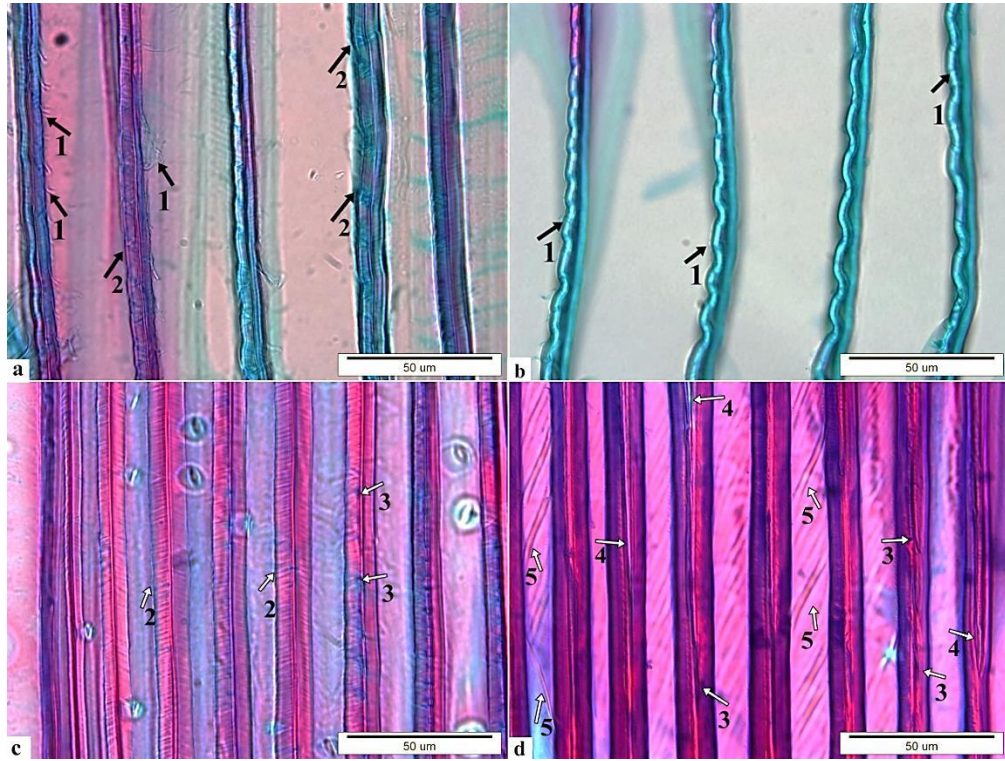


Şekil 4.89: Hiç işlem uygulanmamış kontrol örneği; a) diri odun, b) öz odun; öz ışıını paranzim hücre çeperlerinde bozunmalar (1 no.lu oklar), sağlam öz ışıını traheid çeperleri (2 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheidlerinde dalgalı yapı (3 no.lu oklar), boyuna traheid hücre çeperlerinde bozunma (4 no.lu oklar), karşılaşma yeri geçitlerinde parçalanma (5 no.lu oklar).

Teknik kurutma uygulanmış kontrol örnekleri;

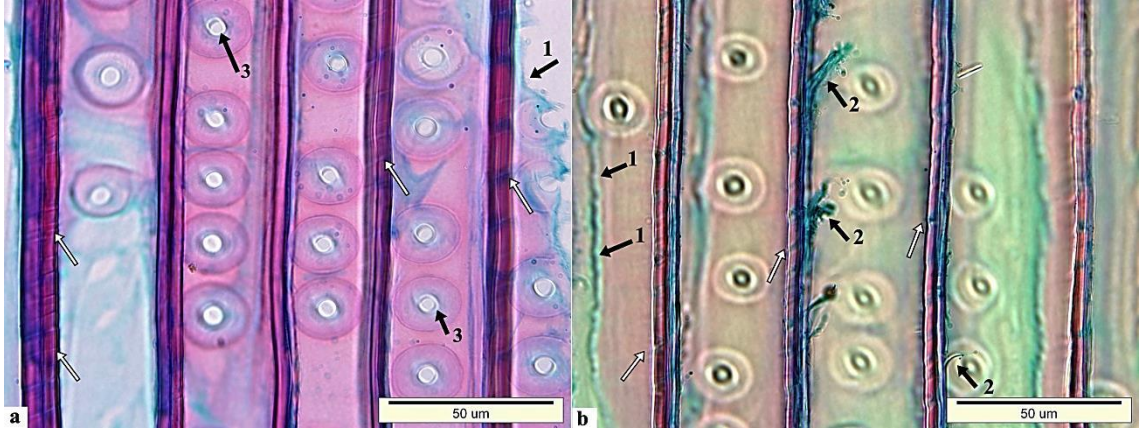


Şekil 4.90: Teknik kurutma uygulanmış yerli sarıçam; a) iç kısım, b) dış kısım; öz ışını paranzim hücre çeperlerinde bozunmalar (1 no.lu oklar), sağlam öz ışını traheid çeperleri (2 no.lu oklar), karşılaşma yeri geçitlerinde parçalanma (beyaz oklar), ilkbahar odunu boyuna traheid çeperlerinde hücre içi (3 no.lu oklar) ve hücreler arası (4 no.lu oklar) çatlaklar.

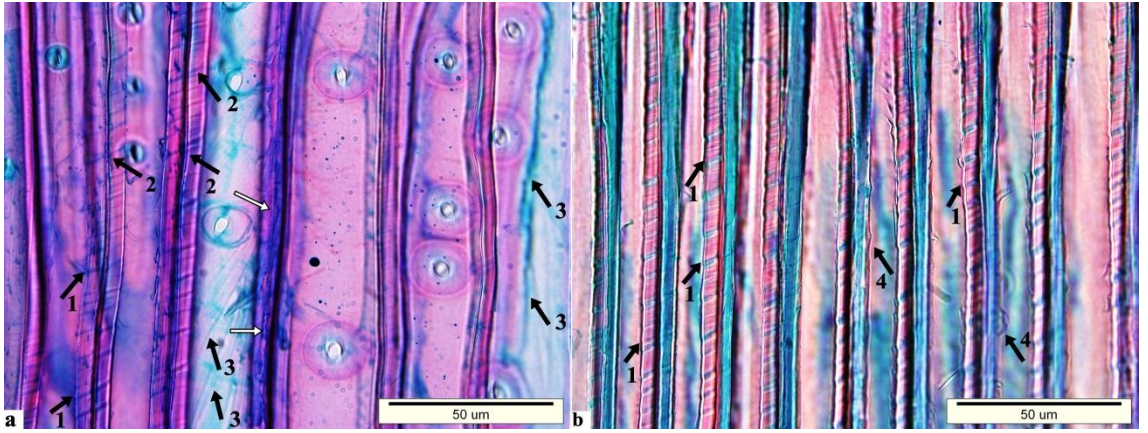


Şekil 4.91: Teknik kurutma uygulanmış yerli sarıçam; a,c) iç kısım, b,d) dış kısım; ilkbahar odunu boyuna traheid çeperlerinde bozunmalar (1 no.lu oklar), boyuna traheid hücre çeperlerinde hücreler arası çatlaklar (2 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde sekonder çeperin orta lamele yakın kısımlarında bozunmalar (3 no.lu oklar), orta lamelden ayrılmalar (4 no.lu oklar) ve lümen tarafındaki hücre çeperlerinde çatlaklar (5 no.lu oklar).

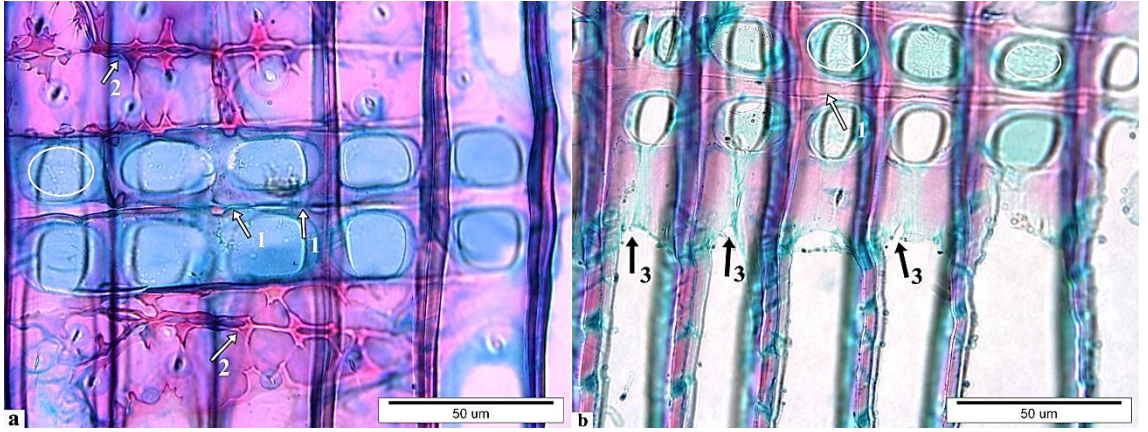
Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam dış kısım örnekleri;



Şekil 4.92: Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam dış kısım; a) diri odun, b) öz odun; ilkbahar odunu boyunca traheid hücre çeperlerinde hücreler arası çatlaklar (beyaz oklar), hücre içi çatlaklar (1 no.lu oklar) ve traheid çeperlerinde bozunma (2 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde aspirasyon hali (3 no.lu oklar).

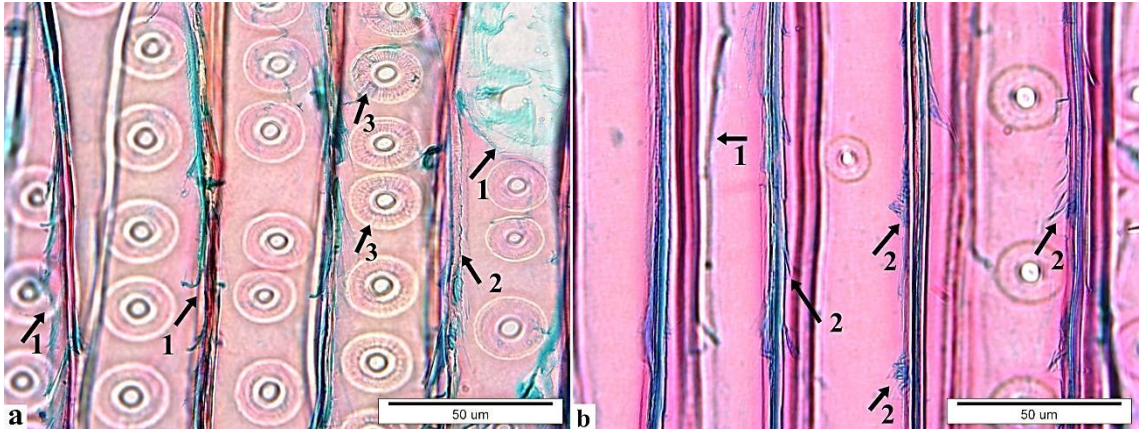


Şekil 4.93: Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam dış kısım; a) diri odun, b) öz odun; yaz odunu boyunca traheid hücre çeperlerinde hücre içi (1 ve 3 no.lu oklar), hücreler arası (2 no.lu oklar) çatlaklar ve hücre çeperlerinde bozunmalar (4 no.lu oklar).

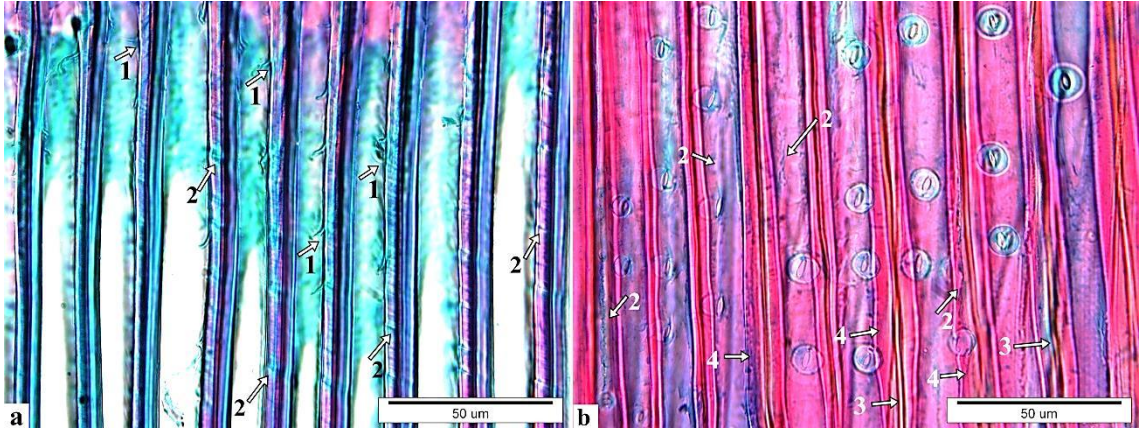


Şekil 4.94: Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam dış kısım; a) diri odun, b) öz odun; karşılaşma yerş geçit zarlarında bozunma (beyaz daireler) ve parçalanma (1 no.lu oklar), sağlam öz ışını traheid hücre çeperleri (2 no.lu oklar), boyuna traheid hücre çeperlerinin lümen tarafında parçalanma (3 no.lu oklar).

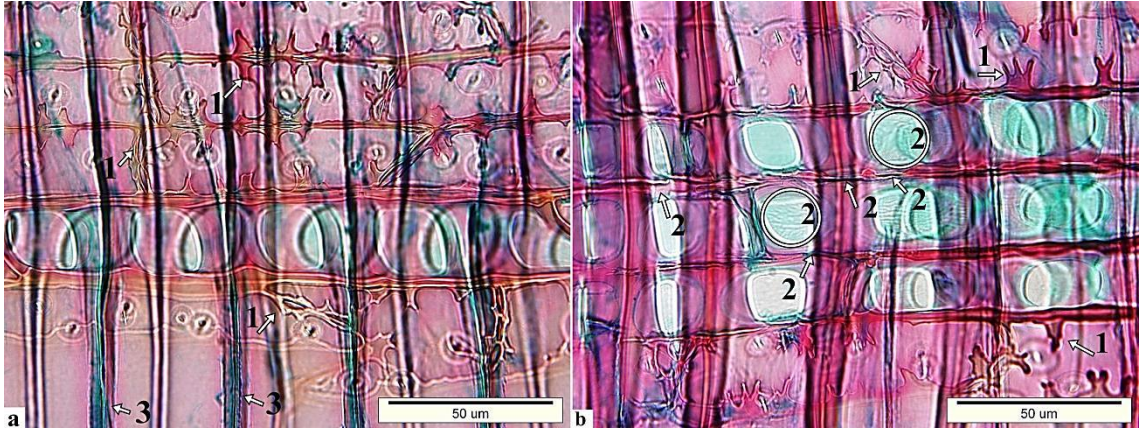
Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam dış kısım örnekleri;



Şekil 4.95: Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam dış kısım; a) diri odun, b) öz odun; ilkbahar odunu boyuna traheid radyal çeperlerinde hücre içi çatlaklar (1 no.lu oklar) ve çeperlerde bozunmalar (2 no.lu oklar), aspirasyon halindeki kenarlı geçitlerde bozunmalar (3 no.lu oklar).

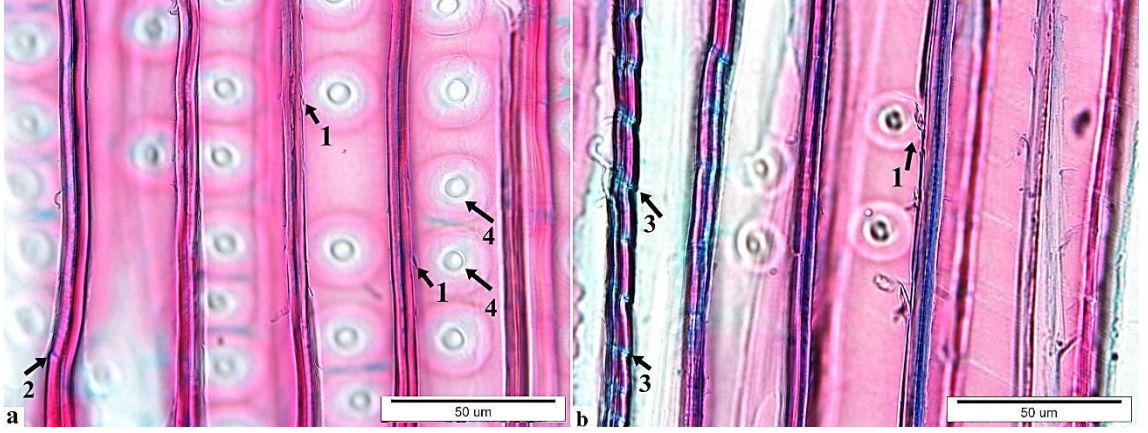


Şekil 4.96: Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam dış kısım; a) diri odun, b) öz odun; yaz odunu boyunca traheid hücrelerinin radyal çeperlerinde bozunmalar (1 no.lu oklar), hücre içi çatlaklar (2 no.lu oklar), orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu oklar) ve çeperlerde gevşeme (4 no.lu oklar).

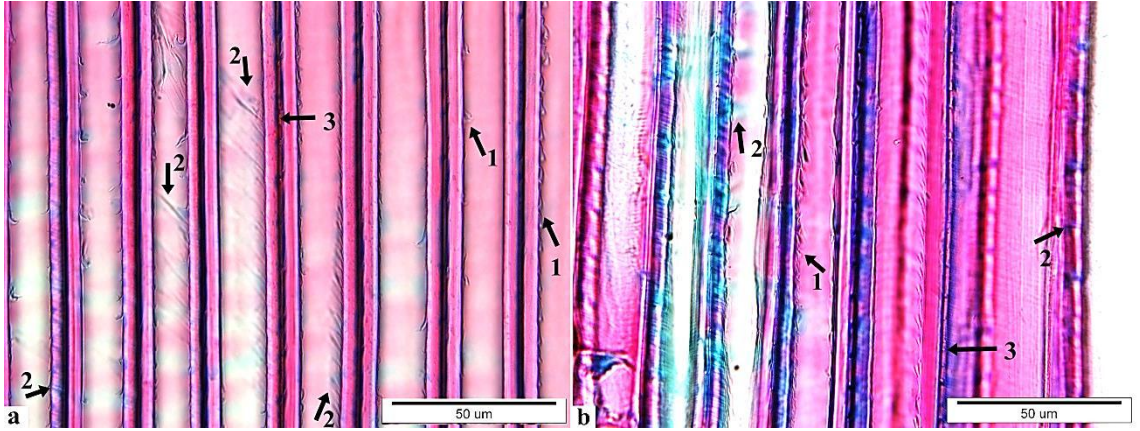


Şekil 4.97: Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam dış kısım; a) diri odun, b) öz odun; sağlam öz ışını traheid hücre çeperleri (1 no.lu oklar), öz ışını paranzim hücre çeperlerinde (2 no.lu oklar) ve karşılaşma yeri geçit zarlarında (beyaz daireler) bozunmalar, boyunca traheid hücre çeperlerinde bozunma (3 no.lu oklar) ve yıllık halka düzleminde kayma.

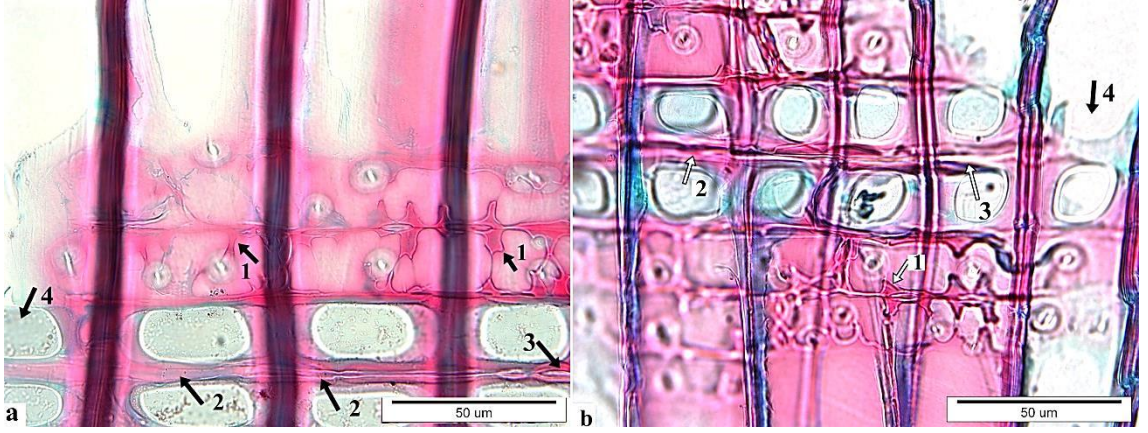
Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam iç kısım örnekleri;



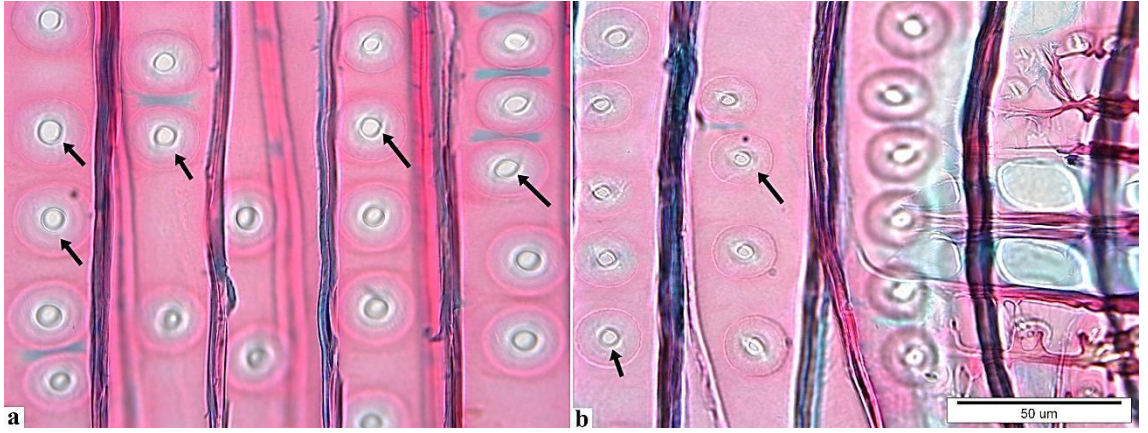
Şekil 4.98: Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam iç kısım; a) diri odun, b) öz odun; ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde bozunmalar (1 no.lu oklar), hücre içi çatlaklar (2 no.lu ok) ve hücreler arası çatlaklar (3 no.lu oklar), sağlam kenarlı geçitlerde aspirasyon hali (4 no.lu oklar).



Şekil 4.99: Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam iç kısım; a) diri odun, b) öz odun; yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde bozunmalar (1 no.lu oklar), hücre içi çatlaklar (2 no.lu oklar) ve orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu oklar).

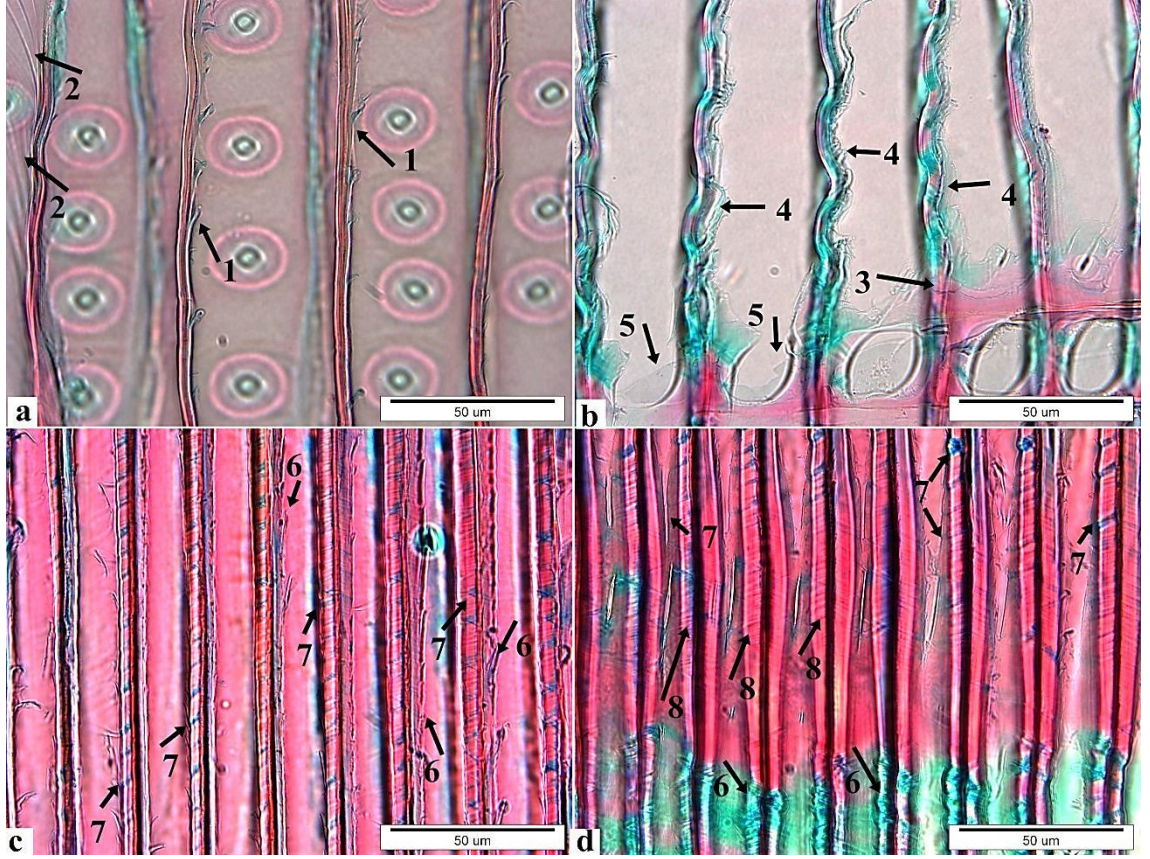


Şekil 4.100: Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam iç kısım; a) diri odun, b) öz odun; sağlam öz ışını traheid hücre çeperleri (1 no.lu oklar), öz ışını paraşim hücre çeperlerinde bozunma (2 no.lu oklar) ve hücre çeperlerinde ayrılma (3 no.lu oklar), parçalanmış karşılaşma yeri geçidi (4 no.lu ok), öz ışını traheidlerinde sağlam kenarlı geçitler.

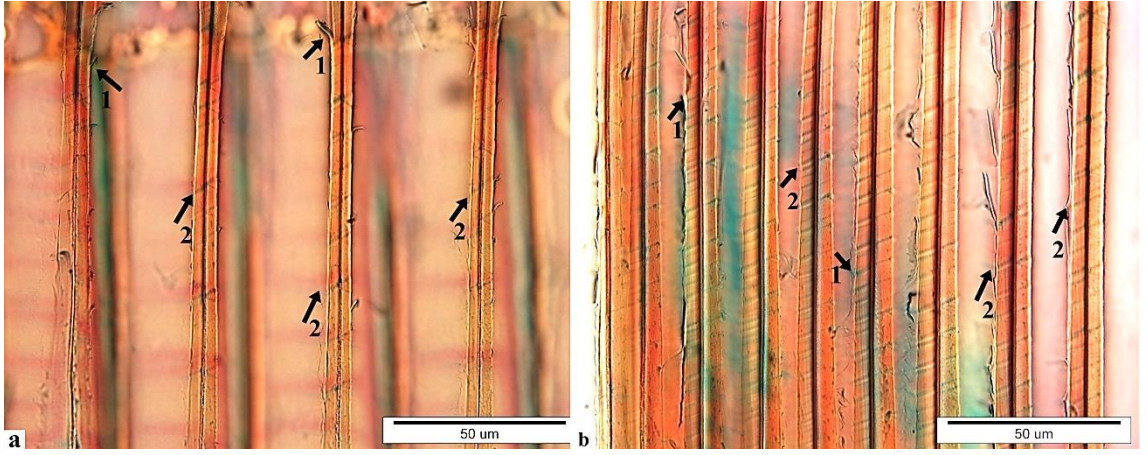


Şekil 4.101: Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam iç kısım; a) diri odun, b) öz odun; aspirasyona uğramış kenarlı geçitler.

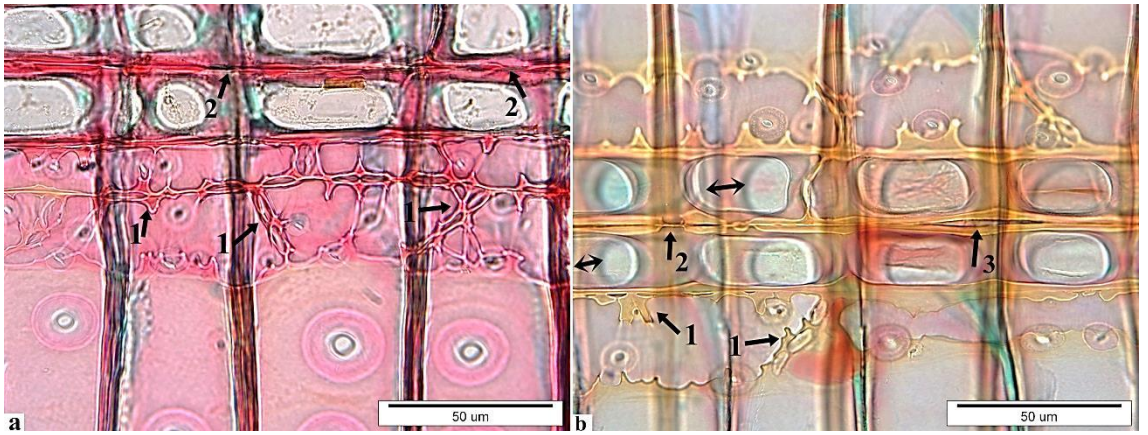
Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam iç kısım örnekleri;



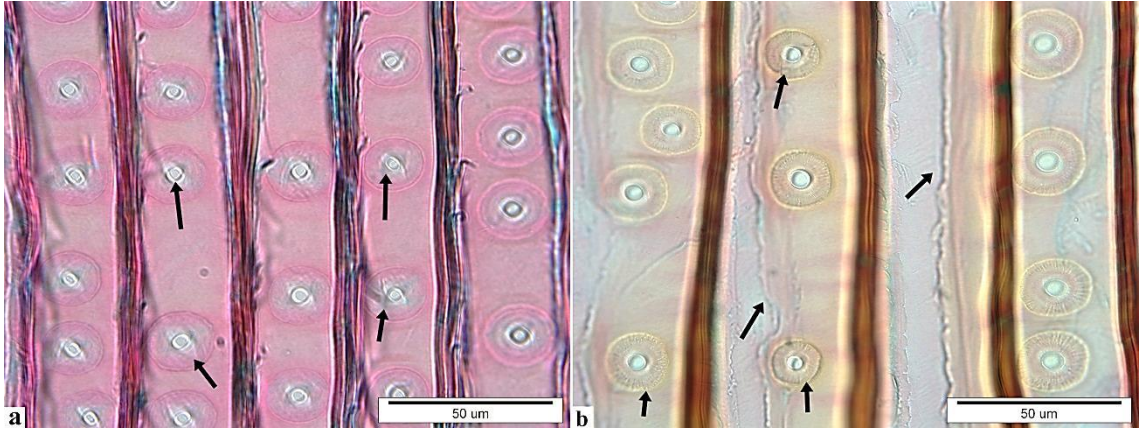
Şekil 4.102: Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam diri odun iç kısım; a,b) ilkbahar odunu tabakası; ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde bozunmalar (1 no.lu oklar), hücre içi çatlaklar (2 no.lu oklar), hücreler arası çatlaklar (3 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde bozunmalar sonucu oluşan hafif dalgalı yapı (4 no.lu oklar), karşılaşma yeri geçitlerinde bozunma (5 no.lu oklar), c,d) yaz odunu tabakası; yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde bozunma (6 no.lu oklar), hücre içi çatlaklar (7 no.lu oklar) ve yaz odunu boyuna traheid hücreleri radyal çeperlerinde gözlenen gevşek yapı (8 no.lu oklar).



Şekil 4.103: Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam öz odun iç kısım; a) ilkbahar odunu tabakası, b) yaz odunu tabakası; boyuna traheid hücre çeperlerinde bozunma (1 no.lu oklar), hücreler arası çatlaklar (2 no.lu oklar).

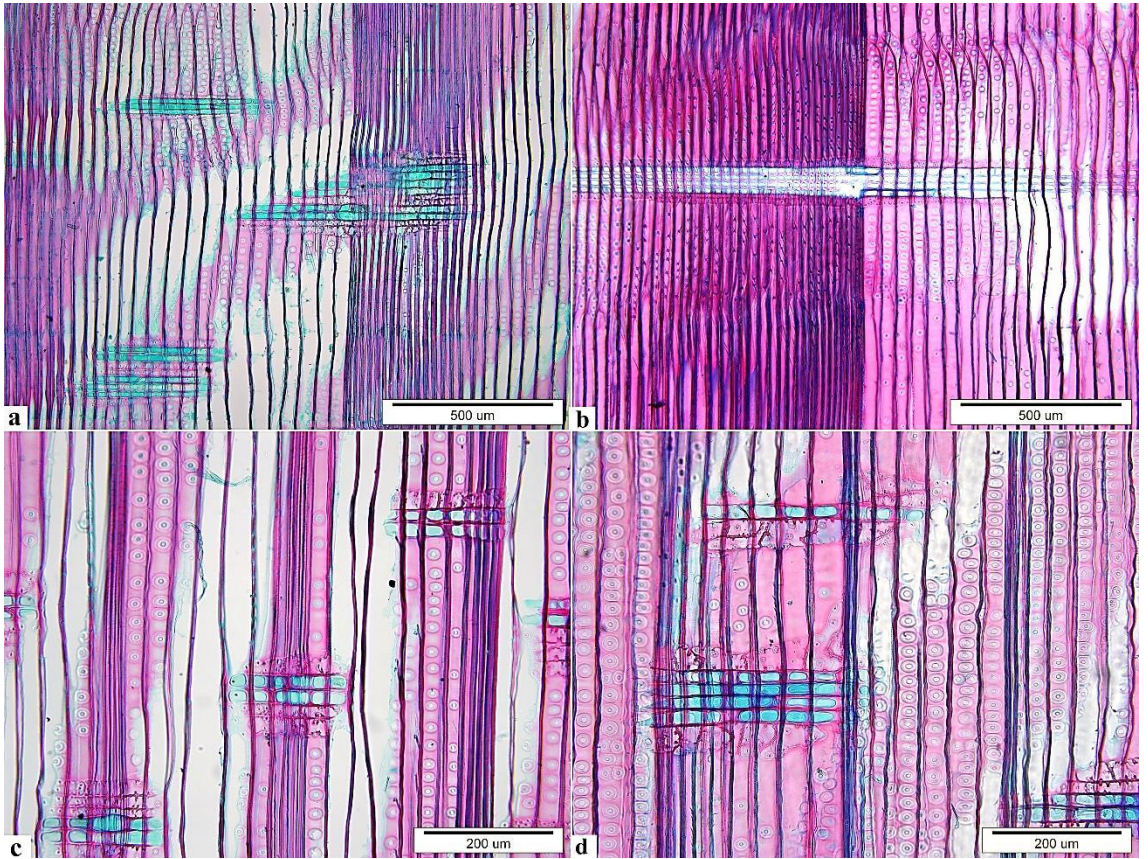


Şekil 4.104: Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam iç kısım; a) diri odun, b) öz odun; sağlam öz ışını traheid hücre çeperleri (1 no.lu oklar), öz ışını paranşim hücre çeperlerinde bozunma (2 no.lu oklar) ve ayrılma (3 no.lu ok), öz odun örneğinde yıllık halka düzleminde kayma (çift yönlü oklar).

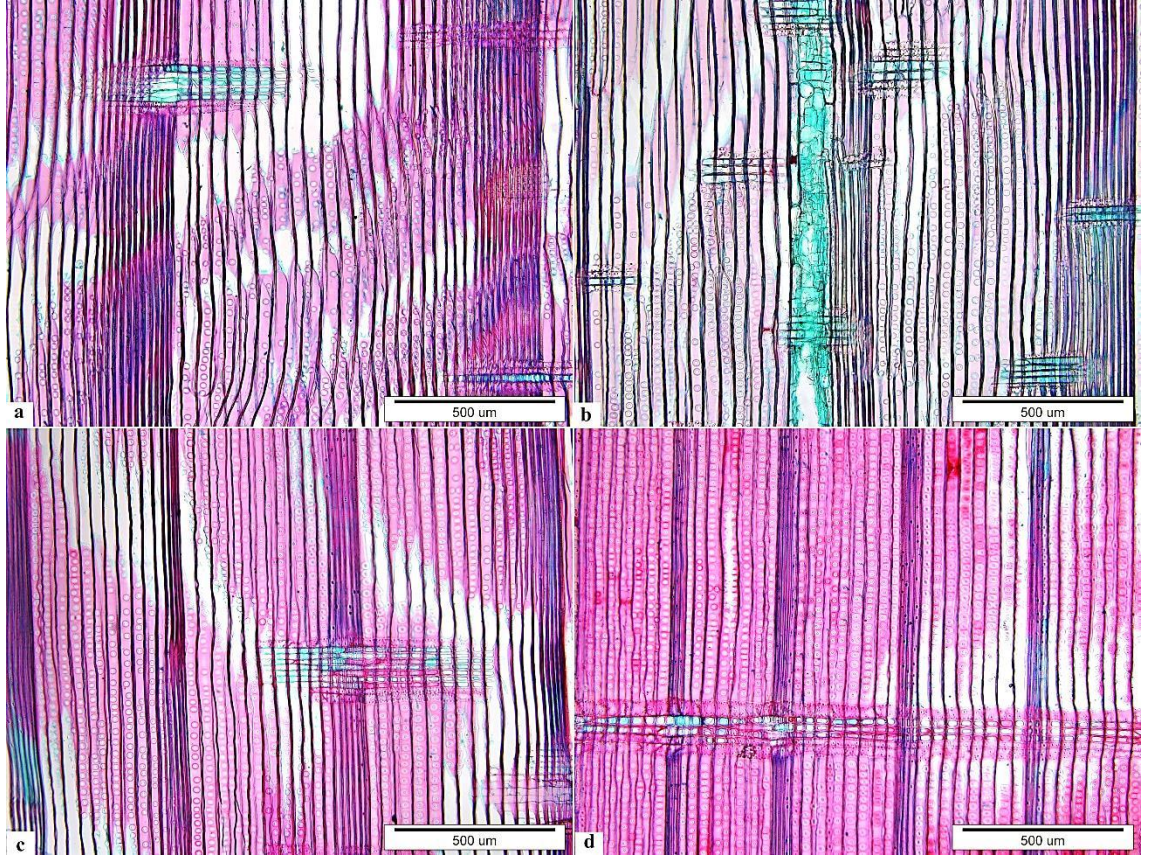


Şekil 4.105: Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam iç kısım; a) diri odun, b) öz odun; aspirasyon halinde kenarlı geçitler ve ilkbahar odunu boyunca traheid hücre çeperlerinde hücre içi çatlak oluşumu.

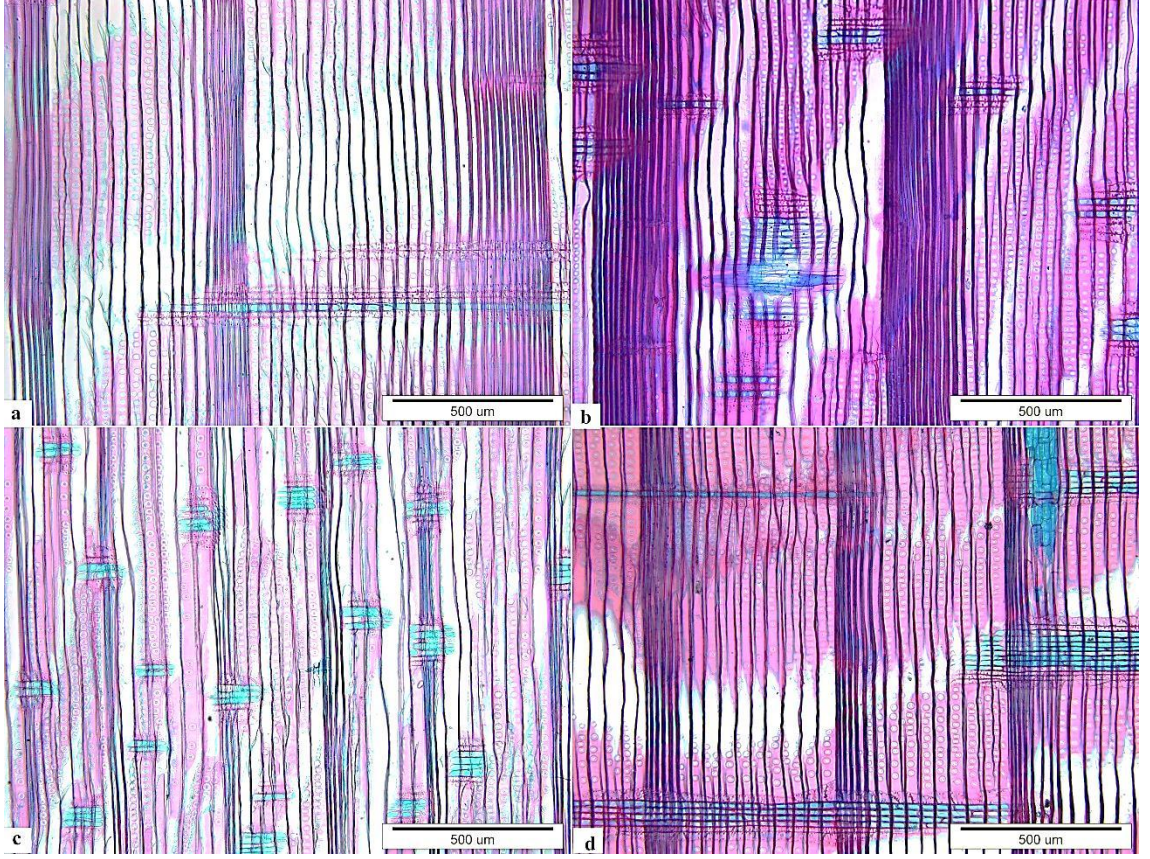
İthal sarıçam örnekleri genel görünüşü;



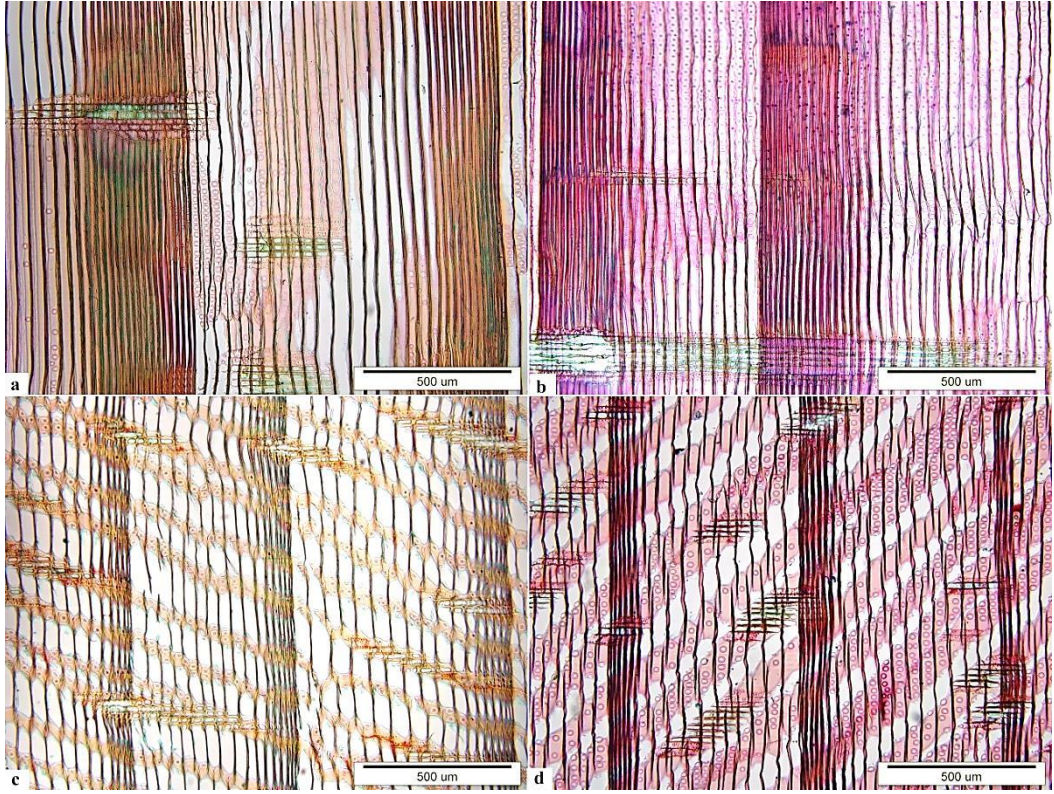
Şekil 4.106: Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-S kontrol örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnekte iç kısım, b) daha geniş yıllık halkalı örnekte dış kısım, c) daha dar yıllık halkalı örnekte iç kısım, d) daha dar yıllık halkalı örnekte dış kısım.



Şekil 4.107: Thermo-S uygulanmış ithal sarıçam örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnekte iç kısım, b) daha geniş yıllık halkalı örnekte dış kısım, c) daha dar yıllık halkalı örnekte iç kısım, d) daha dar yıllık halkalı örnekte dış kısım.

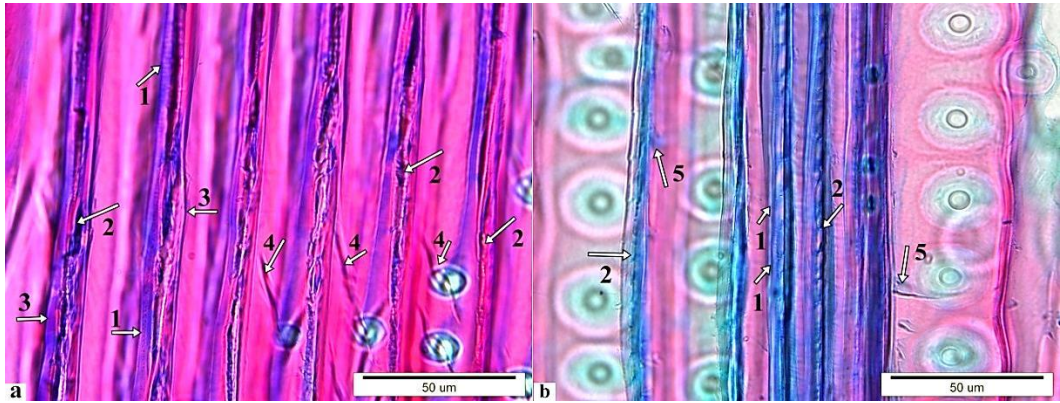


Şekil 4.108: Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-D kontrol örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnekte iç kısım, b) daha geniş yıllık halkalı örnekte dış kısım, c) daha dar yıllık halkalı örnekte iç kısım, d) daha dar yıllık halkalı örnekte dış kısım.

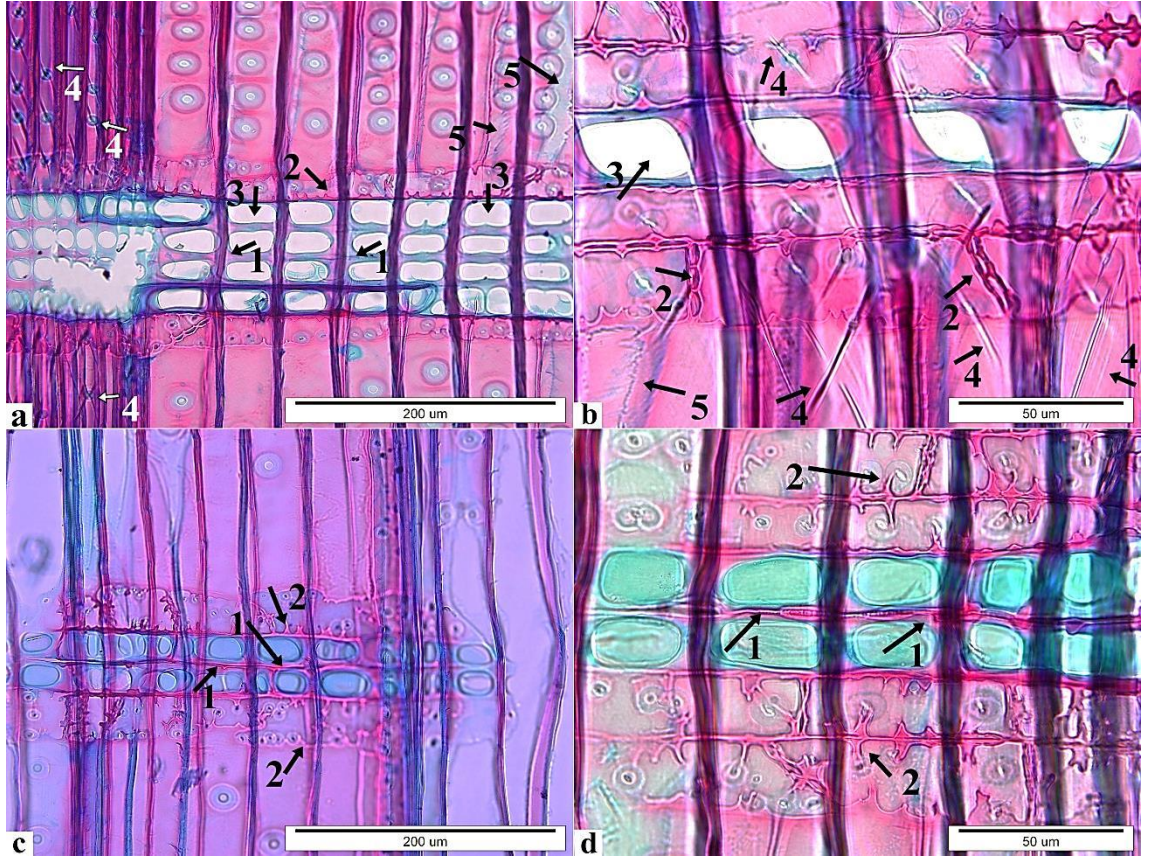


Şekil 4.109: Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnekte iç kısım, b) daha geniş yıllık halkalı örnekte dış kısım, c) daha dar yıllık halkalı örnekte iç kısım, d) daha dar yıllık halkalı örnekte dış kısım.

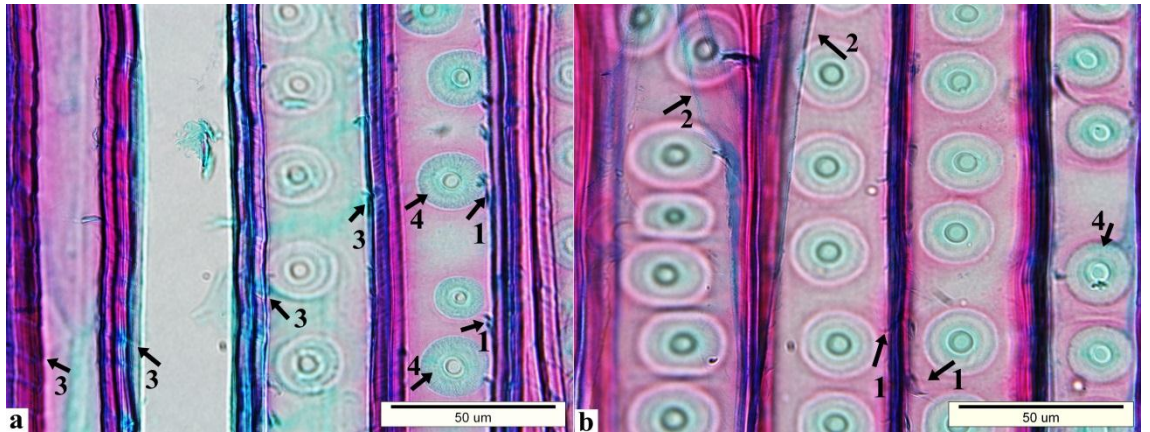
Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-S kontrol dış kısım örnekleri;



Şekil 4.110: Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-S kontrol örnekleri, dış kısım; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde hücre içi çatlaklar (1 no.lu oklar), orta lamelden ayrılmalar (2 no.lu oklar), hücre çeperlerinde gözlenen gevşek yapı (3 no.lu oklar) ve kenarlı geçitlerin bulunduğu bölgelerde yarık şeklinde ayrılmalar (4 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheid çeperlerinin lümen tarafında bozunmalar (5 no.lu oklar).



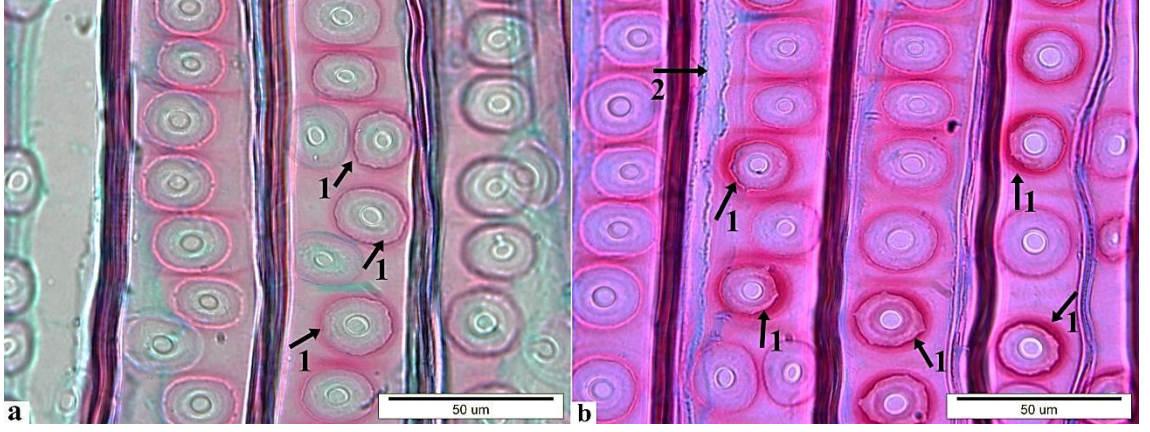
Şekil 4.111: Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam dış kısım Thermo-S kontrol örnekleri; a-b) daha geniş yıllık halkalı örnek, c-d) daha dar yıllık halkalı örnek, öz ışını paranzim hücre çeperlerinde parçalanmalar (1 no.lu oklar), sağlam öz ışını traheid hücre çeperleri (2 no.lu oklar), karşılaşma yeri geçit zarlarında parçalanma (3 no.lu oklar), boyuna traheid hücre çeperlerinde yarık şeklinde ayrılmalar (4 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde hücre içi çatlaklar (5 no.lu oklar).



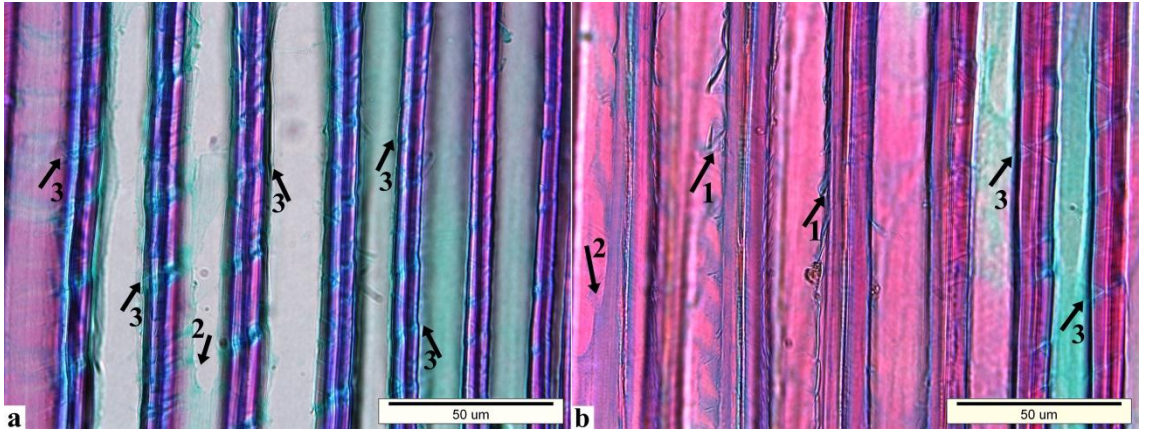
Şekil 4.112: Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam dış kısım Thermo-S kontrol örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, ilkbahar odunu boyuna traheid hücrelerinde lümen tarafındaki çeper tabakasında bozunmalar (1 no.lu oklar),

hücre içi (2 no.lu oklar) ve hücreler arası (3 no.lu oklar) çatlak oluşumu, sağlam aspirasyon halindeki kenarlı geçitler (4 no.lu oklar).

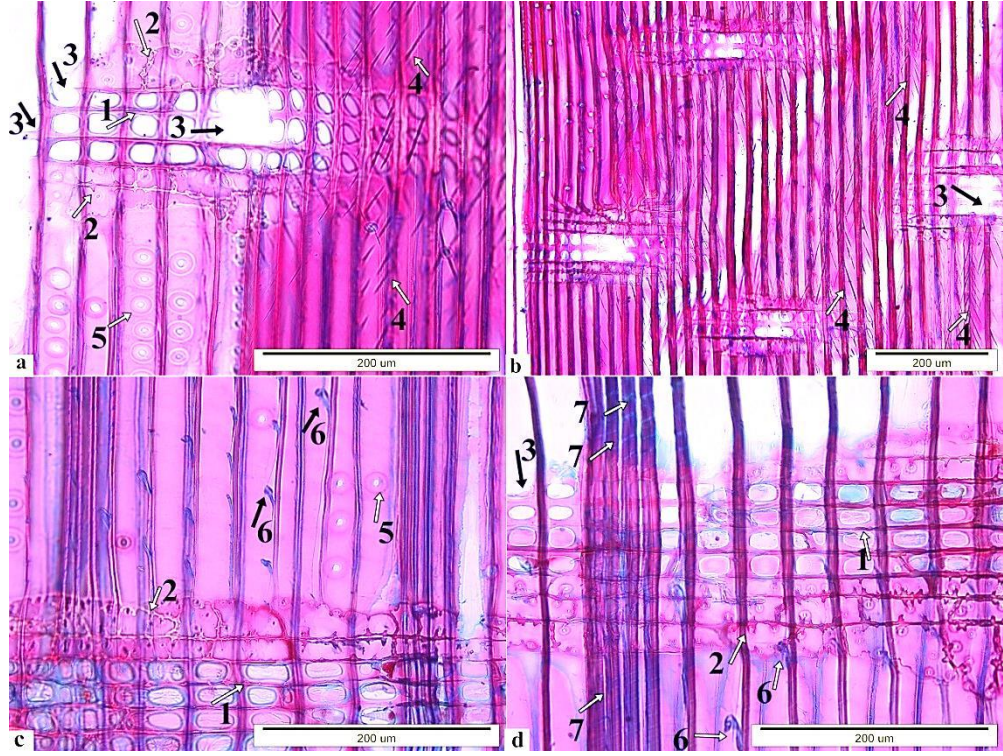
Thermo-S uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri;



Şekil 4.113: Thermo-S uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, kenarlı geçitlerde bozunma (1 no.lu oklar).

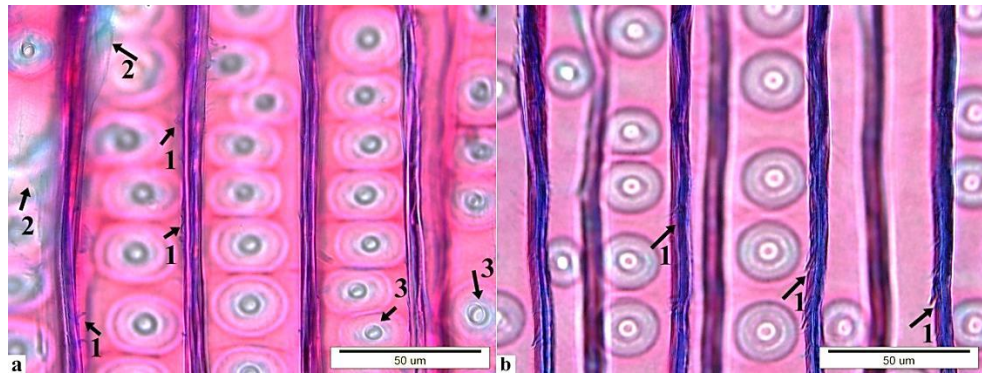


Şekil 4.114: Thermo-S uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri; a-b) daha geniş yıllık halkalı örnek, boyuna traheid hücrelerinin çeperlerinde bozunmalar (1 no.lu oklar), hücre içi (2 no.lu oklar) ve hücreler arası (3 no.lu oklar) çatlak oluşumu.

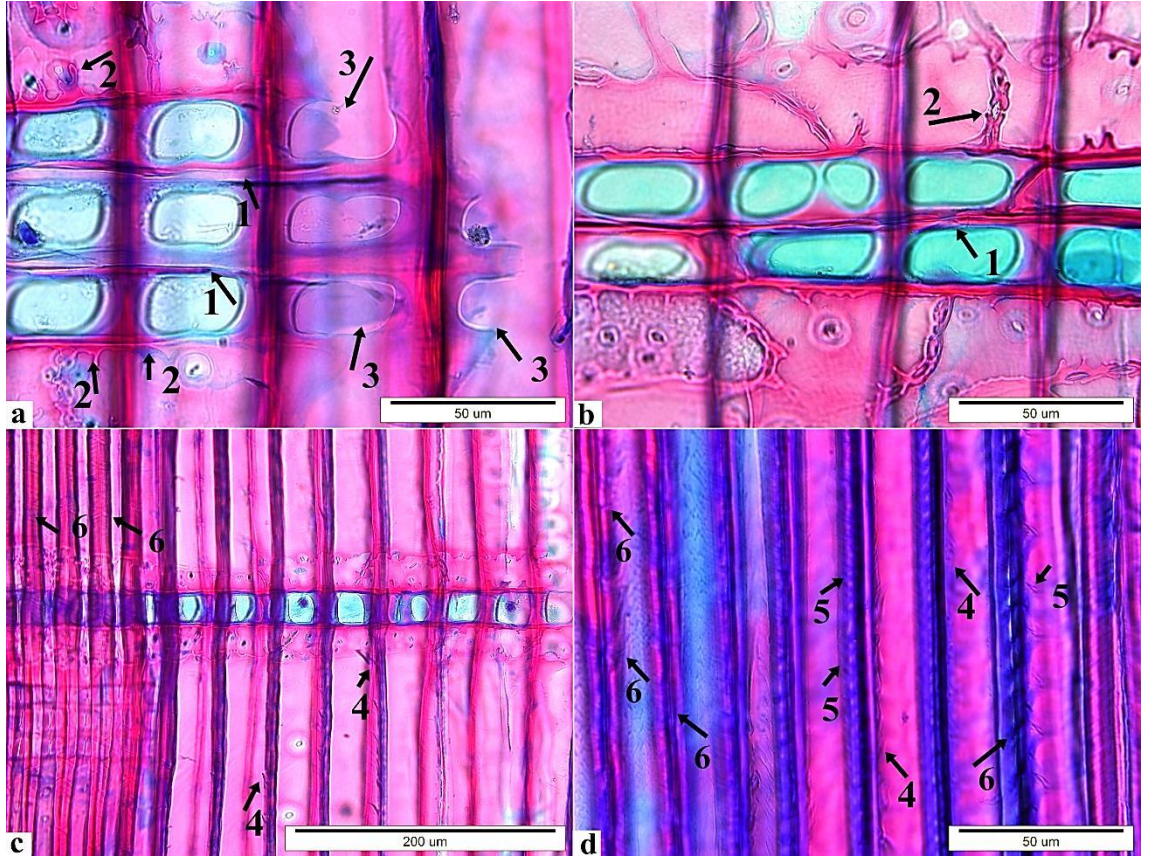


Şekil 4.115: Thermo-S uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri; a-b) daha geniş yıllık halkalı örnek, c-d) daha dar yıllık halkalı örnek, öz ışını paranzim hücre çeperlerinde parçalanma (1 no.lu oklar), sağlam öz ışını traheid hücre çeperleri (2 no.lu oklar), karşılaşma yeri geçitlerinde parçalanma (3 no.lu oklar), boyuna traheid hücre çeperlerinde yarıklar şeklinde ayrılmalar (4 no.lu oklar), sağlam kenarlı geçitler (5 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında bozunmalar (6 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde hücreler arası çatlak oluşumu (7 no.lu oklar).

Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-D kontrol dış kısım örnekleri;

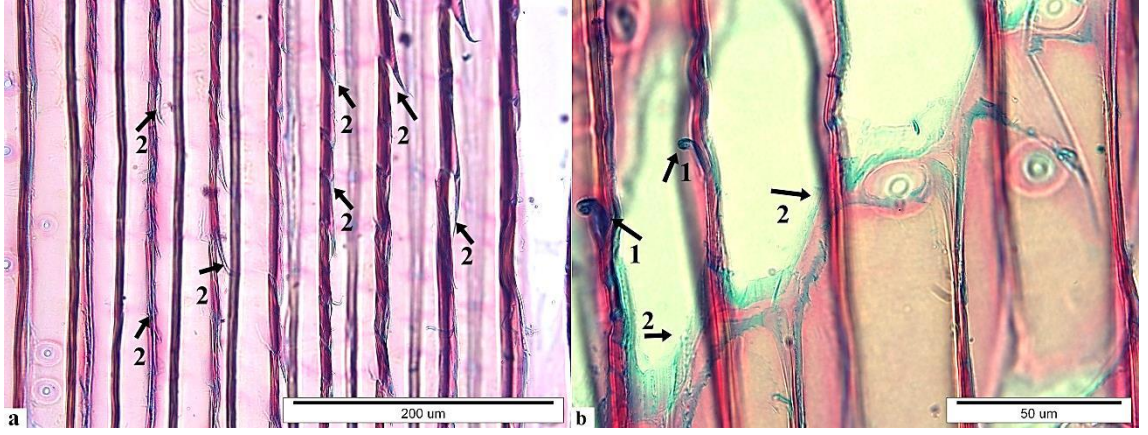


Şekil 4.116: Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-D kontrol dış kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, boyuna traheid çeperlerinin lümen tarafında bozunmalar (1 no.lu oklar), hücre içi çatlaklar (2 no.lu oklar), aspirasyona uğramış sağlam kenarlı geçitler (3 no.lu oklar).

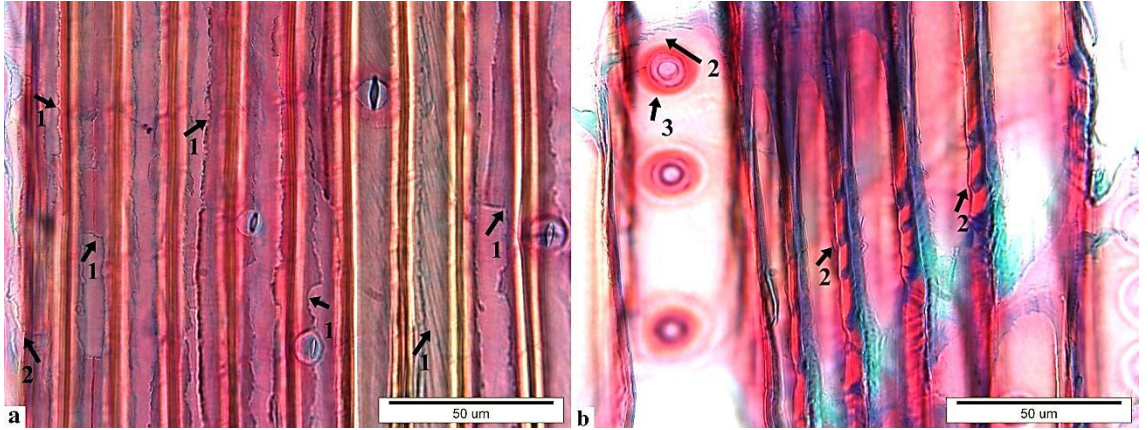


Şekil 4.117: Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-D kontrol dış kısım örnekleri; a-c-d) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, öz ışını paranzim hücre çeperlerinde parçalanma (1 no.lu oklar), nispeten sağlam öz ışını traheid hücre çeperleri (2 no.lu oklar), karşılaşma yeri geçit zarlarında parçalanma (3 no.lu oklar), boyuna traheid hücre çeperlerinin lümen tarafında bozunmalar (4 n.lu oklar), hücre içi (5 no.lu oklar) ve hücreler arası çatlak oluşumu (6 no.lu oklar).

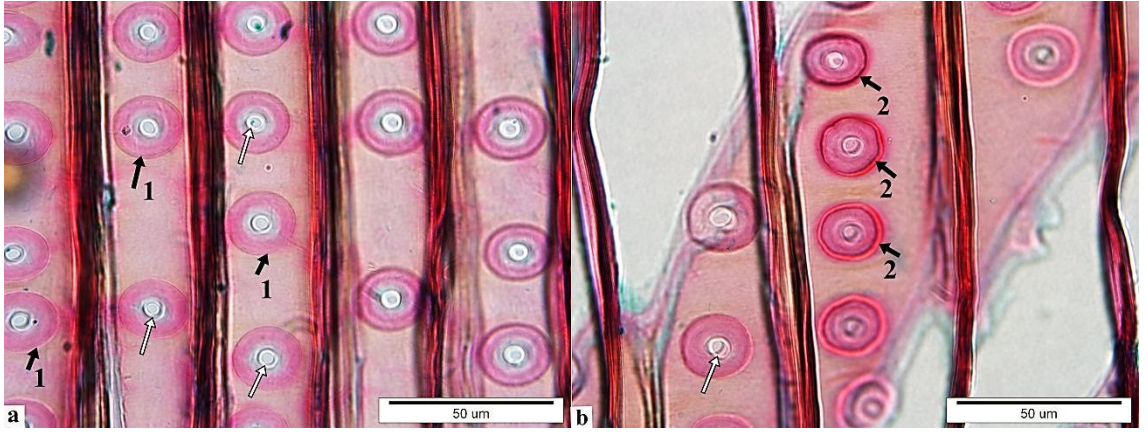
Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri;



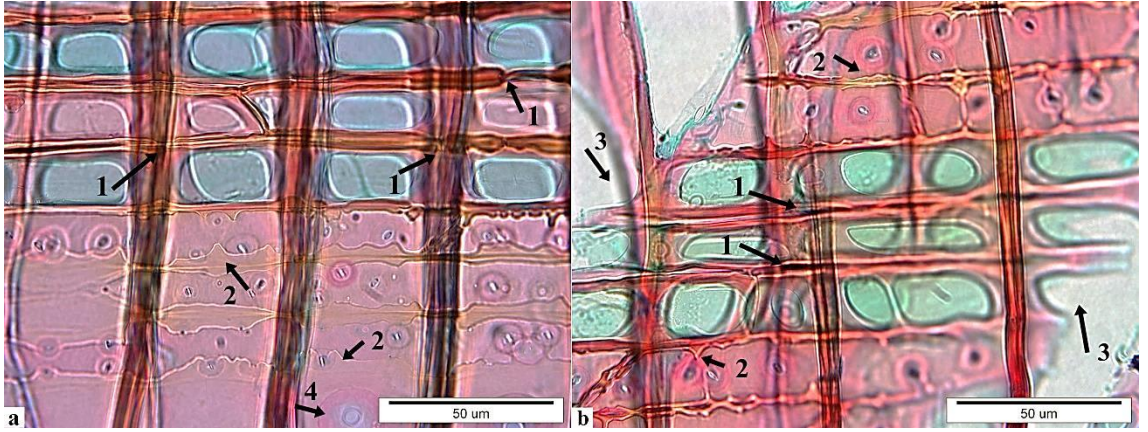
Şekil 4.118: Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, ilkbahar odunu boyunca traheid hücre çeperlerinde kopmalar (1 no.lu oklar) ve hücreler arası çatlak oluşumu (2 no.lu oklar).



Şekil 4.119: Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, yaz odunu boyunca traheid hücre çeperlerinde hücre içi (1 no.lu oklar) ve hücreler arası (2 no.lu oklar) çatlak oluşumu, kenarlı geçitlerde bozunma (3 no.lu ok).

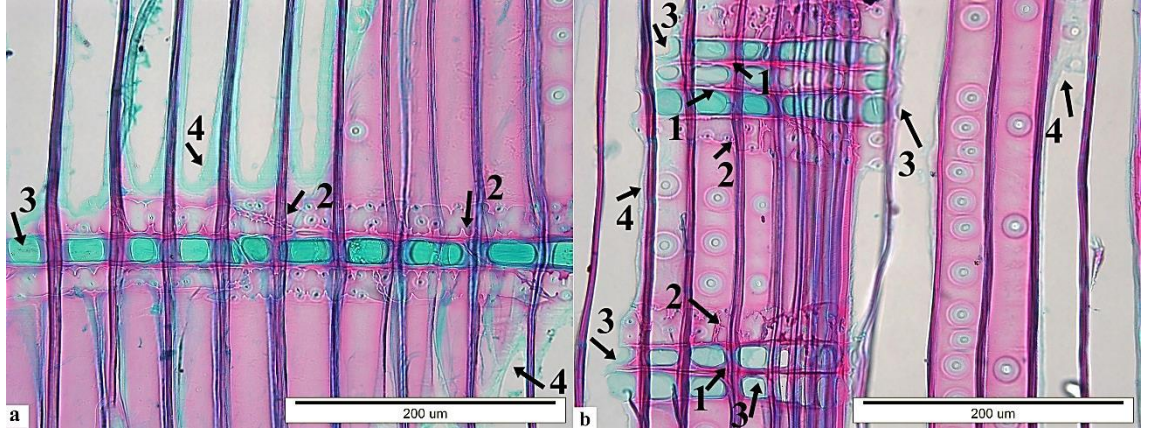


Şekil 4.120: Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, kenarlı geçitlerde aspirasyon hali (beyaz oklar), sağlam kenarlı geçitler (1 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde bozunmalar (2 no.lu oklar).

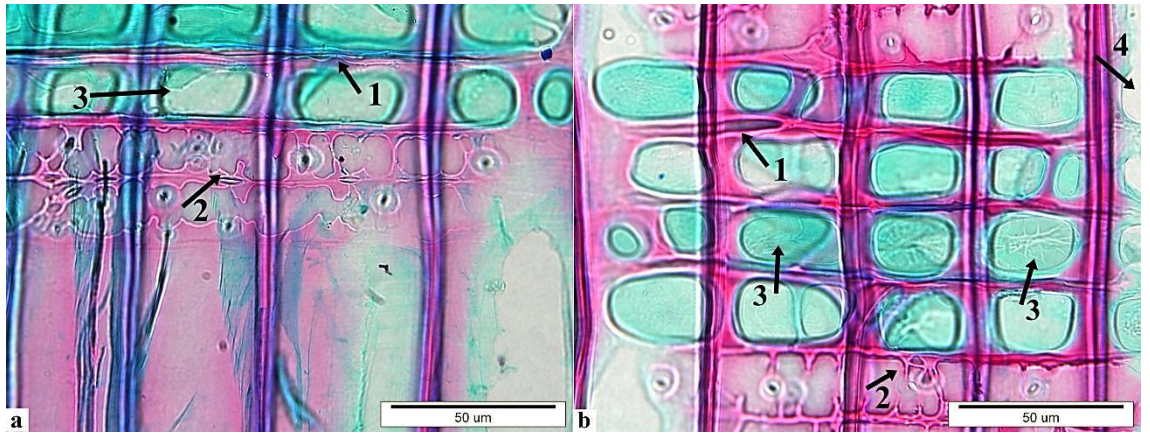


Şekil 4.121: Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, öz ışını paranzim hücre çeperlerinde parçalanma (1 no.lu oklar), sağlam öz ışını traheid hücre çeperleri (2 no.lu oklar), karşılaşma yeri geçitlerinde parçalanma (3 no.lu oklar), sağlam kenarlı geçit (4 no.lu ok).

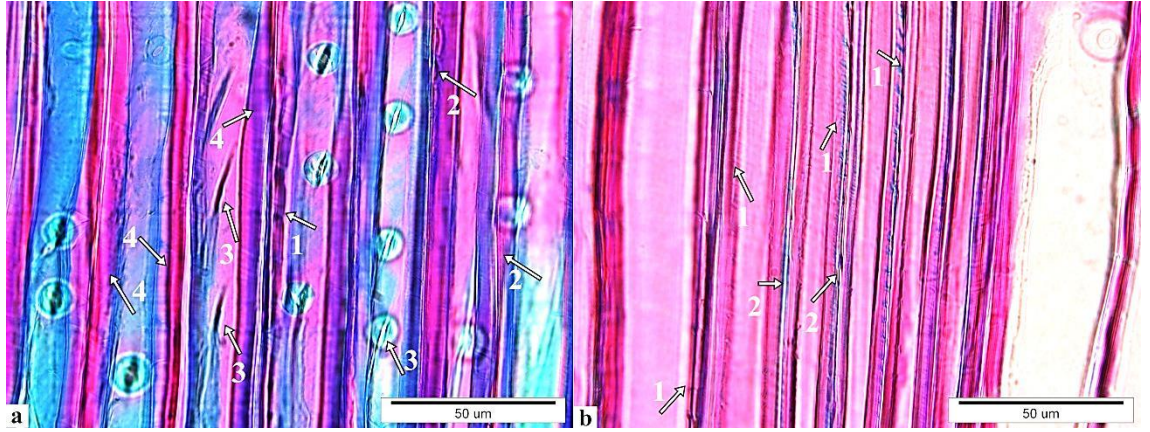
Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-S kontrol iç kısım örnekleri;



Şekil 4.122: Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-S kontrol iç kısım örneği; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, öz ışını paranzim hücre çeperlerinde parçalanma (1 no.lu oklar), sağlam öz ışını traheid hücre çeperleri (2 no.lu oklar), karşılaşma yeri geçit zarlarında bozunma (3 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyunca traheid hücre çeperlerinde hücre içi çatlak oluşumu (4 no.lu oklar).

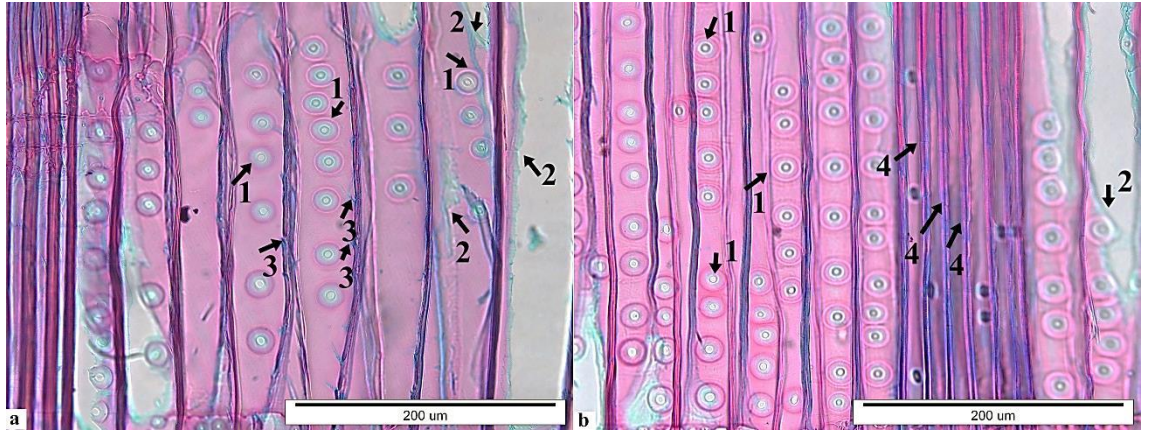


Şekil 4.123: Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-S kontrol iç kısım örneği; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, öz ışını paranzim hücre çeperlerinde parçalanma (1 no.lu oklar), sağlam öz ışını traheid hücre çeperleri (2 no.lu oklar), karşılaşma yeri geçit zarlarında bozunma (3 no.lu oklar) ve parçalanma (4 no.lu oklar).

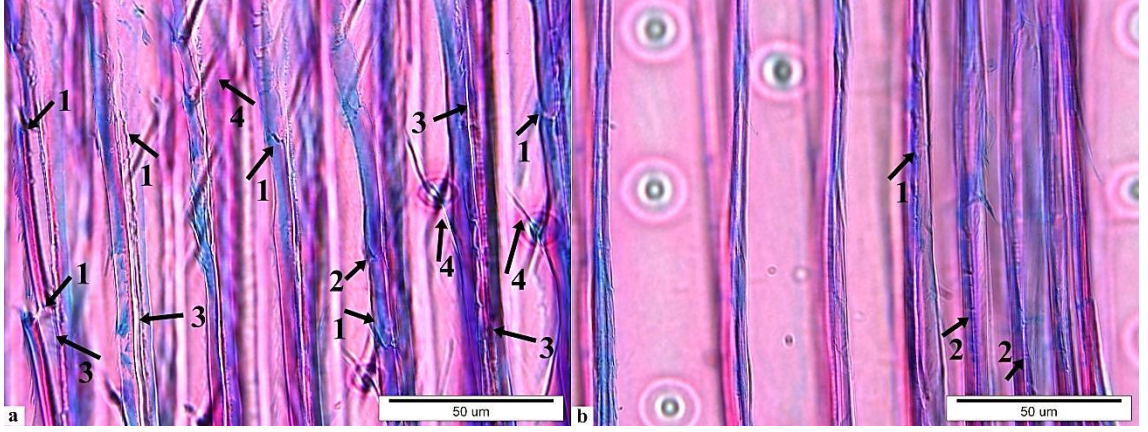


Şekil 4.124: Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-S kontrol iç kısım örneği; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, yaz odunu boyunca traheid hücre çeperlerinde hücreler arası çatlak oluşumu (1 no.lu oklar), orta lamelden ayrılmalar (2 no.lu oklar), yarık şeklinde ayrılmalar (3 no.lu oklar), yaz odunu boyunca traheid hücre çeperlerinde gözlenen gevşek yapı (4 no.lu oklar).

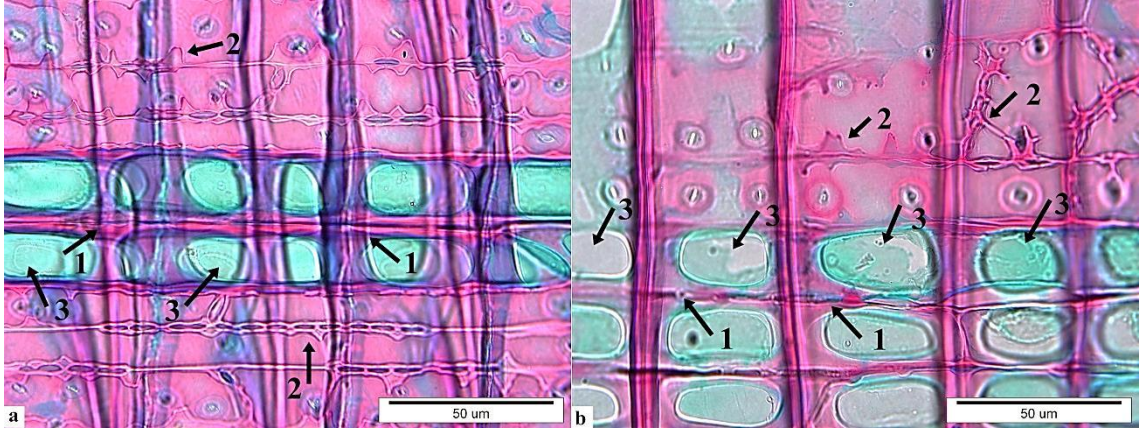
Thermo-S uygulanmış ithal sarıçam iç kısım örnekleri;



Şekil 4.125: Thermo-S uygulanmış ithal sarıçam iç kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, sağlam kenarlı geçitler (1 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyunca traheid hücre çeperlerinde hücre içi (2 no.lu oklar), hücreler arası (3 no.lu oklar) çatlak oluşumu, yaz odunu boyunca traheid hücre çeperlerinde hücreler arası çatlak oluşumu (4 no.lu oklar).

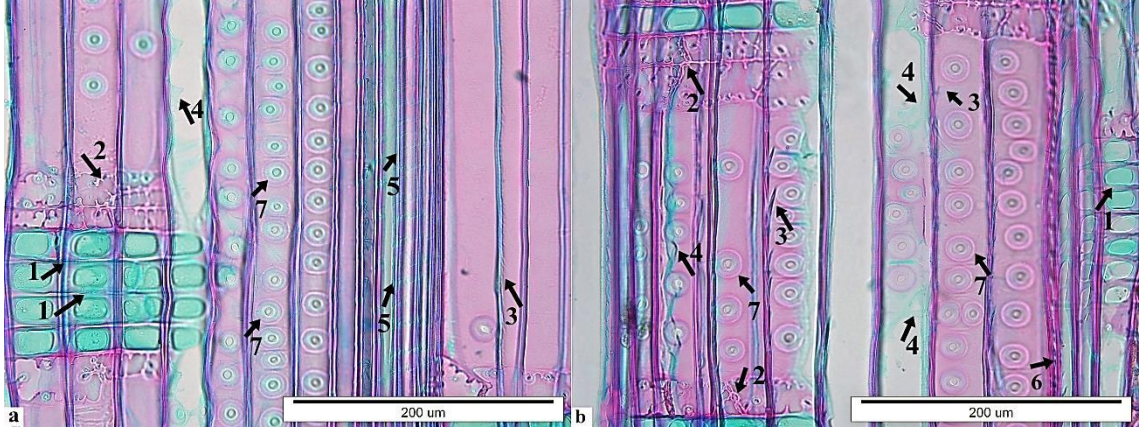


Şekil 4.126: Thermo-S uygulanmış ithal sarıçam iç kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, yaz odunu boyunca traheid hücre çeperlerinde hücre içi (1 no.lu oklar) ve hücreler arası (2 no.lu oklar) çatlak oluşumu, orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu oklar) ve kenarlı geçitlerin bulunduğu bölgelerde yarık şeklinde ayrılmalar (4 no.lu oklar).

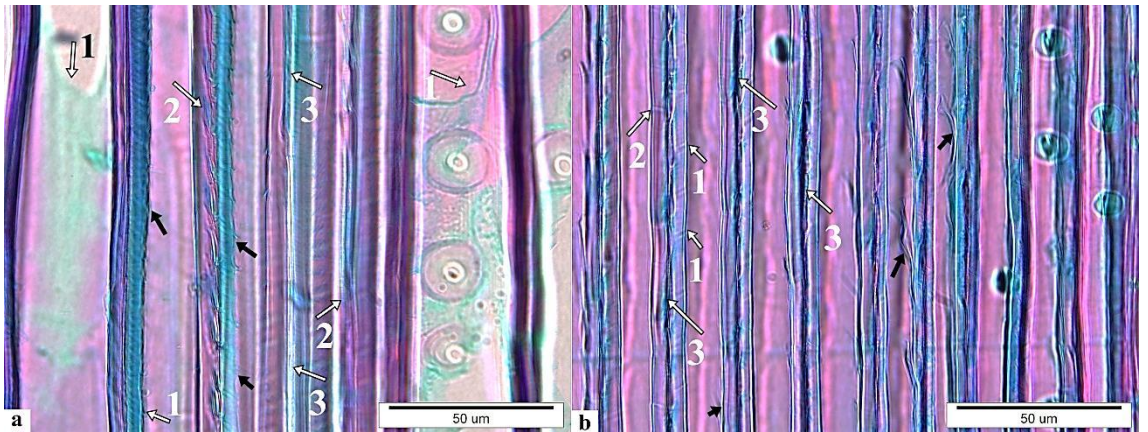


Şekil 4.127: Thermo-S uygulanmış ithal sarıçam iç kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, öz ışını paranzim hücre çeperlerinde bozunma (1 no.lu oklar), sağlam öz ışını traheid hücre çeperleri (2 no.lu oklar), karşılaşma yeri geçit zarlarında bozunmalar (3 no.lu oklar).

Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-D kontrol iç kısım örnekleri;

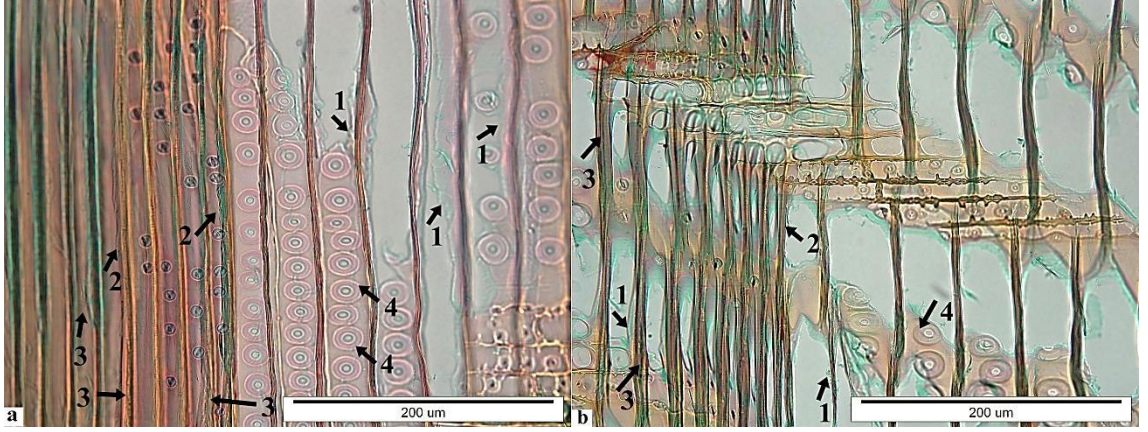


Şekil 4.128: Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-D kontrol iç kısım örnekleri; a-b) dar yıllık halkalı örnek; öz ışını paranzim hücre çeperlerinde bozunma (1 no.lu oklar), sağlam öz ışını traheid hücre çeperleri (2 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde bozunmalar (3 no.lu oklar) ve hücre içi çatlak oluşumu (4 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde hücreler arası çatlak oluşumu (5 no.lu oklar) ve orta lamelden ayrılmalar (6 no.lu oklar), sağlam kenarlı geçitler (7 no.lu oklar).

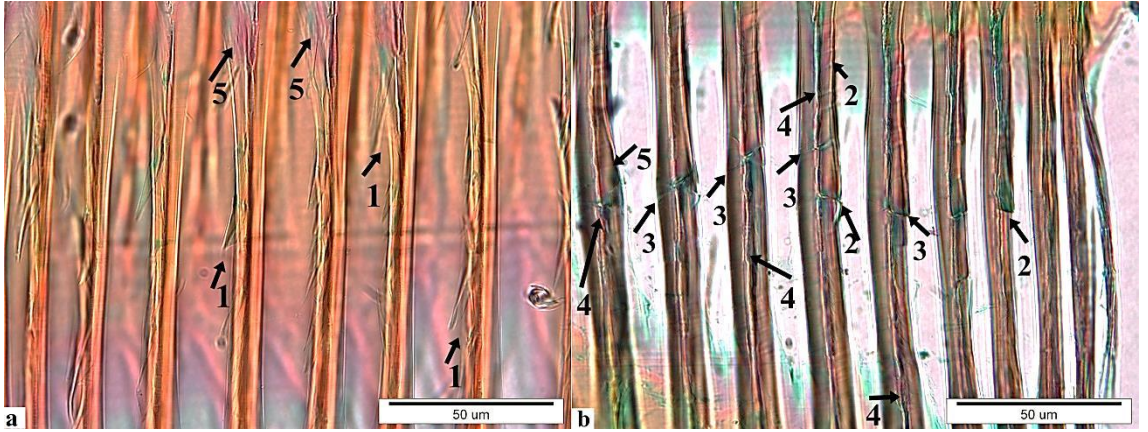


Şekil 4.129: Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-D kontrol iç kısım örnekleri; a) daha dar yıllık halkalı örnek, b) daha geniş yıllık halkalı örnek, boyuna traheid hücre çeperlerinde bozunmalar (siyah oklar), yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde hücre içi (1 no.lu oklar) ve hücreler arası (2 no.lu oklar) çatlak oluşumu, orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu oklar).

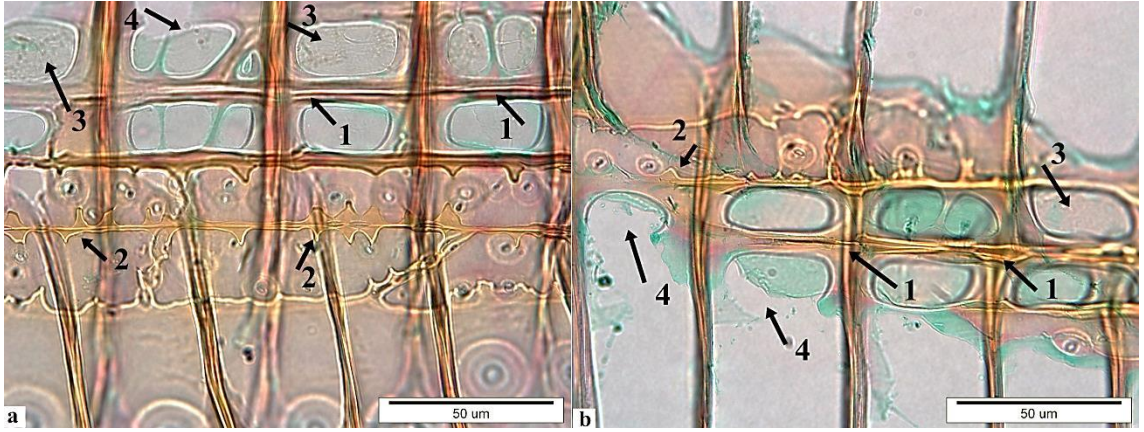
Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam iç kısım örnekleri;



Şekil 4.130: Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam iç kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde parçalanma (1 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde bozunmalar (2 no.lu oklar) ve gevşek yapı alma (3 no.lu oklar), sağlam kenarlı geçitler (4 no.lu oklar).



Şekil 4.131: Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam iç kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde bozunmalar (1 no.lu oklar), hücre içi (2 no.lu oklar) ve hücreler arası (3 no.lu oklar) çatlak oluşumu, orta lamelden ayrılmalar (4 no.lu oklar), gevşek yapı alma (5 no.lu oklar).



Şekil 4.132: Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam iç kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, öz ışını paranzim hücre çeperlerinde bozunmalar (1 no.lu oklar), sağlam öz ışını traheid hücre çeperleri (2 no.lu oklar), karşılaşma yeri geçit zarlarında bozunma (3 no.lu oklar) ve öz ışını paranzim hücreleri ve karşılaşma yeri geçitlerinde parçalanmalar (4 no.lu oklar).

4.1.3. Ultramikroskopik İncelemeler

Işık mikroskopu yardımıyla mikroskopik yapının incelenmesinin ardından aynı örnekler üzerinde daha ayrıntılı gözlem yapmak amacıyla ultramikroskopik incelemeler gerçekleştirilmiştir.

Mikroskopik incelemeler sırasında tespit edilen bozunmaların, SEM ile yapılan incelemelerde de benzer şekilde olduğu gözlenmiştir. Farklı olarak, özellikle traheid çeperlerindeki bozunmaların ayrıntılı incelenmesi sonucu, yaz odunu boyunca traheid hücrelerinde sekonder çeperin orta lamele yakın kısımlarında görülen bozunmaların işlem sıcaklığı arttıkça çeper maddesinin kaybı sonucu oyuk oluşumuna sebep olduğu görülmüştür.

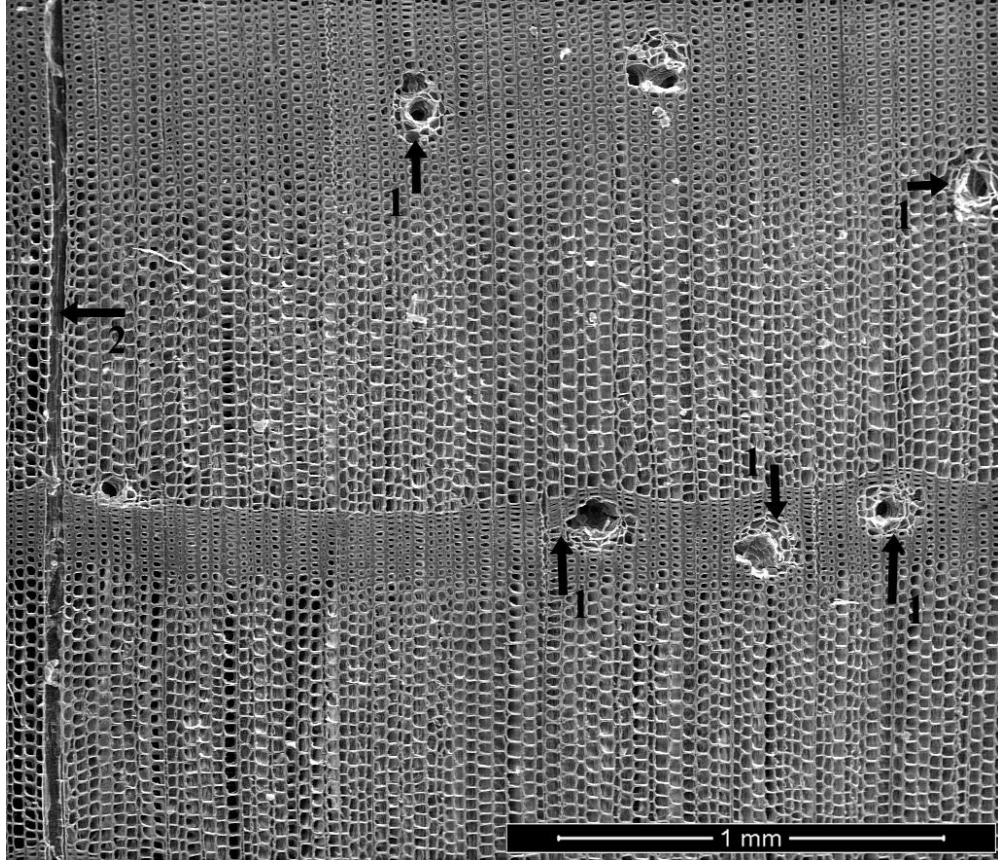
Yapılan incelemeler sırasında yaz odunu tabakası boyunca öz ışınlarında görülen teğet yönde ayrılmaların bazılarının genel olarak ince çeperli öz ışını paranzim hücre çeperlerinin preparasyon aşamasında parçalanması sonucu oluştuğu, odun yapısında derinlere inen çatlak şeklinde bir bozunma yaratmadığı görülmüştür.

Mikroskopik yapıda görülen orta lamellerinden ayrılan boyunca traheid hücreleri veya boyunca reçine kanalları çevresinde bulunan boyunca traheid hücre çeperlerindeki inceleme ve parçalanmalar sebebiyle oluşan düzensiz çatlakların odun yapısında boyunca ilerlemeye devam ettiği tespit edilmiştir.

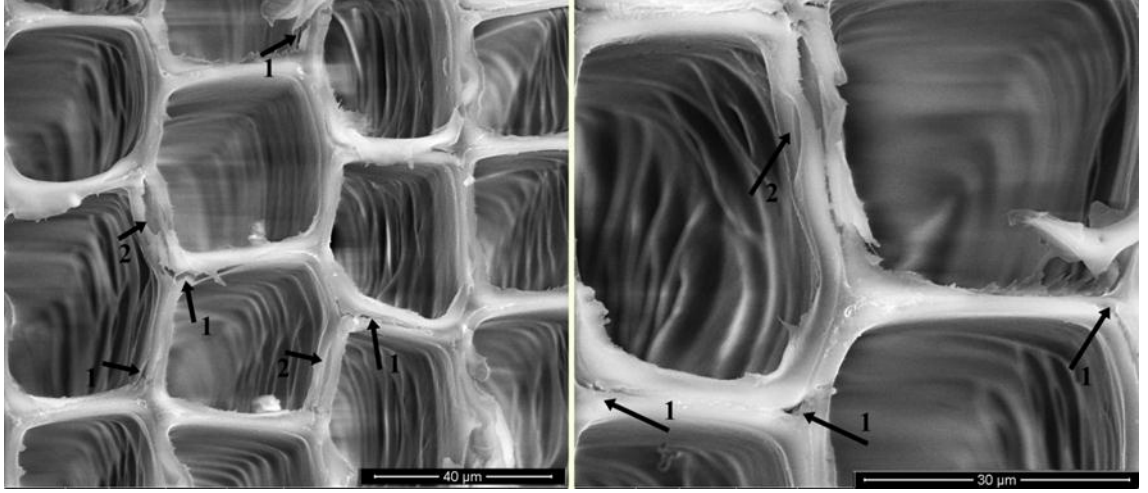
Ayrıca Thermo-D uygulamaları ardından özellikle ilkbahar odunu boyuna traheidlerinin genel olarak doğal şekillerini koruyamadıkları görülmüştür.

Yapılan incelemeler göstermektedir ki, hücrelerde görülen bozunmaların şiddeti uygulanan işlem sıcaklığına bağlı olarak değişim göstermektedir. Uygulanan ısıl işlem sıcaklığı arttıkça, bozunmaların da belirgin şekilde arttığı görülmektedir. Benzer şekilde ısıl işlemin etkileri örneklerin alındığı yere göre de değişim göstermekte, ısıl işlem uygulanmış kerestelerin dış kısımlarından hazırlanan örneklerde bozunmaların iç kısımlara oranla daha yoğun olduğu belirlenmiştir.

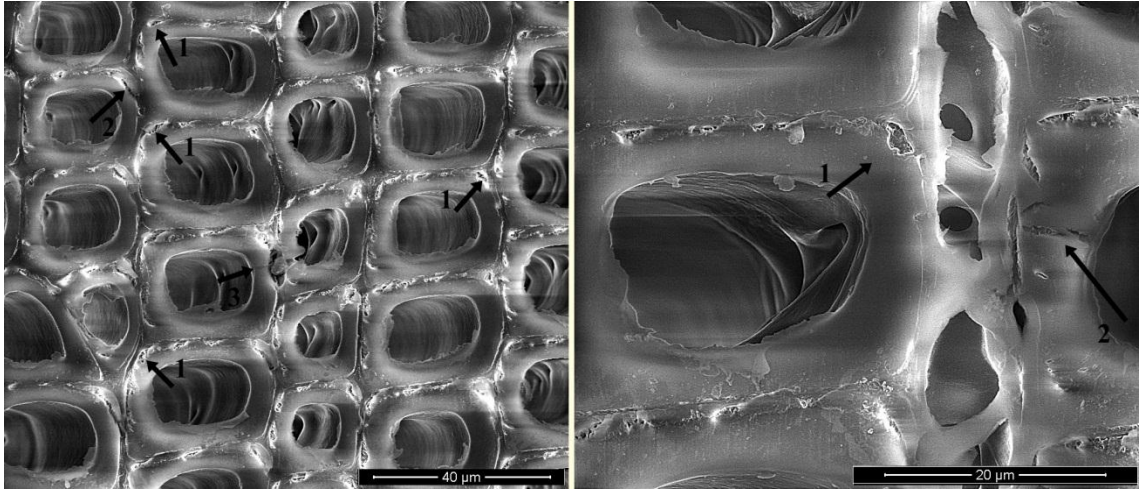
Hiç işlem görmemiş yerli sarıçam diri odun kontrol;



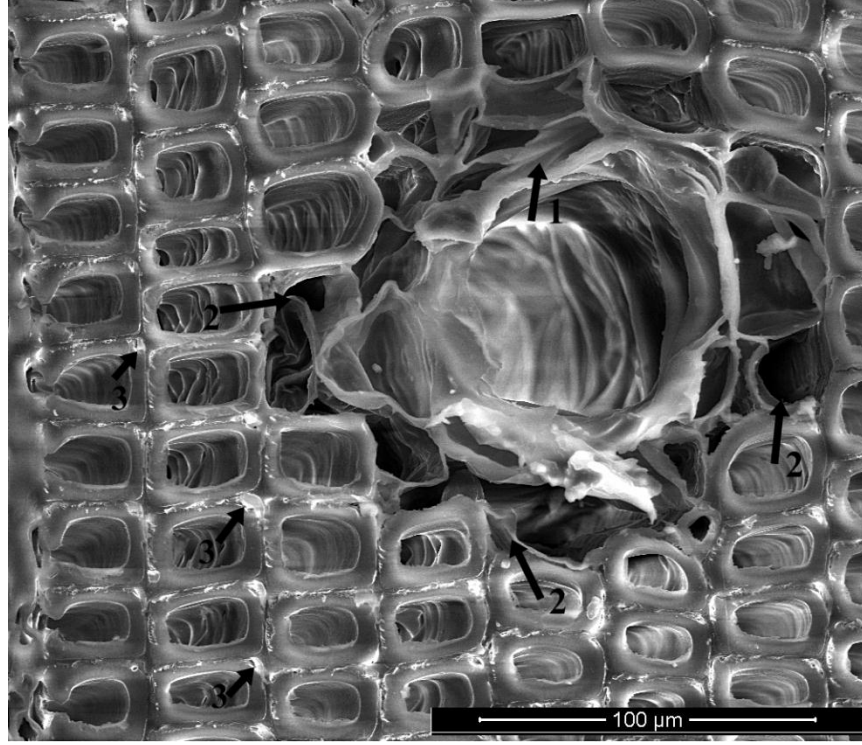
Şekil 4.133: Hiç işlem görmemiş yerli sarıçam diri odun kontrol örneği; boyuna reçine kanalları yakınındaki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde bozunmalar (1 no.lu oklar), enine reçine kanalı (2 no.lu ok).



Şekil 4.134: Hiç işlem görmemiş yerli sarıçam diri odun kontrol örneği; ilkbahar odunu tabakası, ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde kopmalar (1 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde bozunmalar (2 no.lu oklar).

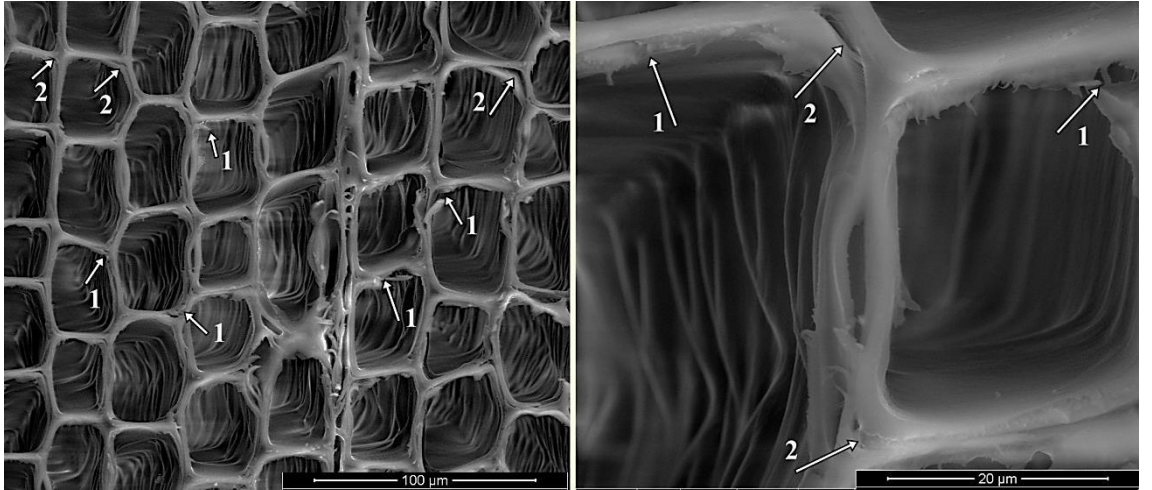


Şekil 4.135: Hiç işlem görmemiş yerli sarıçam diri odun kontrol örneği; yaz odunu tabakası, yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde sekonder çeper üzerinde bozunmalar, oyuklar (1 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde lümeninden orta lamele doğru ilerleyen ince çatlaklar (2 no.lu oklar), yaz odunu traheidleri üzerinde kenarlı geçitler (3 no.lu ok).

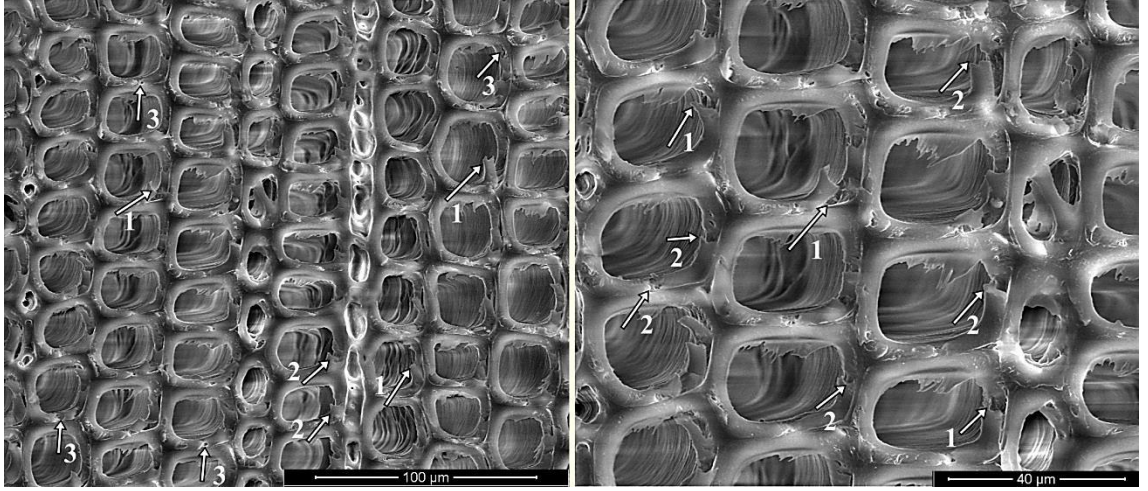


Şekil 4.136: Hiç işlem görmemiş yerli sarıçam diri odun kontrol örneği; yaz odunu tabakası, boyuna reçine kanalını çevreleyen epitel hücre çeperlerinde parçalanmalar (1 no.lu ok), reçine kanalının çevresindeki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelme ve kopmalar (2 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücrelerinin sekonder çeper tabakaları üzerinde bozunmalar, oyuklar (3 no.lu oklar).

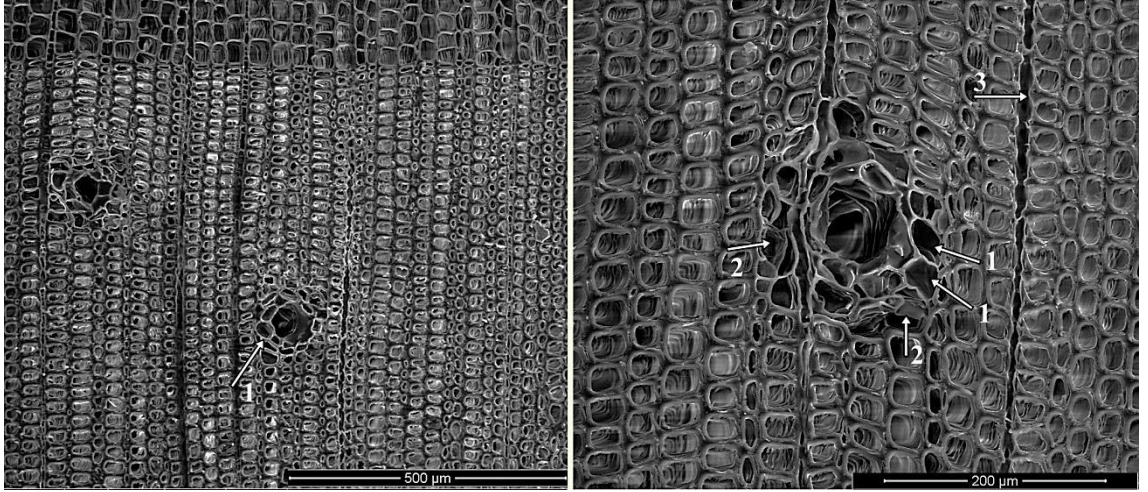
Hiç işlem görmemiş yerli sarıçam öz odun kontrol örneği;



Şekil 4.137: Hiç işlem görmemiş yerli sarıçam öz odun kontrol örneği; ilkbahar odunu tabakası, ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde kopmalar (1 no.lu oklar) ve orta lamelden ayrılımlar (2 no.lu oklar).

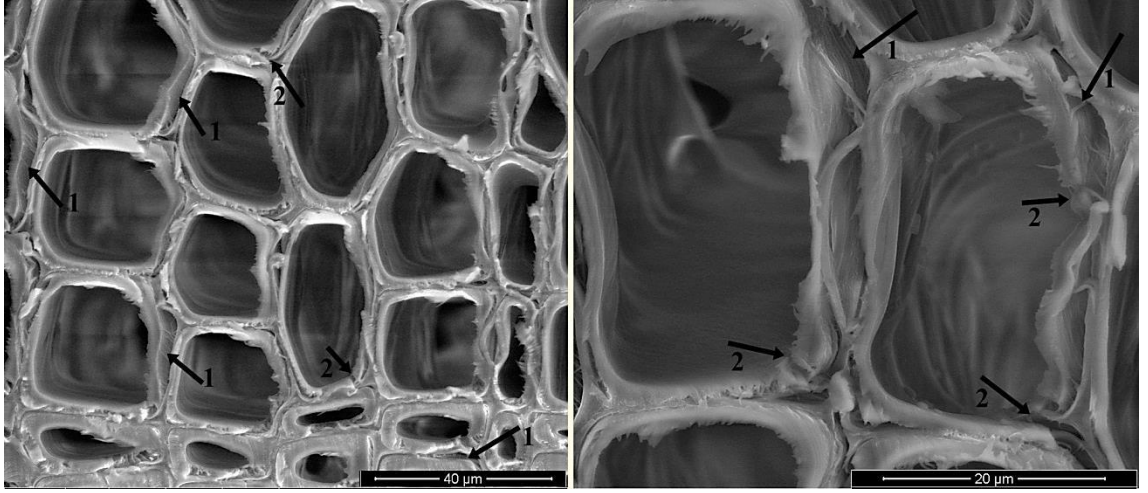


Şekil 4.138: Hiç işlem görmemiş yerli sarıçam öz odun kontrol örneği; yaz odunu tabakası; yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde kopmalar (1 no.lu oklar), lümeninden orta lamele doğru ilerleyen ince çatlaklar (2 no.lu oklar) ve sekonder çeper üzerinde bozunmalar, oyuklar (3 no.lu oklar).

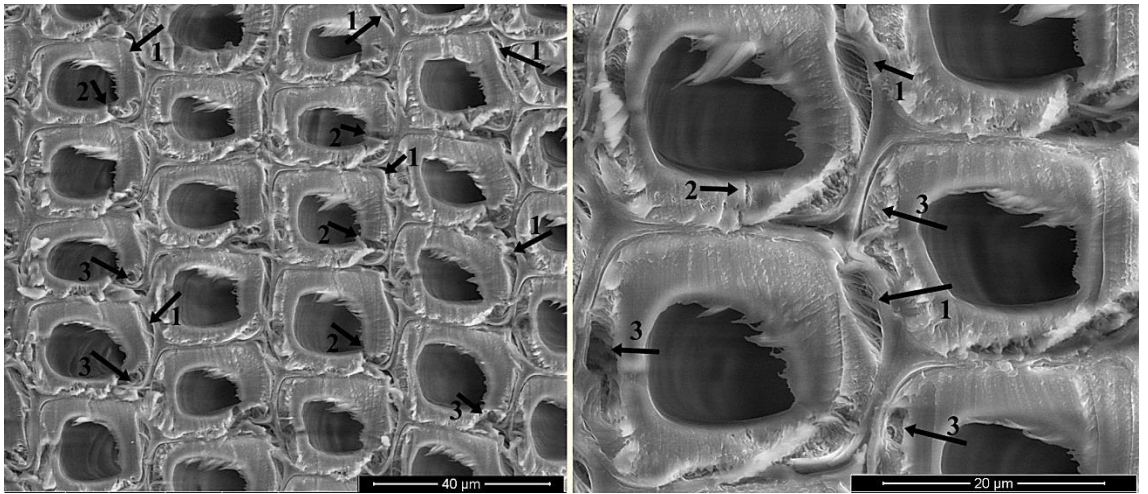


Şekil 4.139: Hiç işlem görmemiş yerli sarıçam öz odun kontrol örneği; yaz odunu tabakası, boyuna reçine kanalını çevreleyen yaz odunu traheid hücre çeperlerinde incelme (1 no.lu oklar) ve parçalanmalar (2 no.lu oklar), yaz odunu tabakasından geçen öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalara (3 no.lu ok).

Teknik kurutma uygulanmış yerli sarıçam dış kısım kontrol örneği;

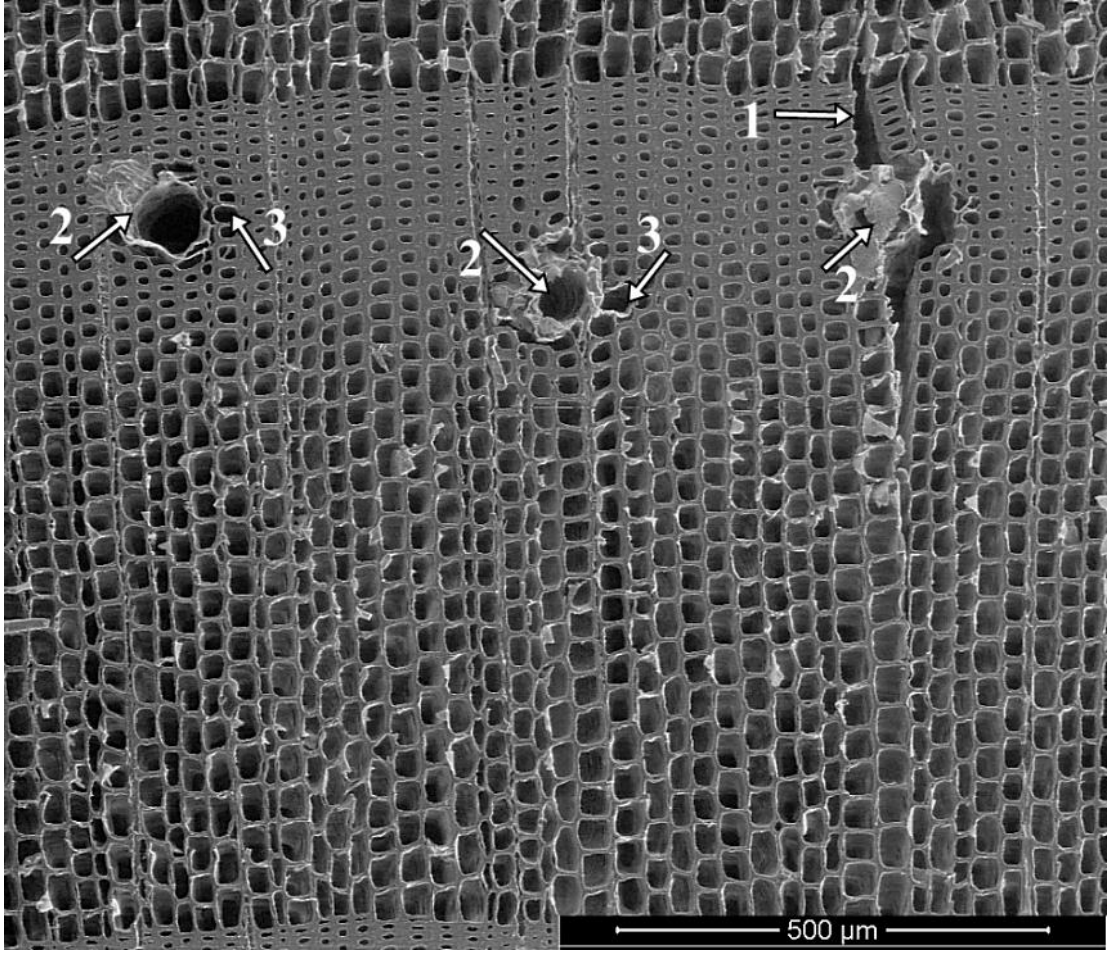


Şekil 4.140: Teknik kurutma uygulanmış yerli sarıçam kontrol örneği dış kısım, ilkbahar odunu tabakası; ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar), lümeninden orta lamele doğru ilerleyen ince çatlaklar (2 no.lu oklar).

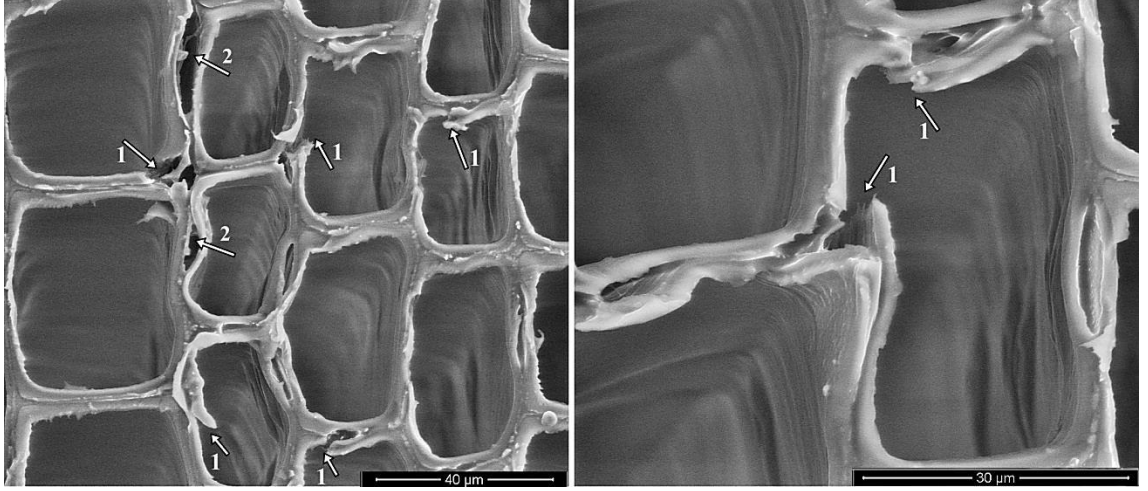


Şekil 4.141: Teknik kurutma uygulanmış yerli sarıçam kontrol örneği dış kısım; yaz odunu tabakası; yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar), ince çatlaklar (2 no.lu oklar) ve sekonder çeper üzerinde hücre köşelerine yakın bölgelerde bozunmalar (3 no.lu oklar).

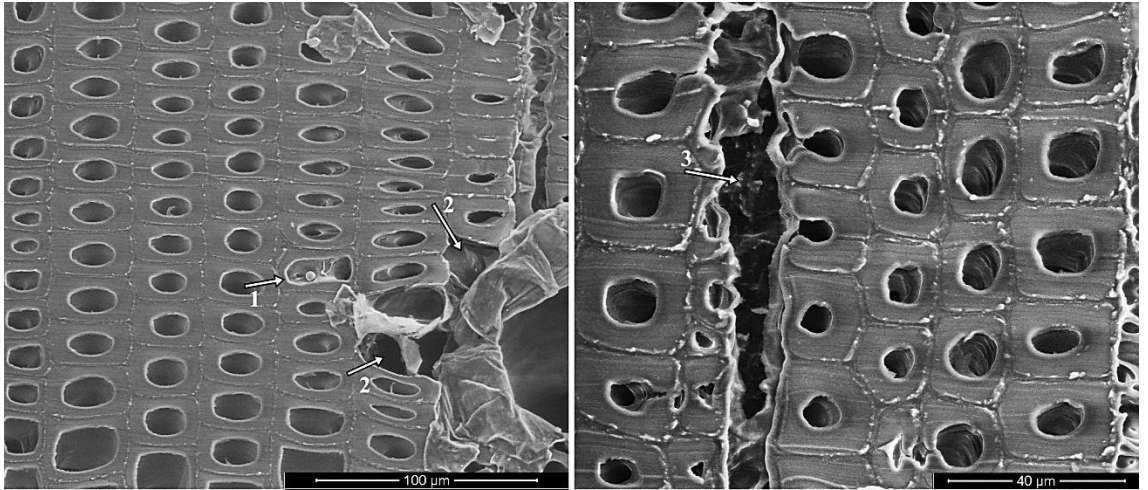
Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam diri odun dış kısım örneği;



Şekil 4.142: Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam diri odun dış kısım örneği; boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücre çeperlerinde parçalanmalar (2 no.lu oklar), bu kanalların çevresindeki boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler (3 no.lu oklar), yaz odunu traheidlerinin orta lamellerinden ayrılması ve reçine kanalı çevresinde bulunan yaz odunu traheid hücrelerinin parçalanması sonucu öz ışınlarına paralel ilerleyen çatlaklar (1 no.lu oklar).

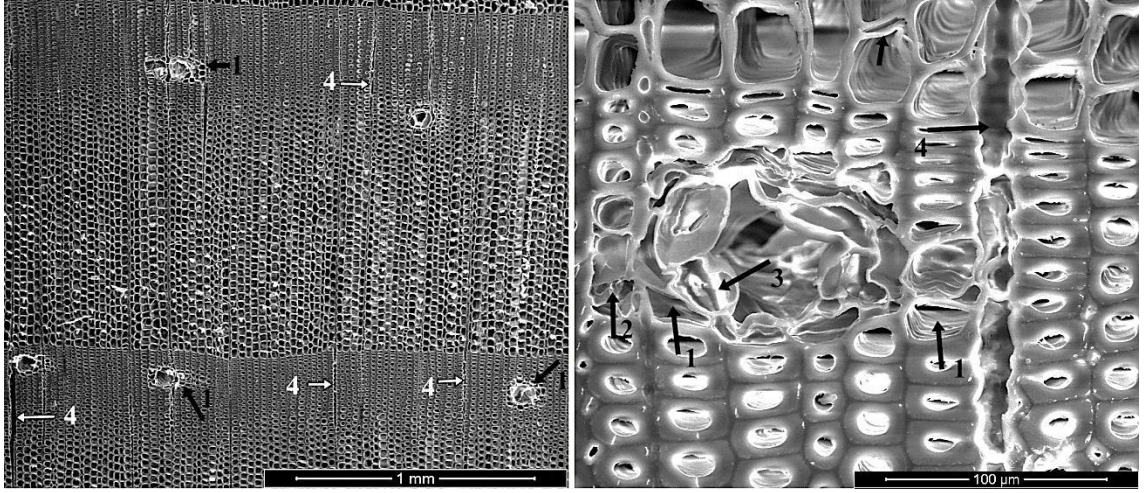


Şekil 4.143: Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam diri odun dış kısım örneği; ilkbahar odunu tabakası; boyuna traheid hücre çeperlerinde kırılmalar (1 no.lu oklar) ve kenarlı geçitlerde teğet yönde genişlemeler (2 no.lu oklar).

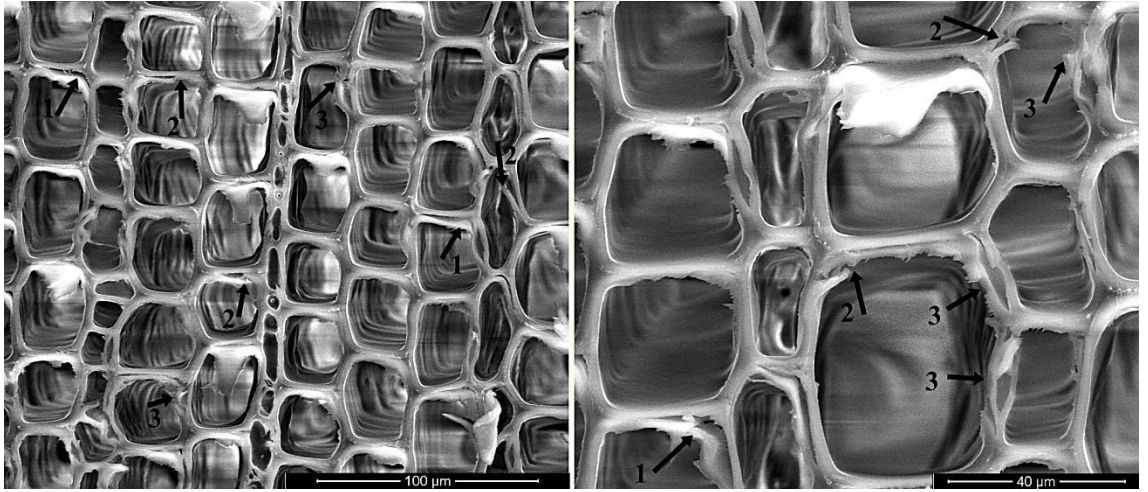


Şekil 4.144: Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam diri odun dış kısım örneği; yaz odunu tabakası; boyuna reçine kanalları çevresindeki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler (1 no.lu oklar) ve parçalanmalar (2 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheidleri ve öz ışınlarının karşılaştığı alanlarda teğet yönde ayrılmalar (3 no.lu oklar).

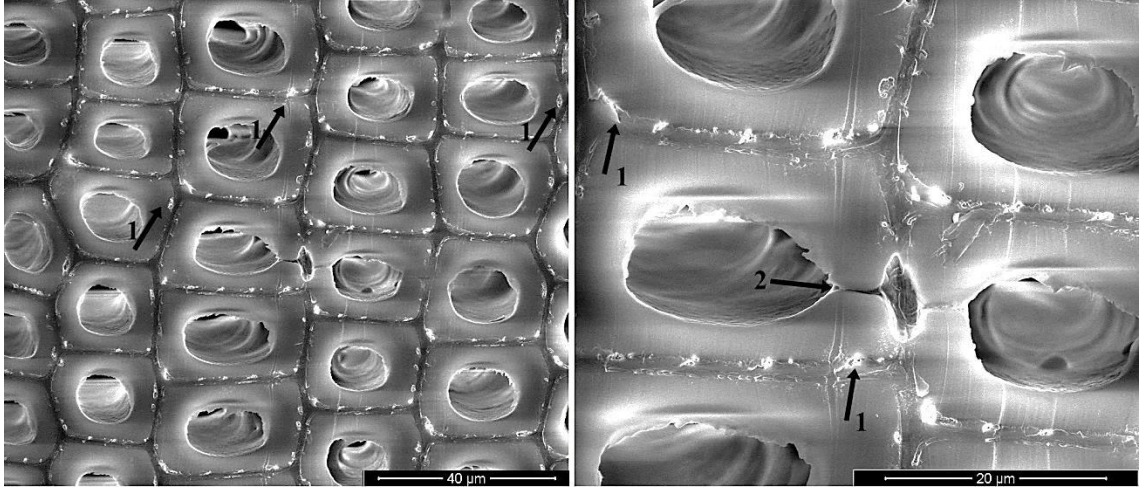
Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam öz odun dış kısım örneği;



Şekil 4.145: Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam öz odun dış kısım örneği; boyuna reçine kanalları çevreleyen epitel hücre çeperlerinde parçalanma (3 no.lu oklar), bu reçine reçine kanallarının etrafında bulunan yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler (1 no.lu oklar) ve parçalanmalar (2 no.lu oklar), yaz odunu tabakası boyunca öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar (4 no.lu oklar).

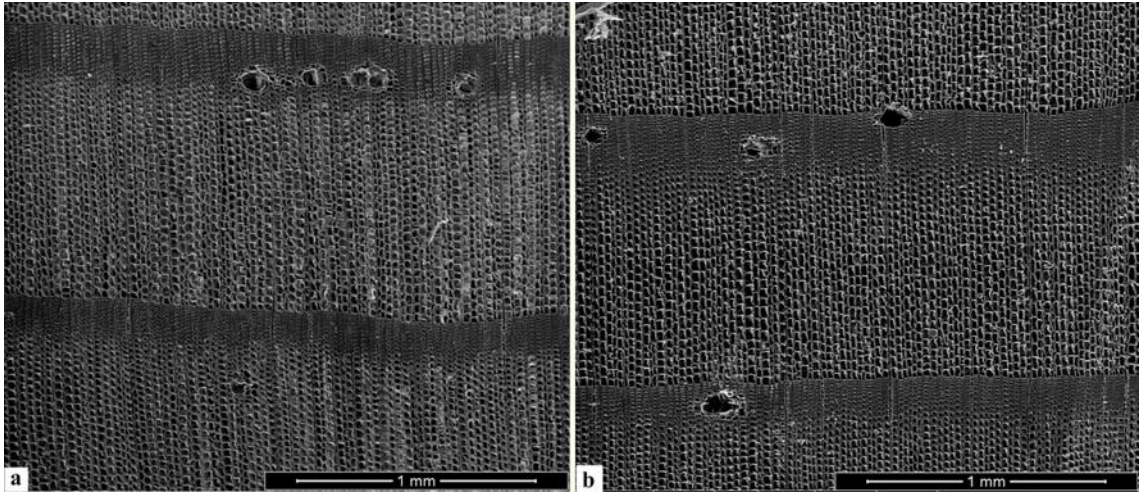


Şekil 4.146: Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam öz odun dış kısım örneği; ilkbahar odunu tabakası, ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar), kopmalar (2 no.lu oklar), boyuna traheid çeperleri üzerindeki kenarlı geçitlerde teğet yönde genişlemeler (3 no.lu oklar).



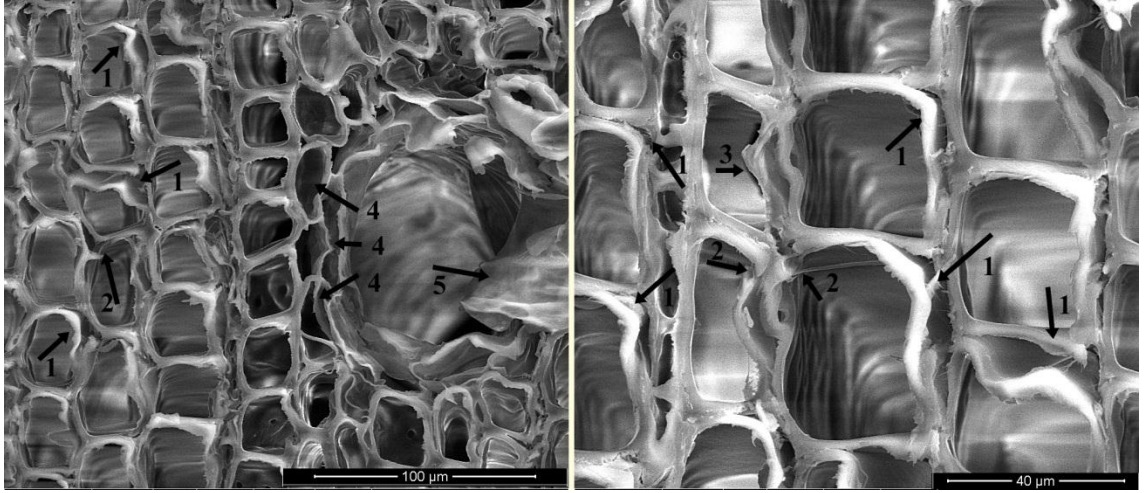
Şekil 4.147: Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam öz odun dış kısım örneği; yaz odunu tabakası, yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinin sekonder tabakasının dış kısmında bozunmalar (1 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid çeperleri üzerinde sağlam kenarlı geçitler (2 no.lu ok).

Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam dış kısım örnekleri;

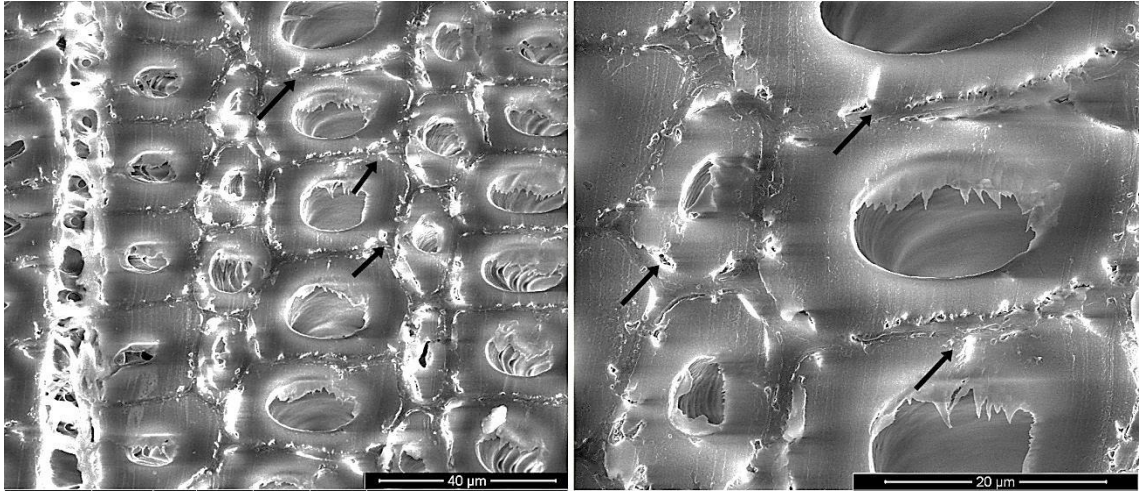


Şekil 4.148: Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam dış kısım örnekleri; a) Diri odun, b) Öz odun.

Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam diri odun dış kısım örneği;

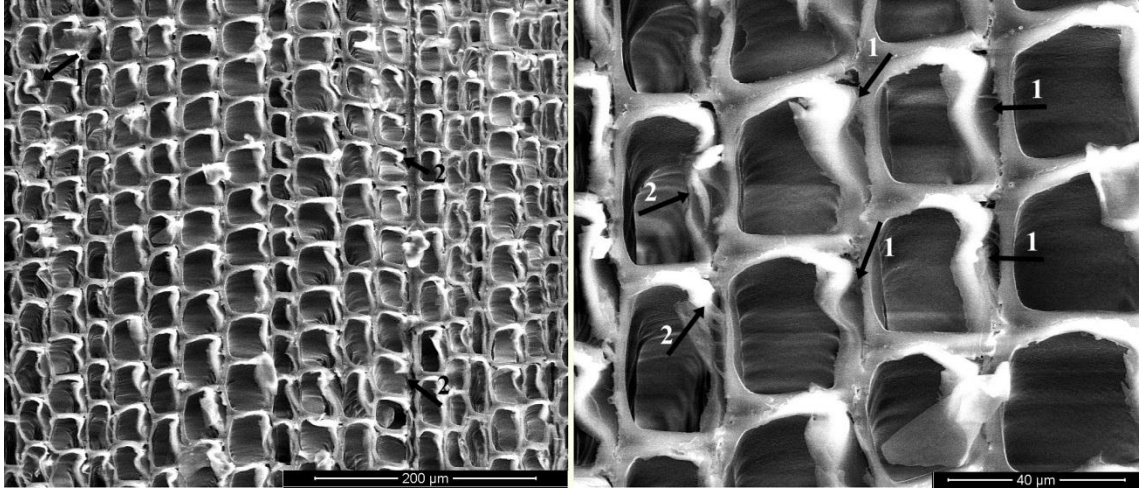


Şekil 4.149: Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam diri odun dış kısım örneği; ilkbahar odunu tabakası; ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar) ve kopmalar (2 no.lu oklar), deforme olmuş kenarlı geçitler (3 no.lu oklar), boyuna reçine kanalları çevresinde bulunana boyuna traheid çeperlerinde inceleme ve biçimlerinde bozunmalar (4 no.lu oklar), boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücre çeperlerinde parçalanmalar (5 no.lu ok).

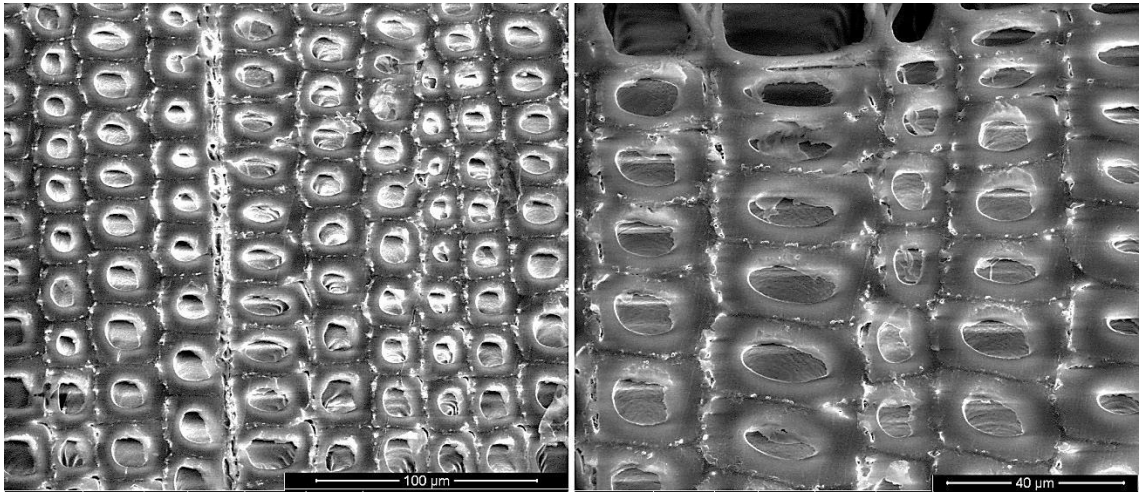


Şekil 4.150: Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam diri odun dış kısım örneği; yaz odunu tabakası; yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde sekonder çeper üzerinde ince çatlaklar ve bozunmalar (siyah oklar), yaz odunu boyuna traheid çeperlerinde gevşek yapılı görünüm.

Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam öz odun dış kısım örneği;

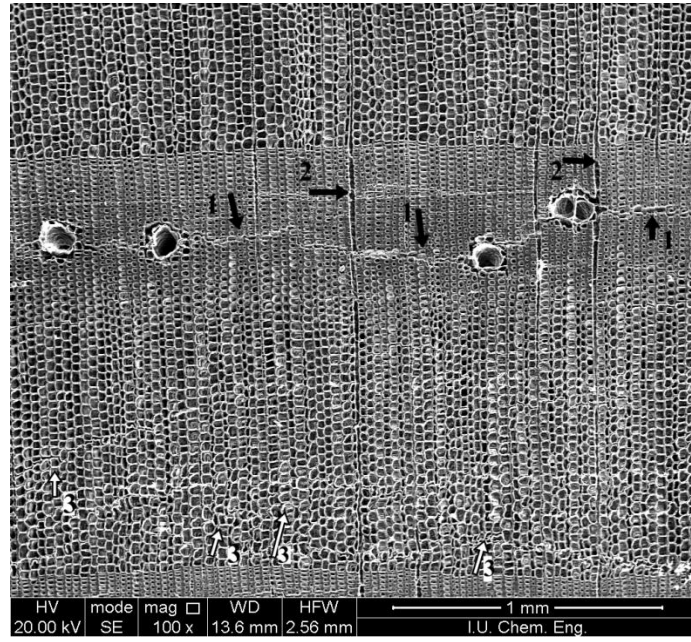


Şekil 4.151: Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam öz odun dış kısım örneği; ilkbahar odunu tabakası; ilkbahar odunu boyuna traheid çeperlerinde orta lamelden ayrılımlar (1 no.lu oklar) ve kopmalar (2 no.lu oklar).

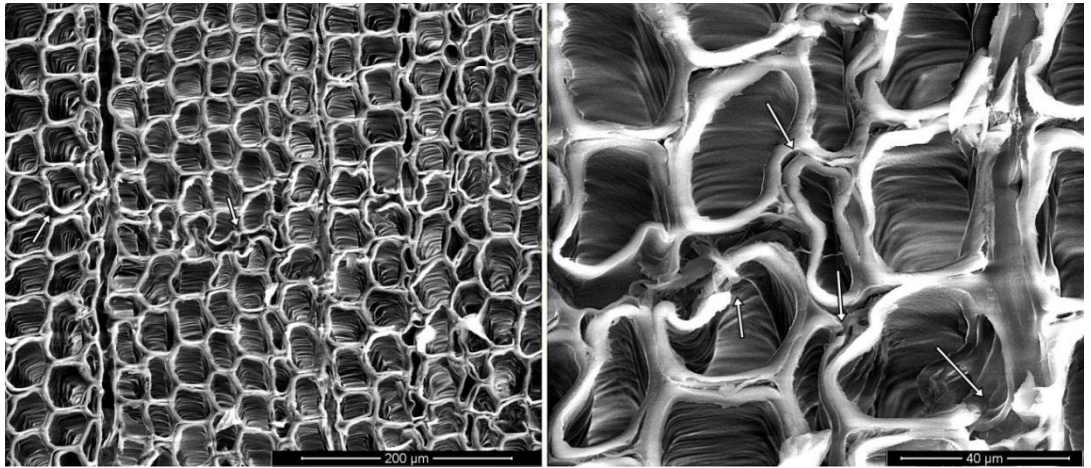


Şekil 4.152: Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam öz odun dış kısım örneği; yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde ve hücre köşelerinde bozunmalar.

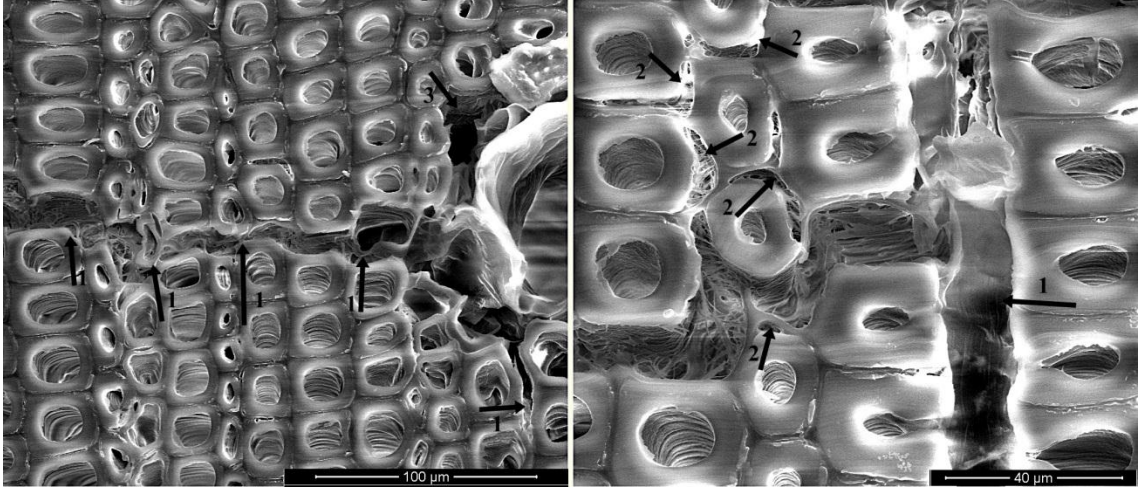
Teknik kurutma uygulanmış yerli sarıçam iç kısım kontrol örneği;



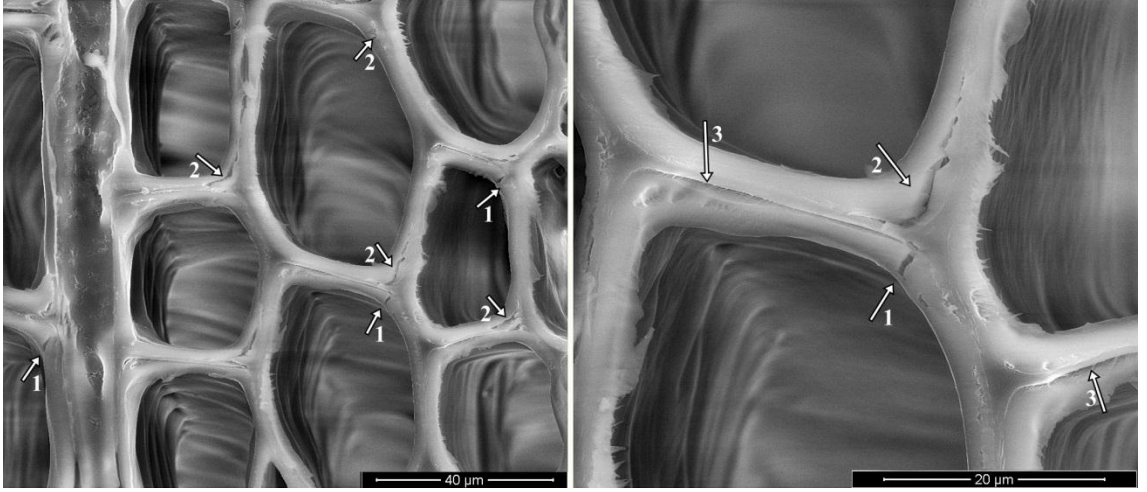
Şekil 4.153: Teknik kurutma uygulanmış yerli sarıçam kontrol örneği iç kısım, boyuna reçine kanalları çevresinde bulunan boyuna traheid hücre çeperlerindeki bozunma sonucu düzensiz şekilde reçine kanalları arasında ilerleyen çatlaklar (1 no.lu oklar), yaz odunu tabakasında öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar (2 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde oluşan bozunmalar sonucu düzensiz yönde ilerleyen çatlaklar (3 no.lu oklar).



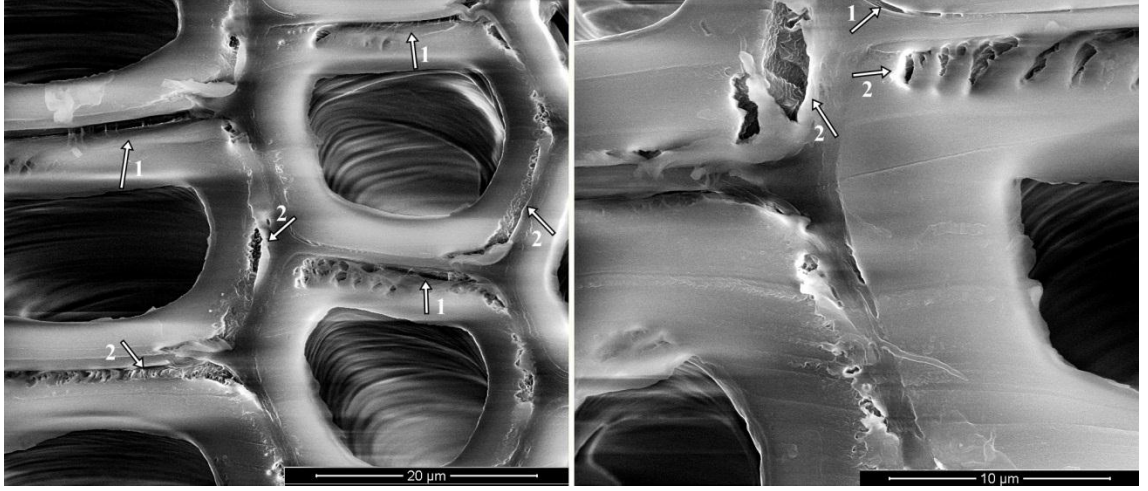
Şekil 4.154: Teknik kurutma uygulanmış yerli sarıçam kontrol örneği iç kısım, ilkbahar odunu traheid hücre çeperlerinde oluşan bozunmalar sonucu düzensiz yönde ilerleyen çatlaklar (beyaz oklar).



Şekil 4.155: Teknik kurutma uygulanmış yerli sarıçam kontrol örneği iç kısım, boyuna reçine kanalları çevresinde bulunan boyuna traheid hücre çeperlerindeki bozunmalar sonucu düzensiz yönde ilerleyen çatlaklar (1 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (2 no.lu oklar).

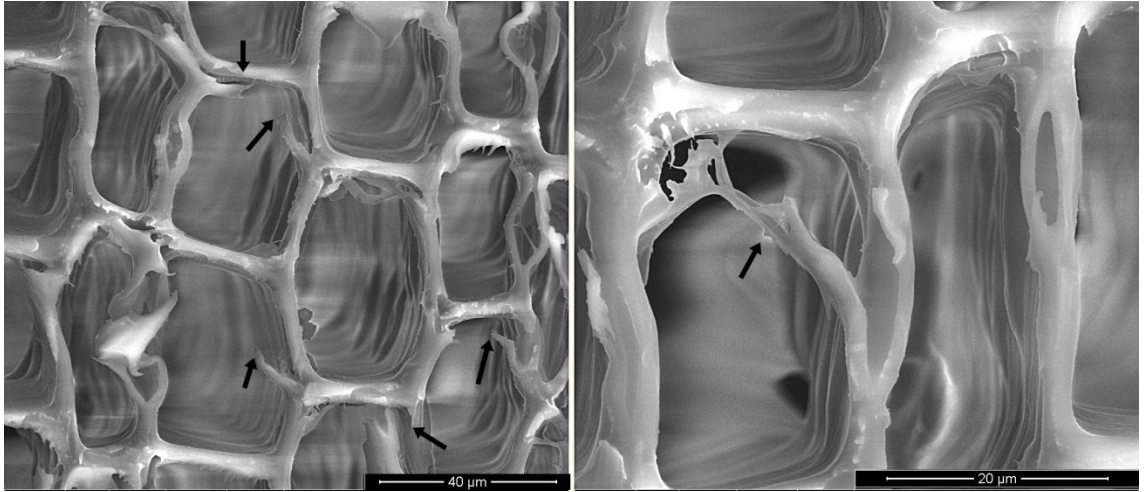


Şekil 4.156: Teknik kurutma uygulanmış yerli sarıçam kontrol örneği iç kısım ilkbahar odunu tabakası, boyuna traheid hücre köşelerindeki çeperlerde lümeninden orta lamele doğru ilerleyen ince, dikey çatlaklar (1 no.lu oklar), boyuna traheid hücrelerinin sekonder çeperleri üzerinde ince çatlaklar (2 no.lu oklar), boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu oklar).

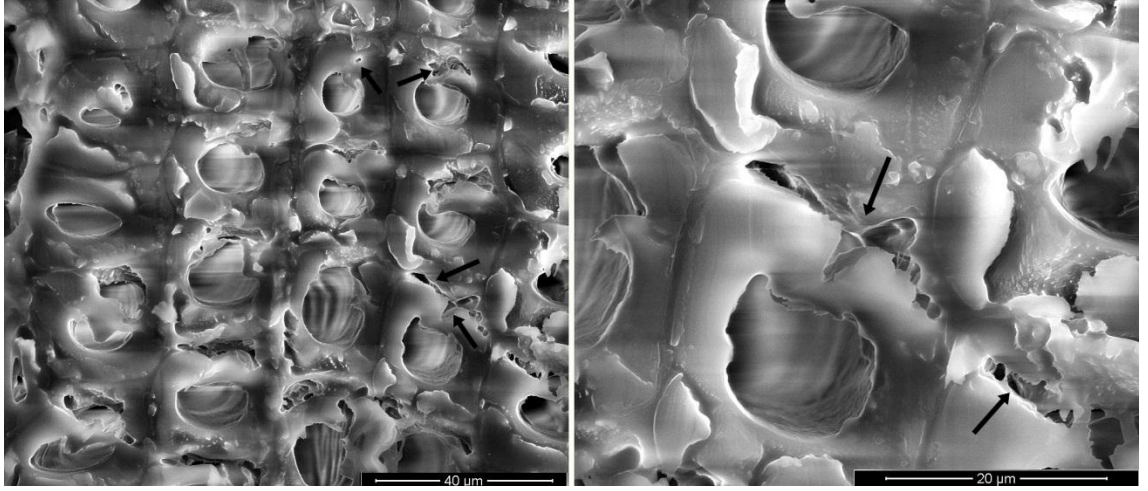


Şekil 4.157: Teknik kurutma uygulanmış yerli sarıçam kontrol örneği iç kısım yaz odunu tabakası, yaz odunu boyunca traheid çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar), sekonder çeper üzerinde hücre köşelerinden başlayan bozunmalar, oyuklar (2 no.lu oklar).

Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam diri odun iç kısım;

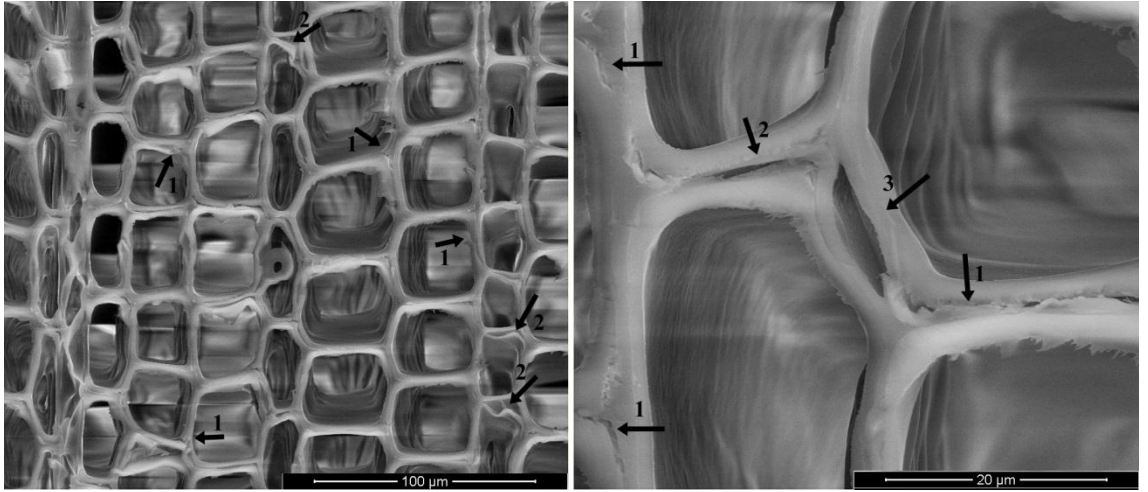


Şekil 4.158: Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam diri odun iç kısım ilkbahar odunu tabakası boyunca boyuna traheid hücre çeperlerinde kopmalar.

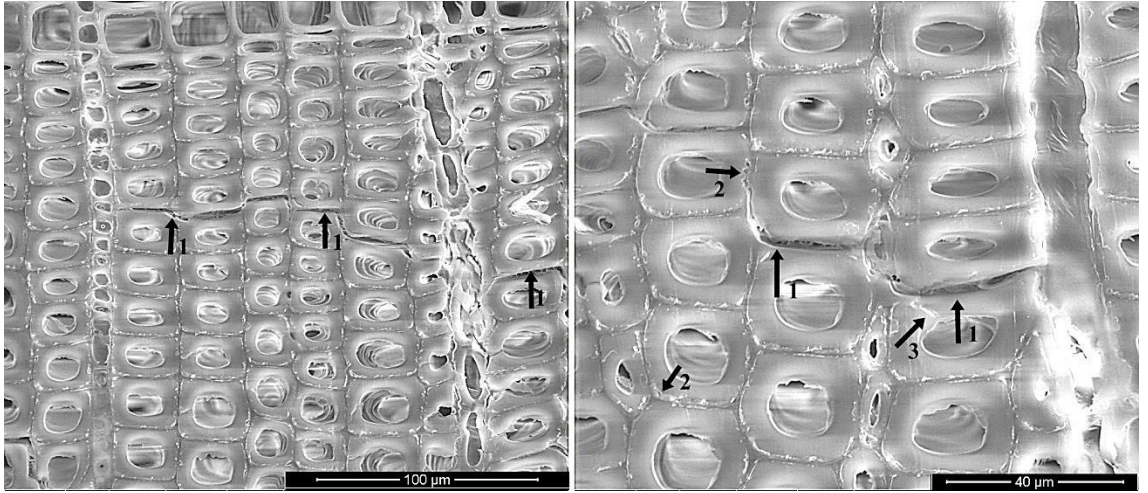


Şekil 4.159: Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam diri odun iç kısım örneği; yaz odunu tabakası boyunca boyuna traheid hücre çeperlerinde parçalanmalar ve çatlaklar (siyah oklar), yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde gevşek yapılı görünüm.

Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam öz odun iç kısım örneği;

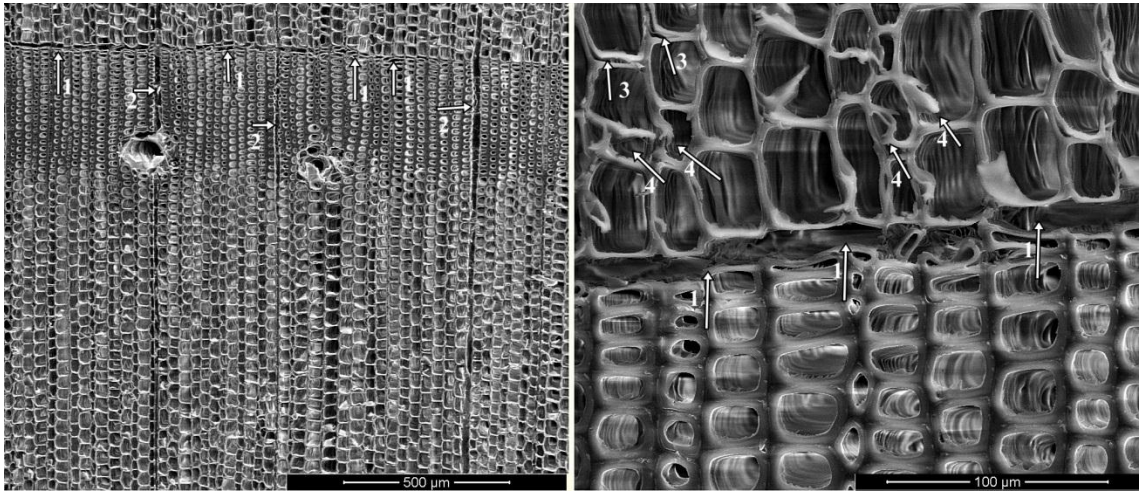


Şekil 4.160: Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam öz odun iç kısım örneği; ilkbahar odunu tabakası, boyuna traheid hücre çeperlerinde kopmalar (1 no.lu oklar), traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (2 no.lu oklar), kenarlı geçitlerin bulunduğu alanlarda teğet yönde genişlemeler (3 no.lu ok).

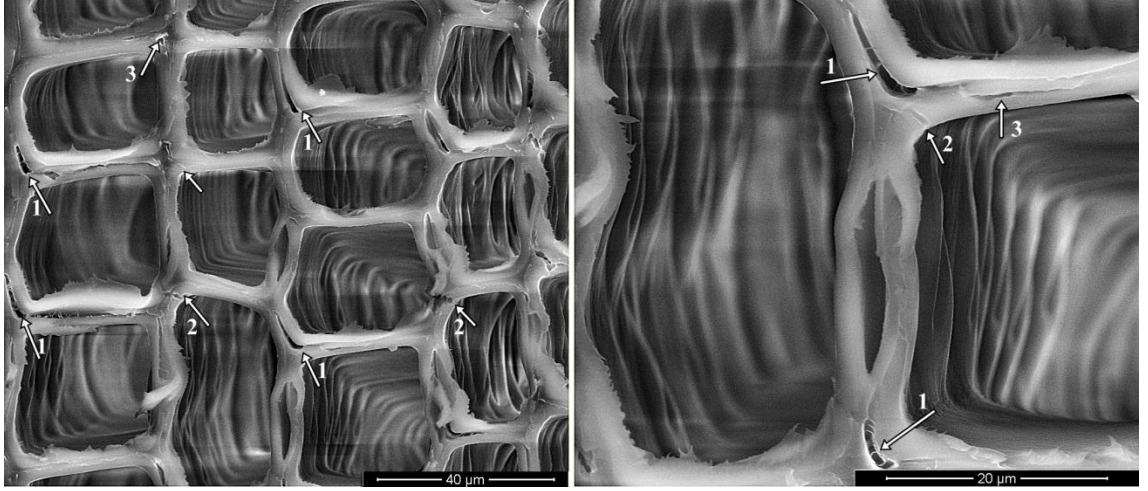


Şekil 4.161: Thermo-S uygulanmış yerli sarıçam öz odun iç kısım örneği; yaz odunu tabakası, yaz odunu boyuna traheid çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar ve bu ayrılmalar sonucu düzensiz yönde ilerleyen çatlaklar (1 no.lu oklar), yaz odunu traheid hücrelerinin sekonder çeperlerinde özellikle hücre köşelerinde ve hücre kenarlarında bozunmalar (2 no.lu oklar) ve lümeninden orta lamelle doğru ilerleyen ince, dikey çatlaklar (3 no.lu ok).

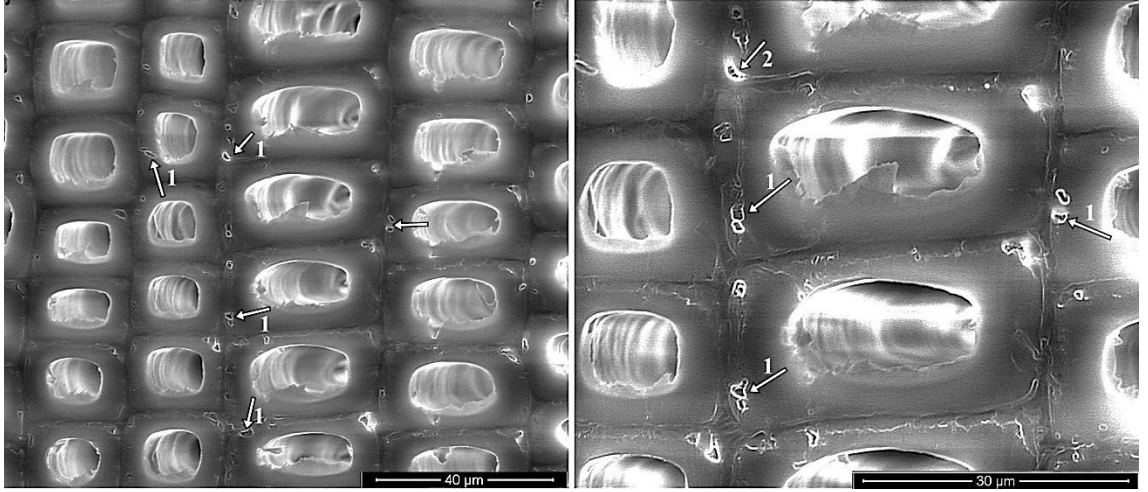
Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam diri odun iç kısım örneği;



Şekil 4.162: Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam diri odun iç kısım örneği; yıllık halka sınırında yıllık halka boyunca devam eden çatlaklar (1 no.lu oklar), yaz odunu tabakasında öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar (2 no.lu oklar), ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu oklar) ve kopmalar (4 no.lu oklar).

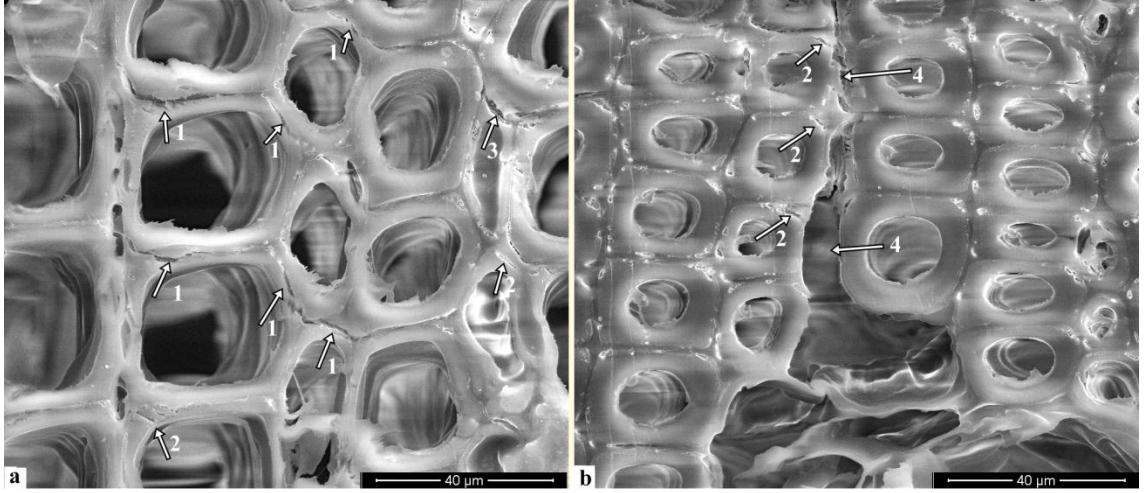


Şekil 4.163: Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam diri odun iç kısım örneği; ilkbahar odunu tabakası, ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (1 no.lu oklar) lümeninden orta lamle doğru ilerleyen ince, dikey çatlaklar (2 no.lu oklar), sekonder çeper üzerinde orta lamele paralel ilerleyen ince çatlaklar (3 no.lu oklar).

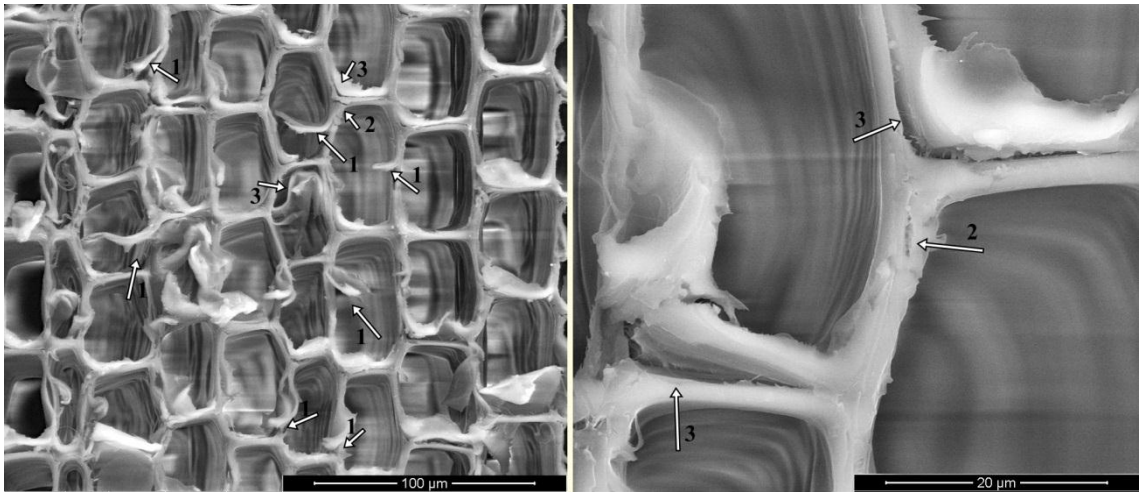


Şekil 4.164: Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam diri odun iç kısım örneği; yaz odunu tabakası, yaz odunu boyuna traheid çeperlerinde hücre köşelerinde bozunmalar, oyuklar (1 no.lu oklar) ve hücre köşelerinde orta lamelden ayrılmalar (2 no.lu ok).

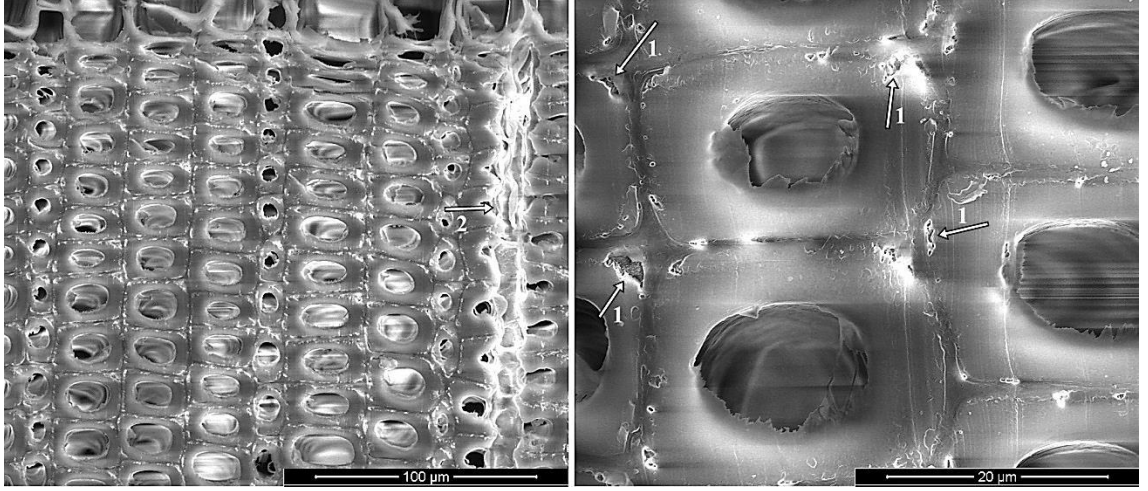
Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam öz odun iç kısım örneği;



Şekil 4.165: Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam öz odun iç kısım örneği; a) ilkbahar odunundan yaz odununa geçiş zonunda boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lameller boyunca ilerleyen ince çatlaklar (1 no.lu oklar), traheid çeperlerinde lümeninden orta lamelle doğru ilerleyen ince, dikey çatlaklar (2 no.lu oklar) ve orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu ok), b) yaz odunu tabakasında boyuna reçine kanalı çevresindeki boyuna traheid hücre çeperlerindeki parçalanma ve komşu traheid hücrelerinin orta lamellerinden ayrılmaları sonucu dikey çatlaklar (4 no.lu oklar), boyuna traheid hücre çeperleri üzerinde ince çatlaklar (2 no.lu oklar).

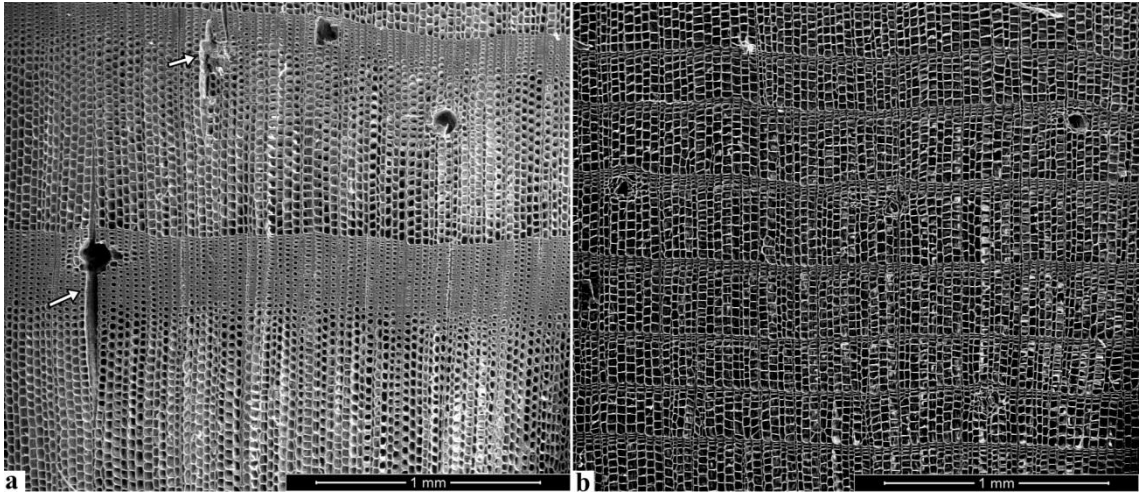


Şekil 4.166: Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam öz odun iç kısım örneği; ilkbahar odunu tabakası, ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde kopmalar (1 no.lu oklar), ince çatlaklar (2 no.lu oklar) ve orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu oklar).

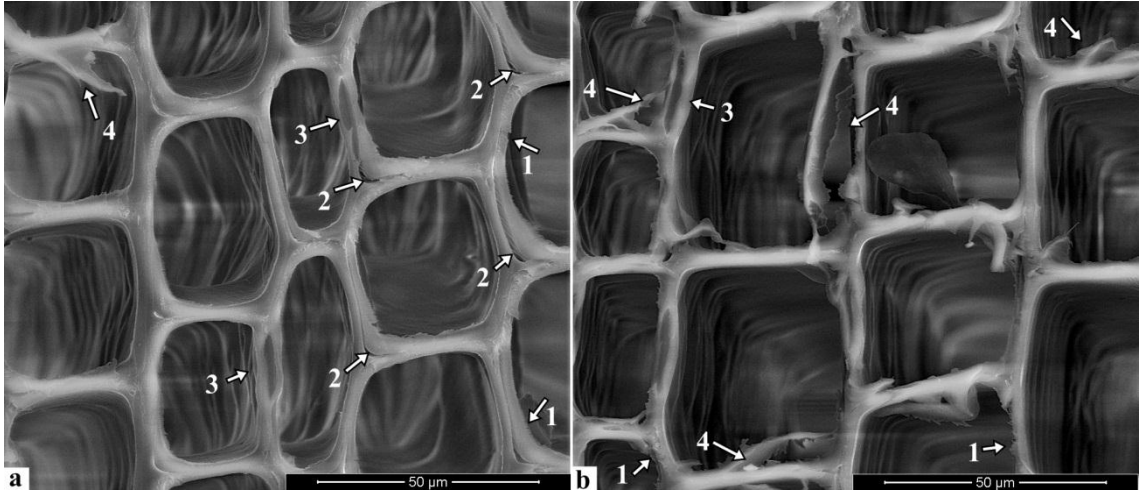


Şekil 4.167: Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam öz odun iç kısım örneği; yaz odunu tabakası, yaz odunu boyuna traheid hücrelerinin sekonder çeperleri üzerinde hücre köşelerinde bozunmalar, oyuklar (1 no.lu oklar), parçalanmış özışını hücre çeperleri (2 no.lu ok).

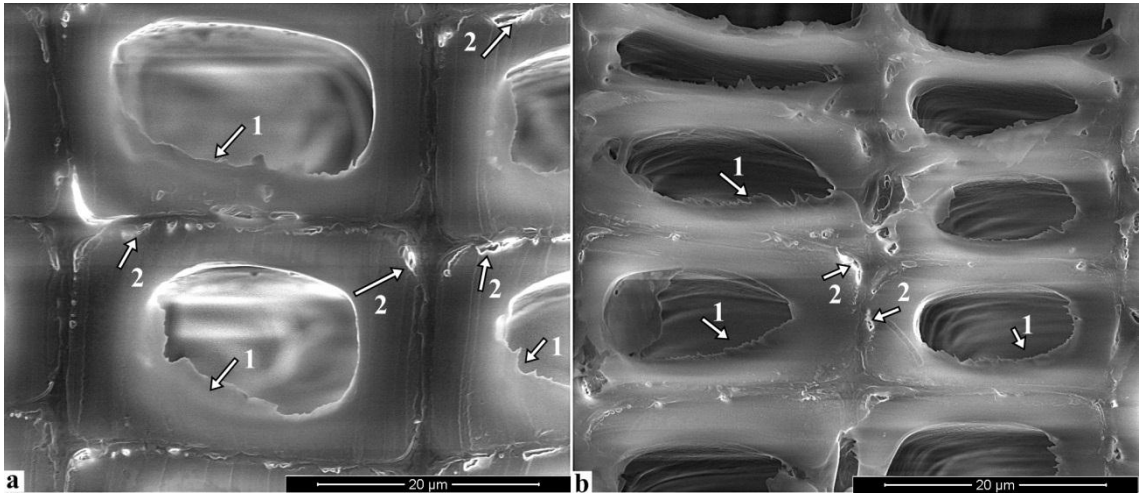
Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam dış kısım Thermo-S kontrol örnekleri;



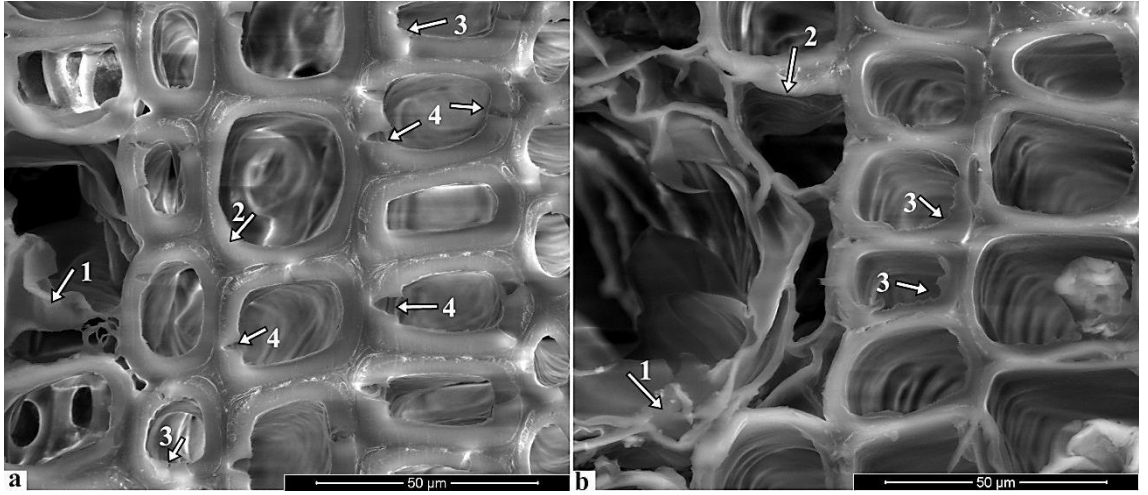
Şekil 4.168: Sadece teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-S kontrol dış kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnekte radyal çatlaklar, b) daha dar yıllık halkalı örnek.



Şekil 4.169: Sadece teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-S kontrol dış kısım örnekleri; ilkbahar odunu tabakası a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında bozunmalar (1 no.lu oklar), orta lamelden ayrılmalar (2 no.lu oklar) ve parçalanmalar (4 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde bozunmalar (3 no.lu oklar).

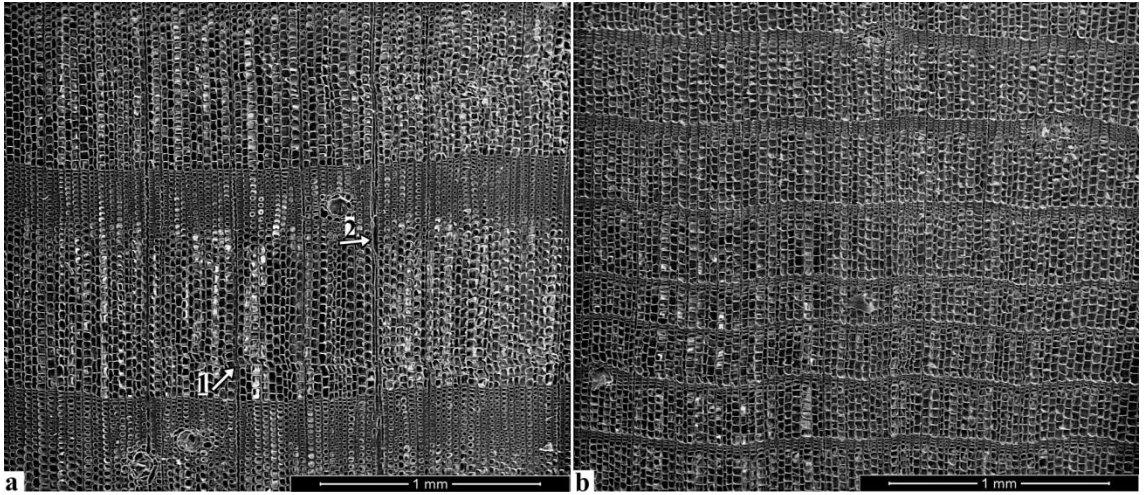


Şekil 4.170: Sadece teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-S kontrol dış kısım örnekleri; yaz odunu tabakası a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında (1 no.lu oklar) ve hücre köşelerinde (2 no.lu oklar) bozunmalar.

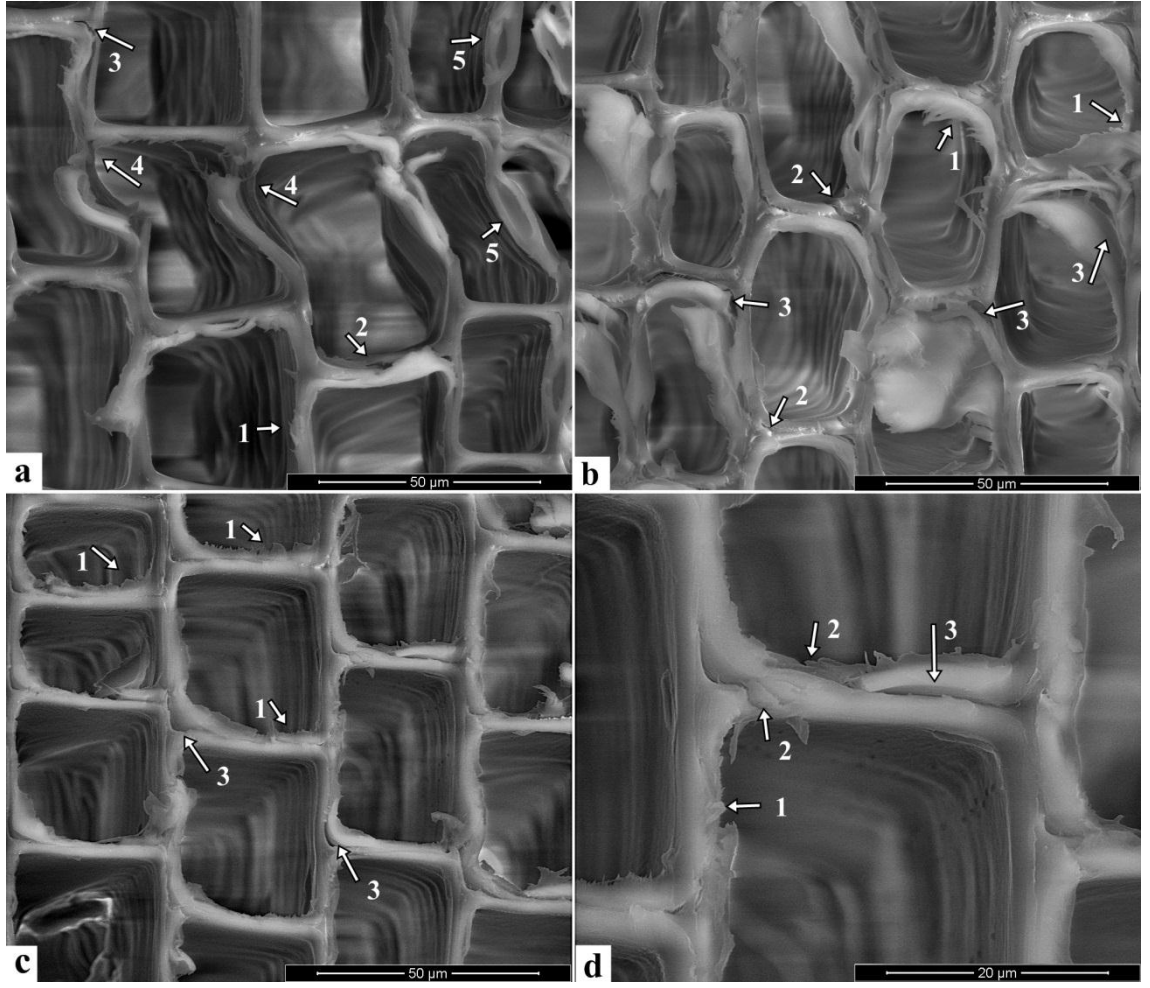


Şekil 4.171: Sadece teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-S kontrol dış kısım örnekleri; yaz odunu tabakası a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücre çeperlerinde parçalanmalar (1 no.lu oklar), bu kanalların yakınındaki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler (2 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinin lümen tarafında bozunmalar (3 no.lu oklar) ve lümeden orta lamele doğru ilerleyen ince çatlaklar (4 no.lu oklar).

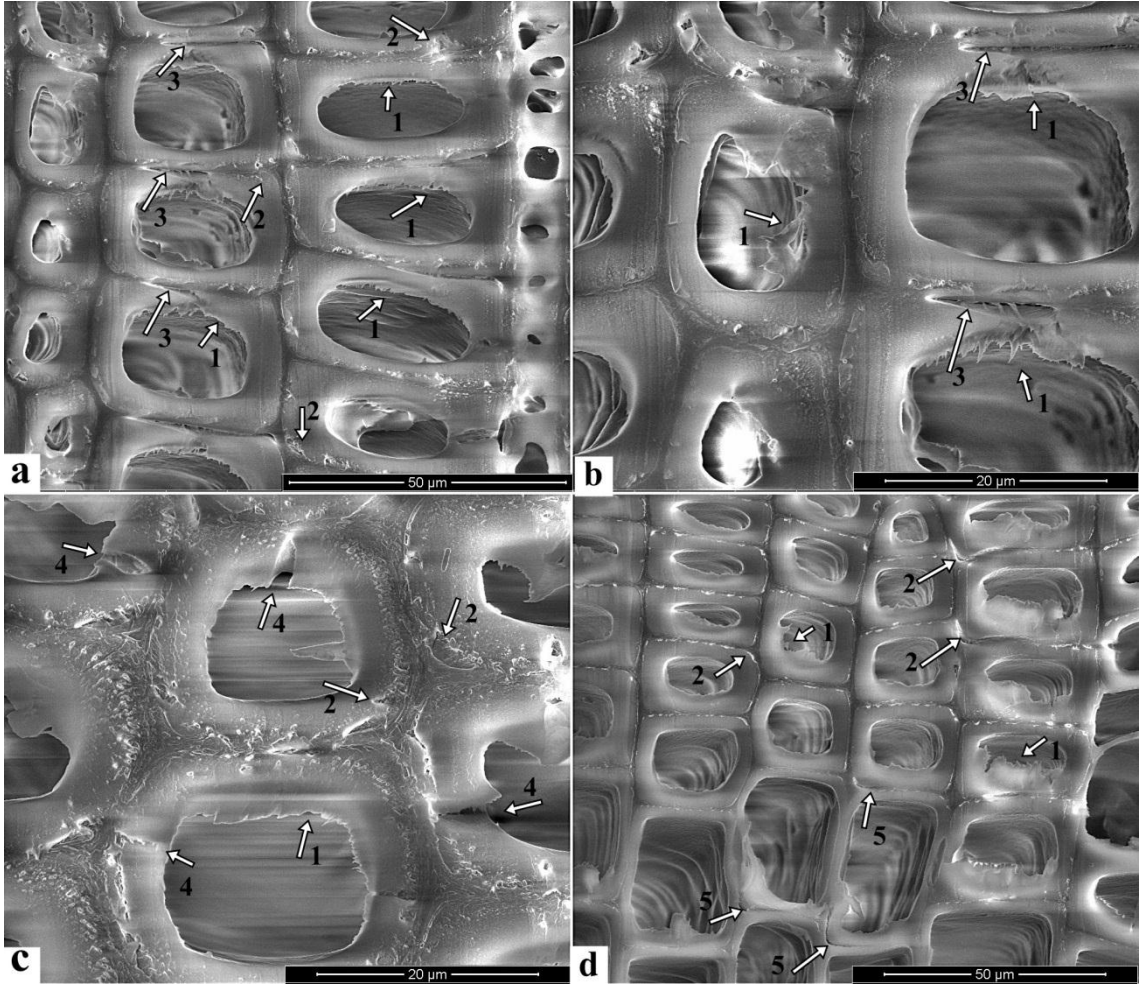
Thermo-S uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri;



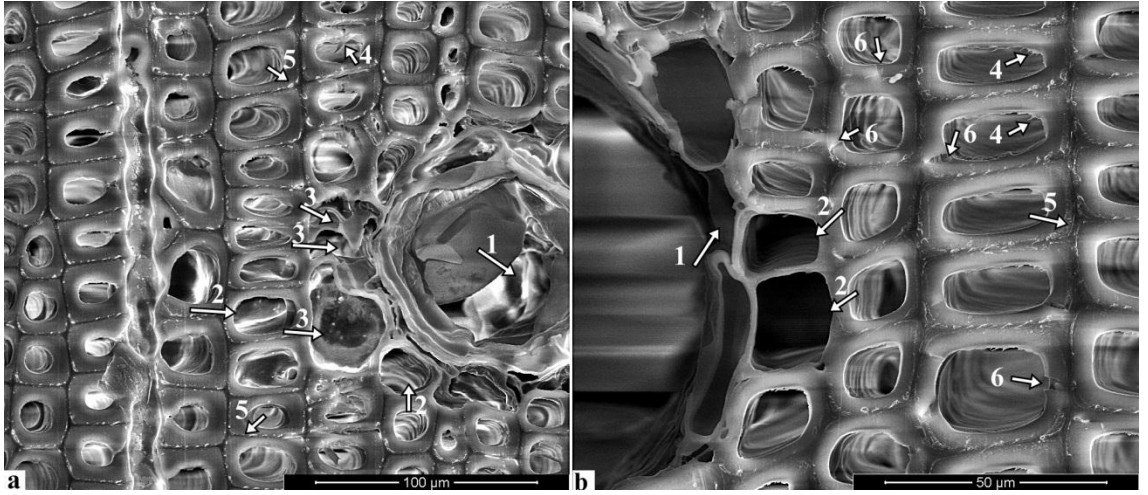
Şekil 4.172: Thermo-S uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, ilkbahar odunu tabakasında traheid hücre çeperlerinde bozunmalar (1 no.lu ok), öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar (2 no.lu ok), b) daha dar yıllık halkalı örnek, sağlam öz ışınları.



Şekil 4.173: Thermo-S uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri; ilkbahar odunu tabakası, a-b) daha geniş yıllık halkalı örnek, c-d) daha dar yıllık halkalı örnek, ilkbahar odunu boyunca traheid hücre çeperlerinin lümen tarafında bozunmalar (1 no.lu oklar), sekonder çeperler üzerinde bozunmalar (2 no.lu oklar), orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu oklar), ve parçalanmalar (4 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde teğet yönde genişlemeler (5 no.lu oklar).

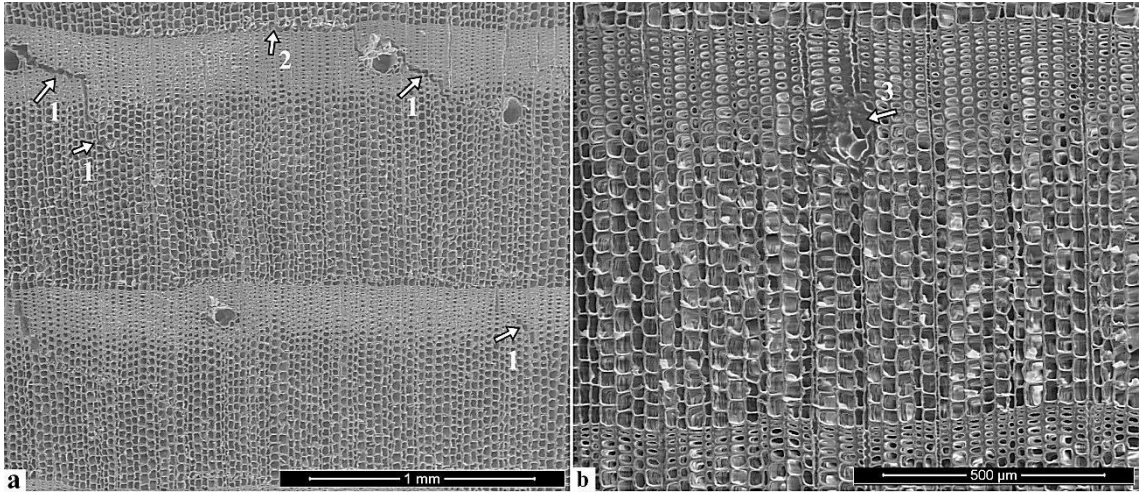


Şekil 4.174: Thermo-S uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri; yaz odunu tabakası, a-b-c) daha geniş yıllık halkalı örnek, d) daha dar yıllık halkalı örnek, yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinin lümen tarafında (1 no.lu oklar), sekonder çeper üzerinde (2 no.lu oklar) bozunmalar, çeper tabakalarında ayrılmalar (3 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde lümeden orta lamelle doğru ilerleyen ince çatlaklar (4 no.lu oklar), ilkbahar odunu tabakasından yaz odunu tabakasına geçiş zonunda boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (5 no.lu oklar).

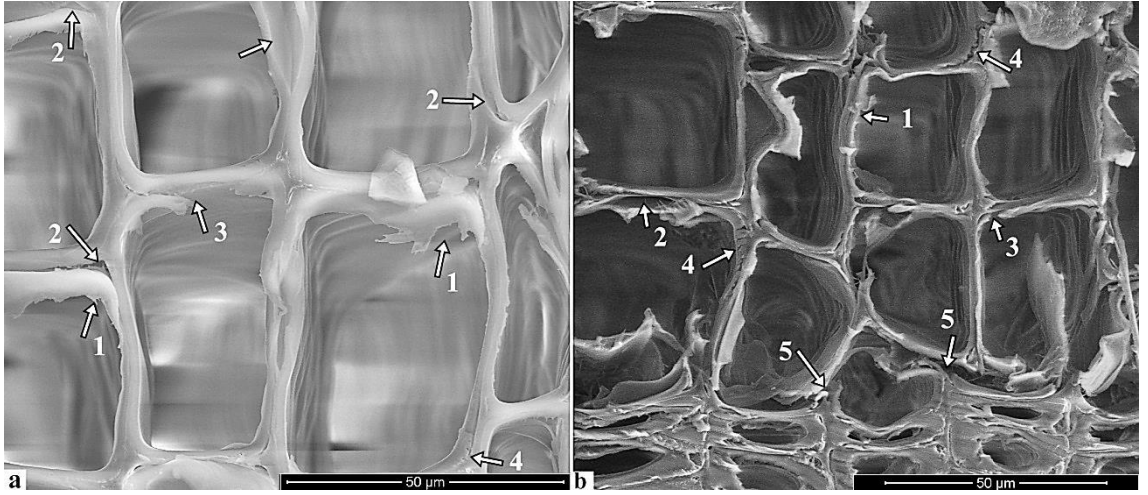


Şekil 4.175: Thermo-S uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri; yaz odunu tabakası, a-b) daha geniş yıllık halkalı örnek, boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücrelerinde parçalanmalar (1 no.lu oklar), bu kanalların etrafında bulunan yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler (2 no.lu oklar) ve parçalanmalar (3 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinin lümen tarafında (4 no.lu oklar), sekonder çeper üzerinde (5 no.lu oklar) bozunmalar ve lümeden orta lamele doğru ilerleyen ince çatlaklar (6 no.lu oklar).

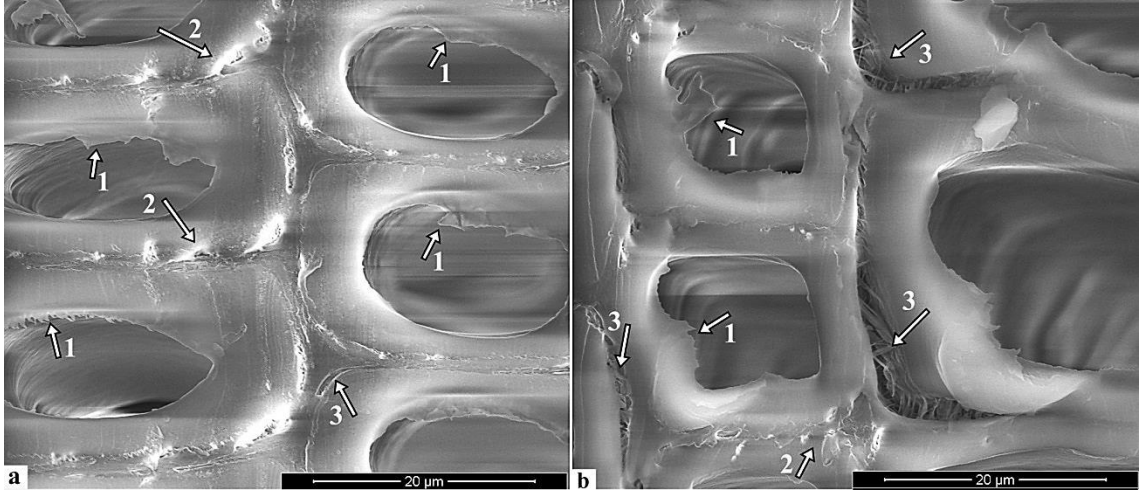
Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam dış kısım Thermo-D kontrol örnekleri;



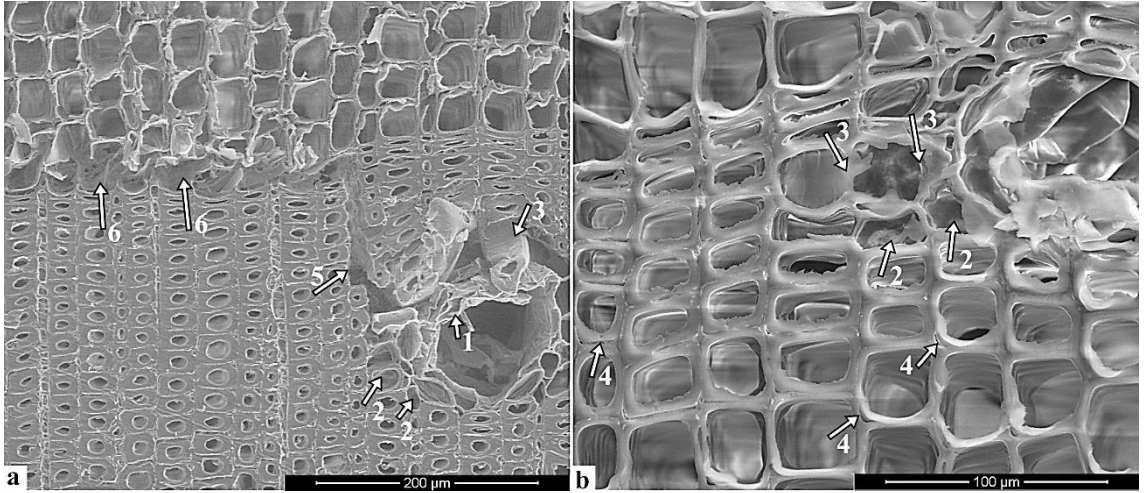
Şekil 4.176: Sadece teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-D kontrol dış kısım örnekleri; düzensiz ilerleyen çatlaklar (1 no.lu oklar), yıllık halka sınırında teğet yönde ilerleyen çatlak (2 no.lu oklar), reçine sızması (3 no.lu ok).



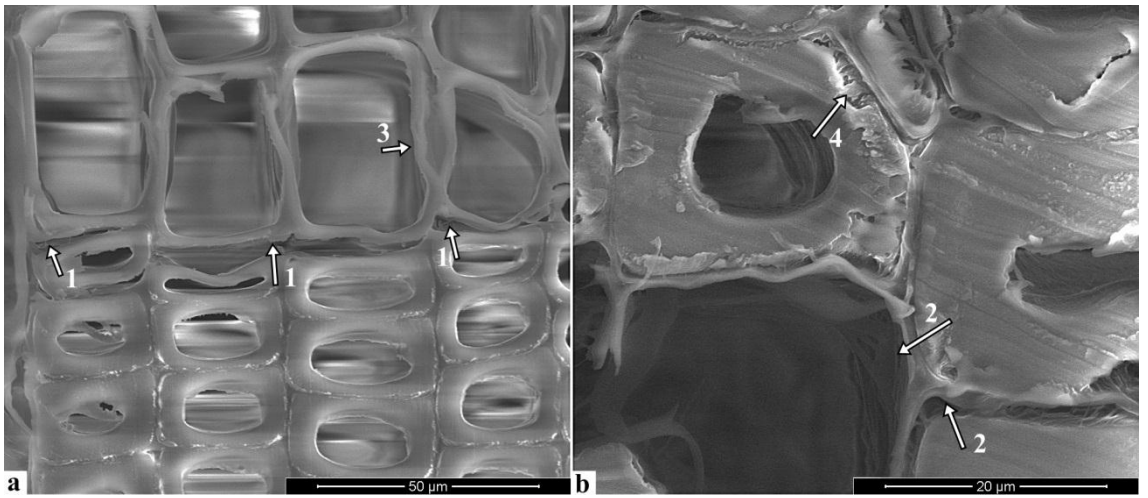
Şekil 4.177: Sadece teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-D kontrol dış kısım örnekleri; ilkbahar odunu tabakası, ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinin lümen tarafında (1 no.lu oklar) ve sekonder çeper üzerinde (4 no.lu oklar) bozunmalar, orta lamelden ayrılmalar (2 no.lu oklar), parçalanmalar (3 no.lu oklar), yıllık halka sınırında kopan traheid hücre çeperleri sebebiyle çatlak oluşumu (5 no.lu oklar), kenarlı geçitlerde teğet yönde genişleme (beyaz ok).



Şekil 4.178: Sadece teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-D kontrol dış kısım örnekleri; yaz odunu tabakası, a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinin lümen tarafında (1 no.lu oklar) ve sekonder çeper üzerinde (2 no.lu oklar) bozunmalar, orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu oklar).

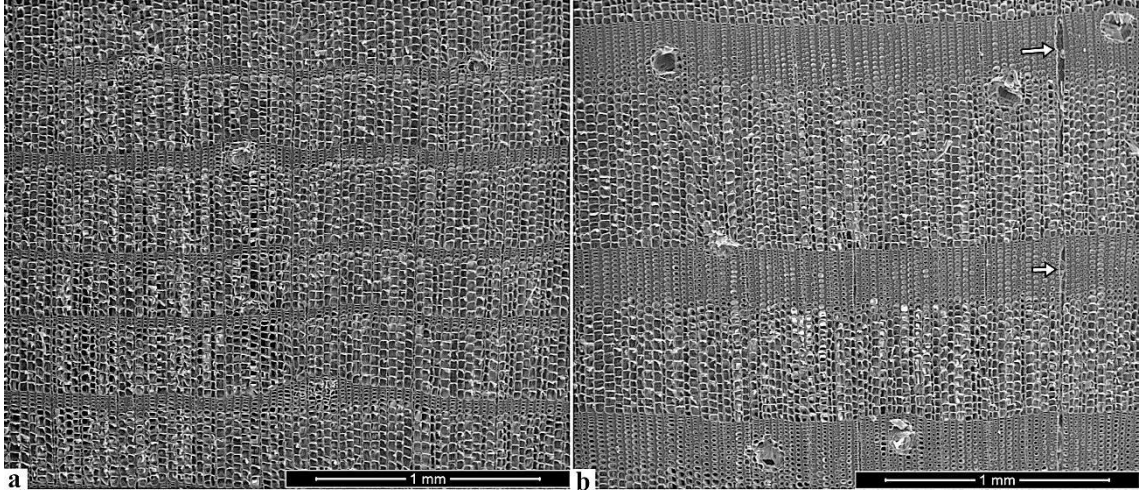


Şekil 4.179: Sadece teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-D kontrol dış kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücre çeperlerinde parçalanmalar (1 no.lu oklar), bu kanalların yakınındaki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelmeler (2 no.lu oklar) ve parçalanmalar (3 no.lu oklar), ilkbahar odunundan yaz odununa geçiş zonunda boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (4 no.lu oklar), orta lamellerinden ayrılan yaz odunu boyuna traheid hücre çeperleri sebebiyle düzensiz çatlak oluşumu (5 no.lu ok), yaz odunundan ilkbahar odununa geçerken kopan ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperleri sebebiyle yıllık halka sınırında çatlak oluşumu (6 no.lu oklar).

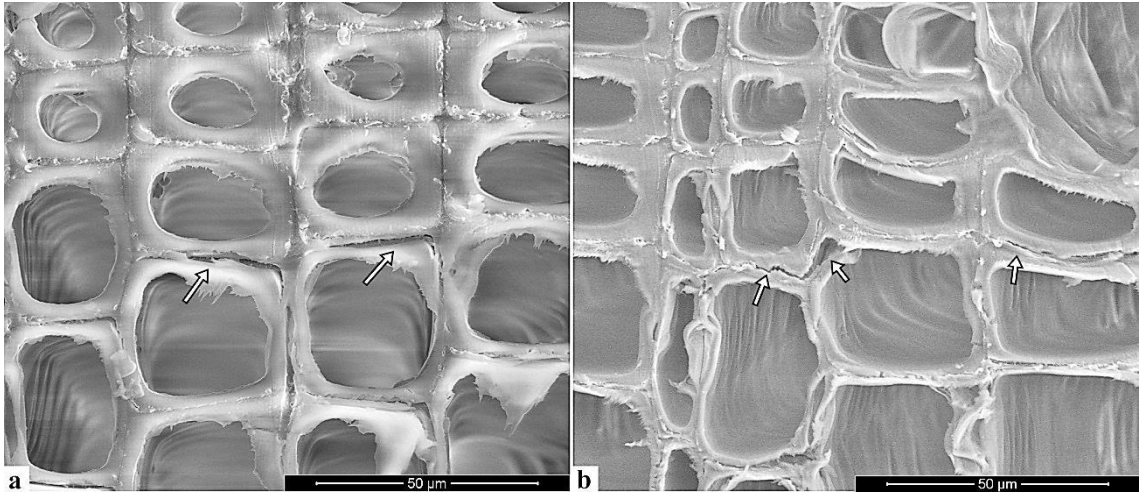


Şekil 4.180: Sadece teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam Thermo-D kontrol dış kısım örnekleri; a-b) daha geniş yıllık halkalı örnekler, yıllık halka sınırında çatlak oluşumu (1 no.lu oklar), yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar (2 no.lu oklar) ve sekonder çeper üzerinde bozunmalar (4 no.lu ok), kenarlı geçitlerde teğet yönde genişleme (3 no.lu ok).

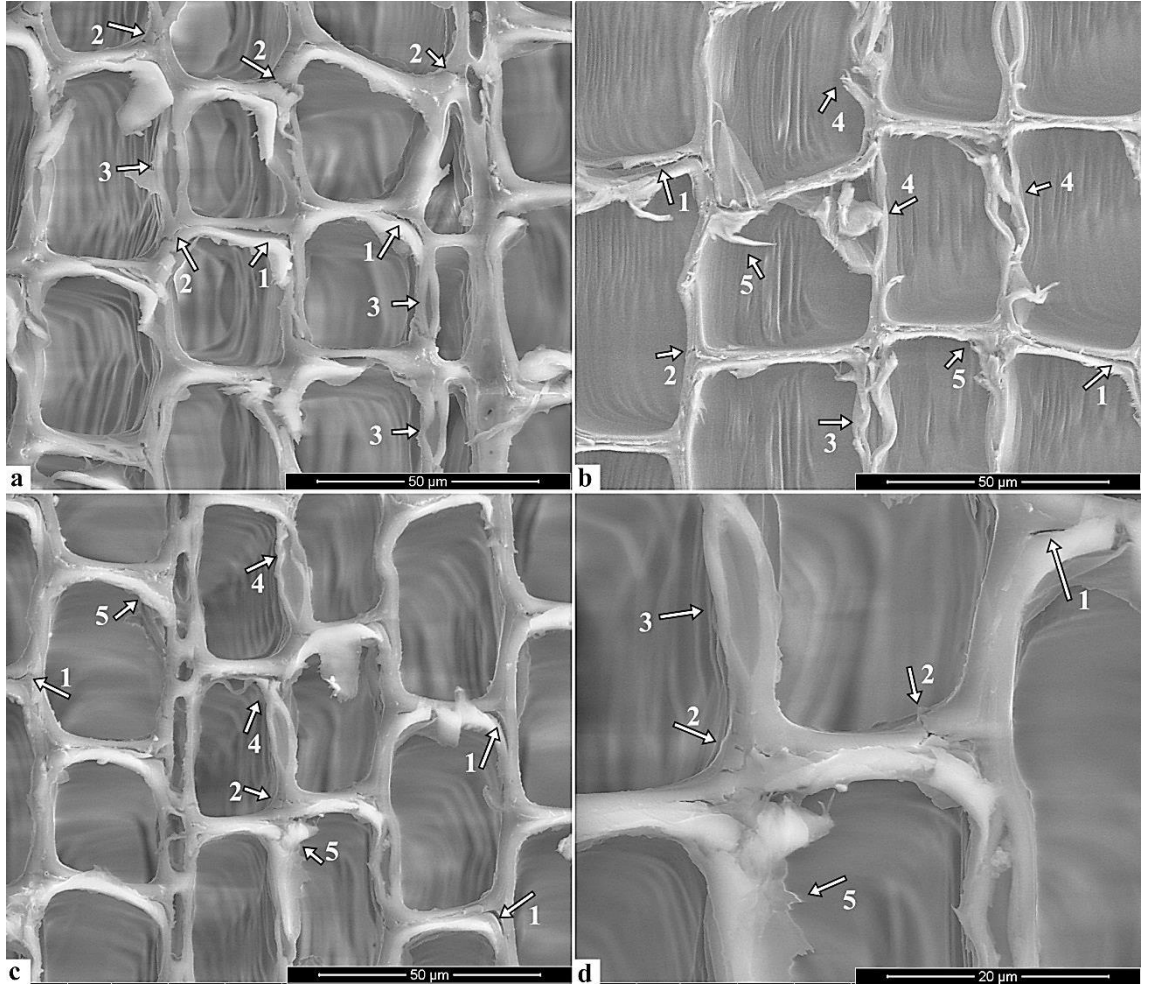
Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri;



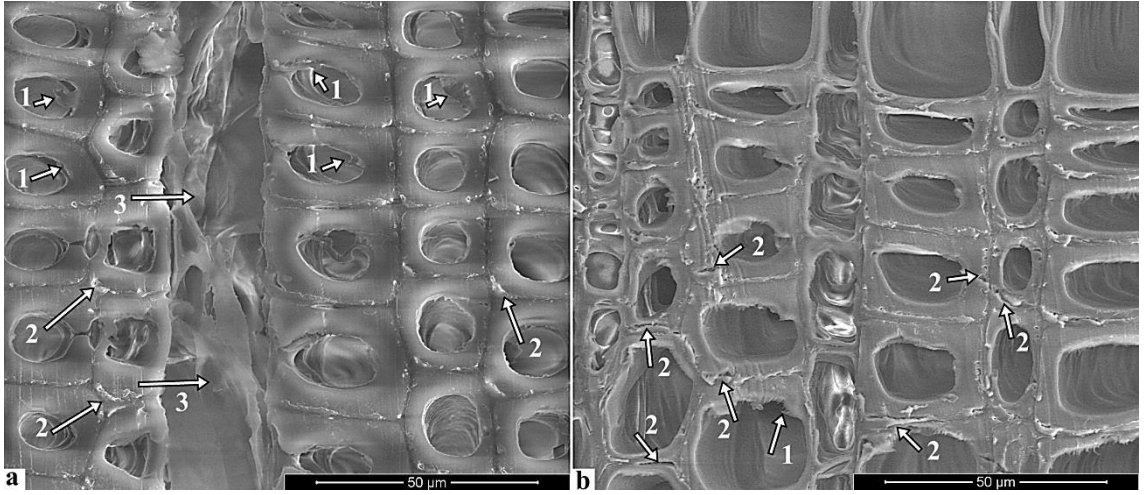
Şekil 4.181: Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri; a) daha dar yıllık halkalı örnek, b) daha geniş yıllık halkalı örnek, öz ışınlarında teğet yönde ayrılma.



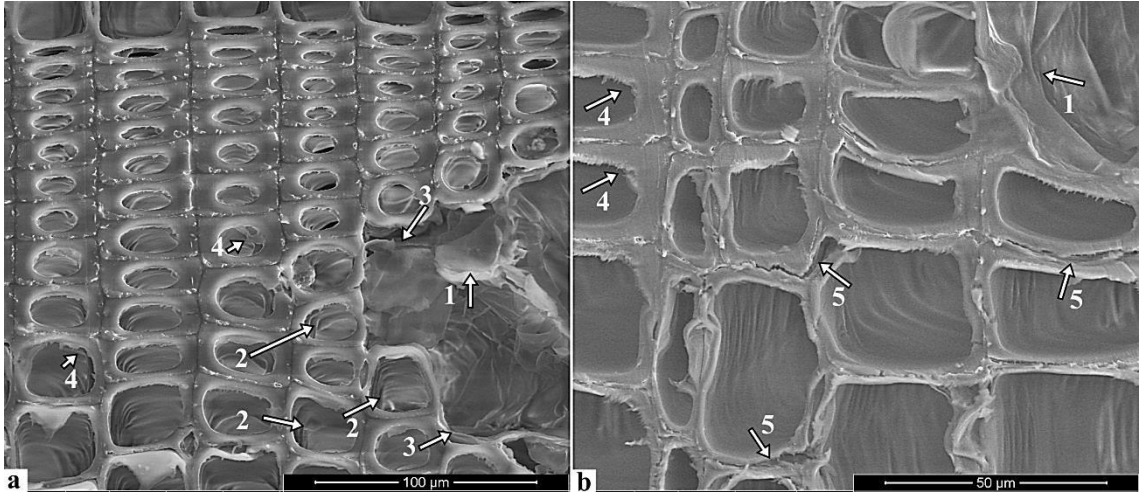
Şekil 4.182: Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri; ilkbahar odunu tabakasından yaz odunu tabakasına geçiş zonunda boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamelden ayrılmalar.



Şekil 4.183: Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri; ilkbahar odunu tabakası, ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde orta lamleden ayrılmalar (1 no.lu oklar), sekonder çeper üzerinde (2 no.lu oklar) ve lümen tarafında (5 no.lu oklar) bozunmalar, kenarlı geçitlerde teğet yönde genişlemeler (3 no.lu oklar) ve kenarlı geçitlerin bulunduğu alanlarda hücre çeperlerinde parçalanmalar (4 no.lu oklar).

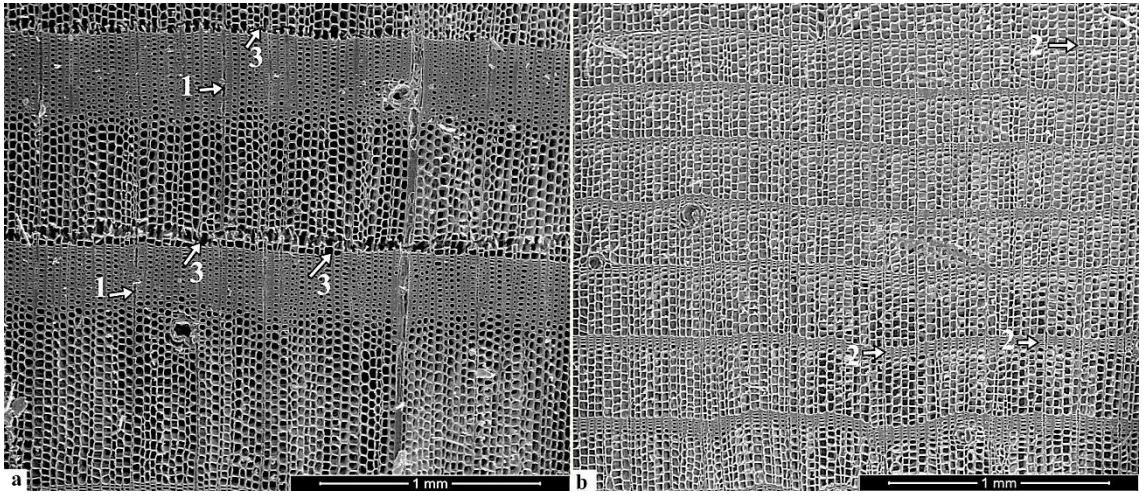


Şekil 4.184: Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, yaz odunu boyunca traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında (1 no.lu oklar) ve sekonder çeper üzerinde (2 no.lu oklar) bozunmalar, öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar (3 no.lu oklar).

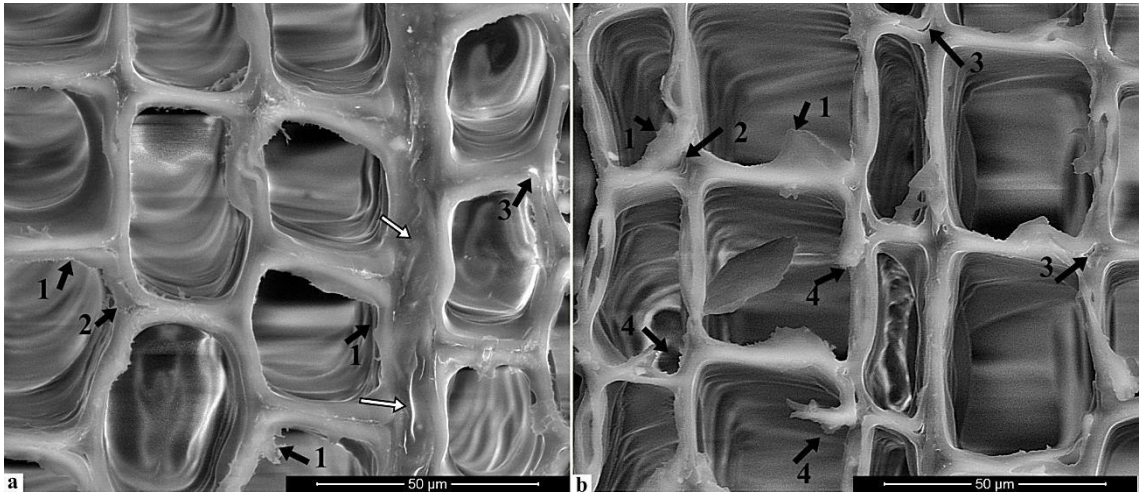


Şekil 4.185: Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam dış kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücre çeperlerinde parçalanma (1 no.lu oklar), bu kanalları çevreleyen yaz odunu boyunca traheid hücre çeperlerinde incelme (2 no.lu oklar) ve parçalanmalar (3 no.lu oklar), yaz odunu boyunca traheid hücre çeperlerinin lümen tarafında bozunma (4 no.lu oklar) ve sekonder çeper üzerindeki bozunmalar sonucu parçalanmalar (5 no.lu oklar).

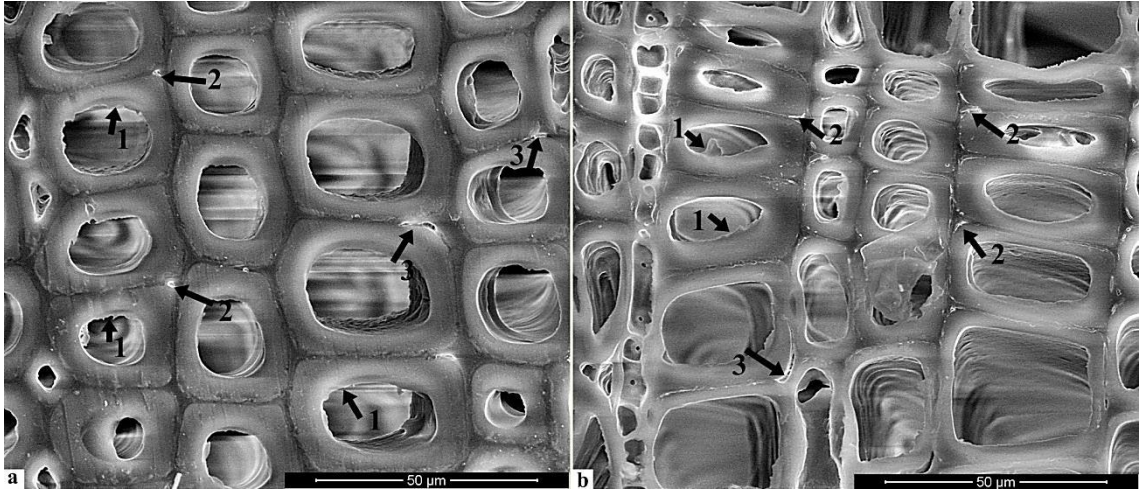
Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam iç kısım Thermo-S kontrol örnekleri;



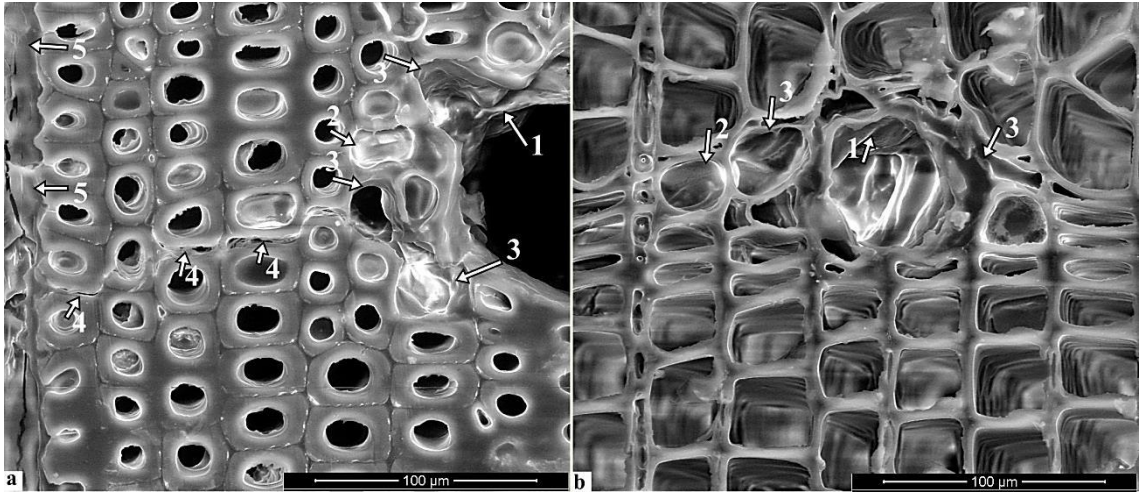
Şekil 4.186: Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam iç kısım Thermo-S kontrol örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, öz ışınlarında teğet yönde ayrılma (1 no.lu oklar), sağlam öz ışınları (2 no.lu oklar), yıllık halka sınırı boyunca ilerleyen çatlak oluşumu (3 no.lu oklar).



Şekil 4.187: Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam iç kısım Thermo-S kontrol örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında (1 no.lu oklar) ve sekonder çeperin orta lamelle yakın kısımlarında (2 no.lu oklar) bozunmalar, orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu oklar), parçalanmalar (4 no.lu oklar), çeperlerde reçine kalıntıları (beyaz oklar).

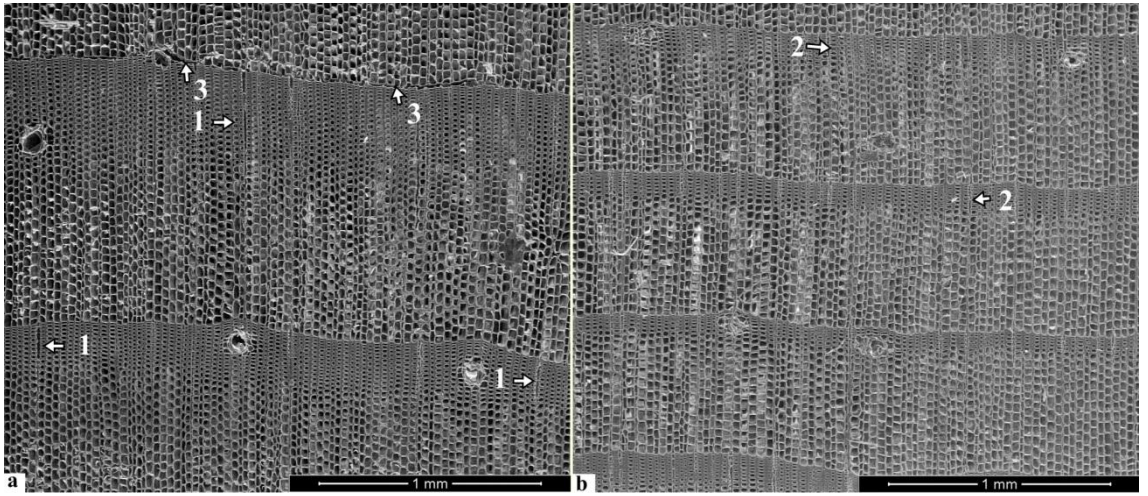


Şekil 4.188: Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam iç kısım Thermo-S kontrol örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, yaz odunu boyunca traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında (1 no.lu oklar) ve sekonder çeperin orta lamelle yakın kısımlarında (2 no.lu oklar) bozunmalar, orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu oklar).

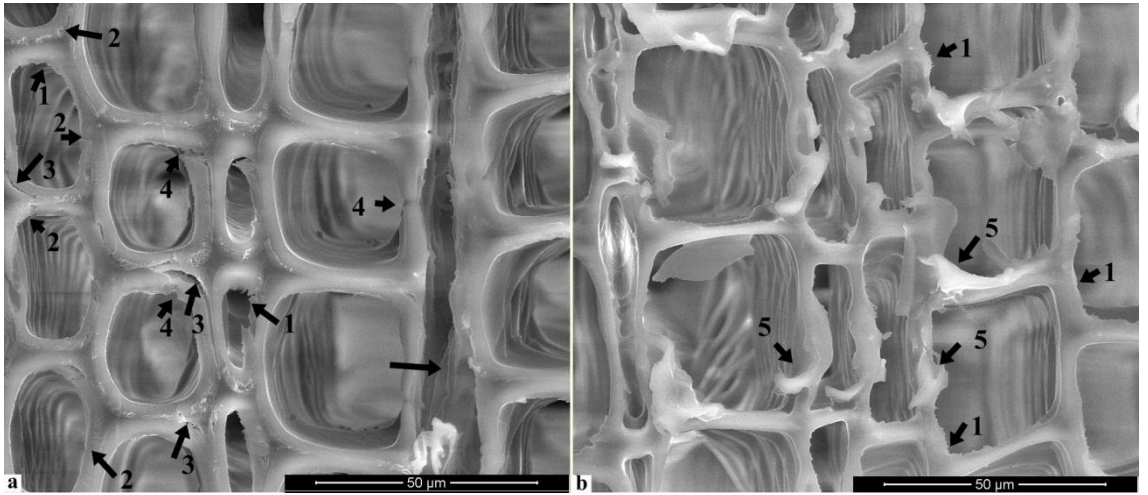


Şekil 4.189: Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam iç kısım Thermo-S kontrol örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücre çeperlerinde parçalanma (1 no.lu oklar), bu kanalların yakınındaki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelme (2 no.lu oklar) ve parçalanmalar (3 no.lu oklar), orta lamellerinden ayrılan yaz odunu boyuna traheidleri sebebiyle düzensiz çatlak oluşumu (4 no.lu oklar), öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar (5 no.lu oklar).

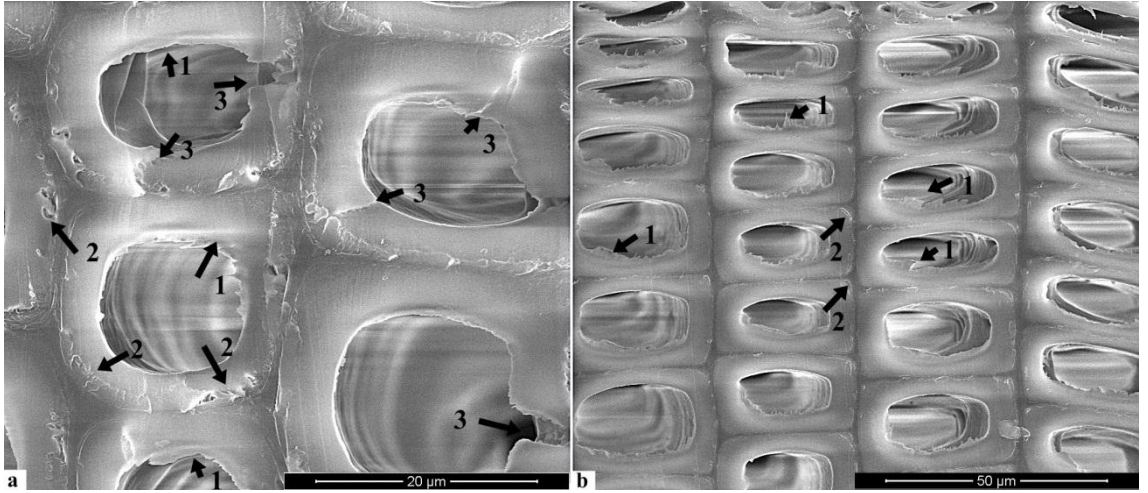
Thermo-S uygulanmış ithal sarıçam iç kısım örnekleri;



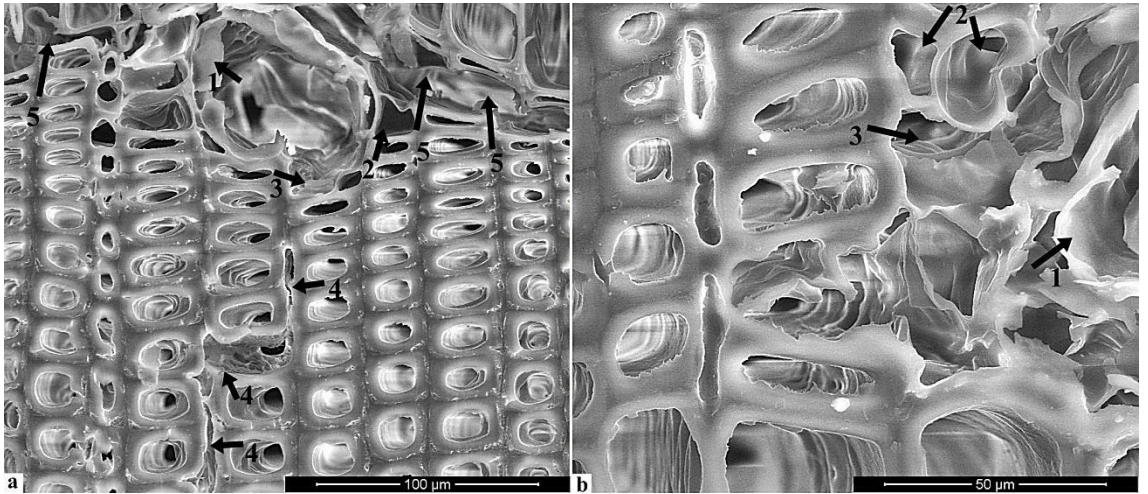
Şekil 4.190: Thermo-S uygulanmış ithal sarıçam iç kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, öz ışınlarında teğet yönde ayrılma (1 no.lu oklar), sağlam öz ışınları (2 no.lu oklar), yıllık halka sınırı boyunca ilerleyen çatlak oluşumu (3 no.lu oklar).



Şekil 4.191: Thermo-S uygulanmış ithal sarıçam iç kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında (1 no.lu oklar) ve sekonder çeperin orta lamelle yakın kısımlarında (2 no.lu oklar) bozunmalar, orta lamelden ayrılmalar (3 no.lu oklar), lümenin orta lamelle doğru ilerleyen ince çatlaklar (4 no.lu oklar) ve traheid çeperlerinde parçalanmalar (5 no.lu oklar).

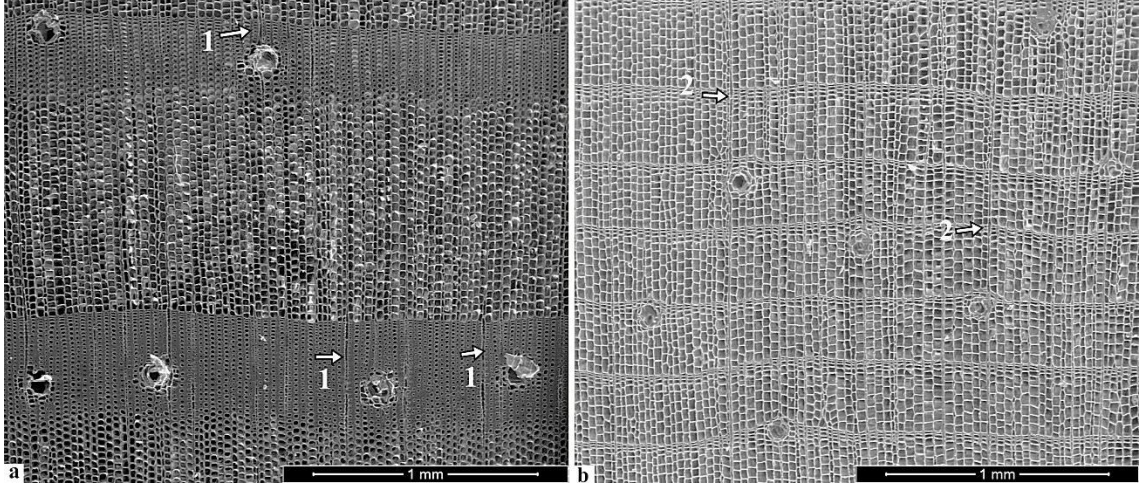


Şekil 4.192: Thermo-S uygulanmış ithal sarıçam iç kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, yaz odunu boyunca traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında (1 no.lu oklar) ve sekonder çeperin orta lamele yakın kısımlarında (2 no.lu oklar) bozunmalar, lümeden orta lamele doğru ilerleyen ince çatlaklar (3 no.lu oklar).

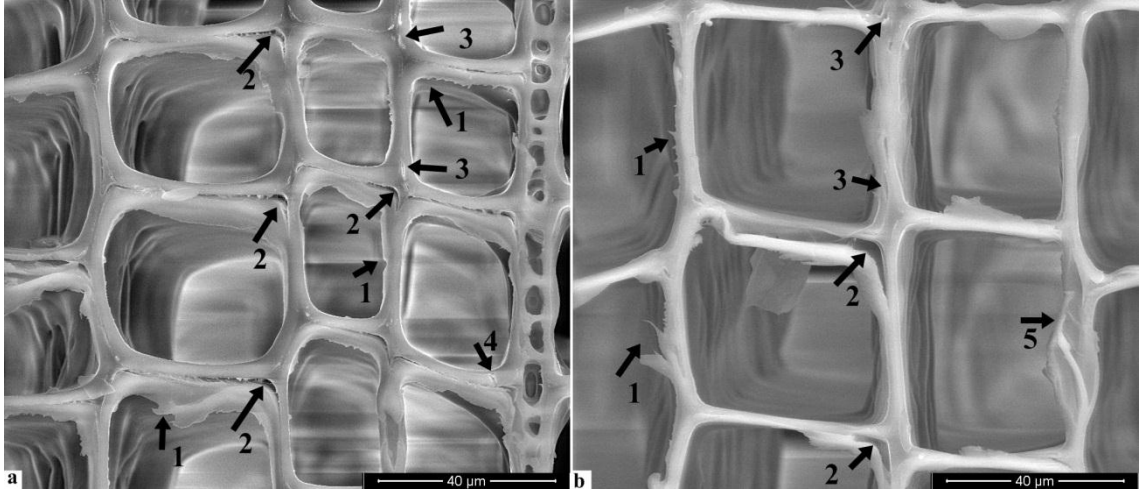


Şekil 4.193: Thermo-S uygulanmış ithal sarıçam iç kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücre çeperlerinde parçalanma (1 no.lu oklar), bu kanalların yakınındaki yaz odunu boyunca traheid hücre çeperlerinde incelmeye (2 no.lu oklar) ve parçalanmalar (3 no.lu oklar), orta lamellerinden ayrılan yaz odunu boyunca traheidleri sebebiyle düzensiz çatlak oluşumu (4 no.lu oklar), yıllık halka sınırı boyunca ilerleyen çatlak oluşumu (5 no.lu oklar).

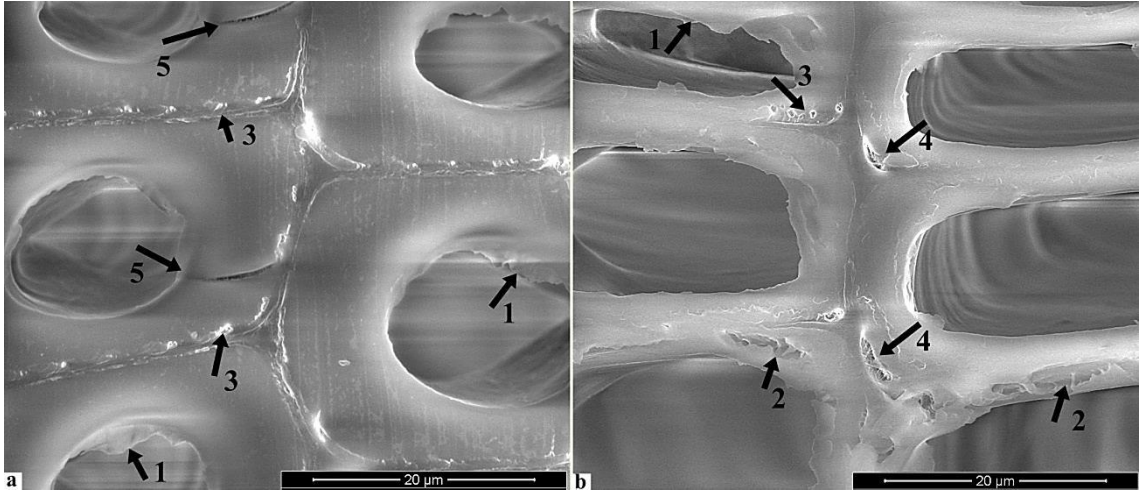
Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam iç kısım Thermo-D kontrol örnekleri;



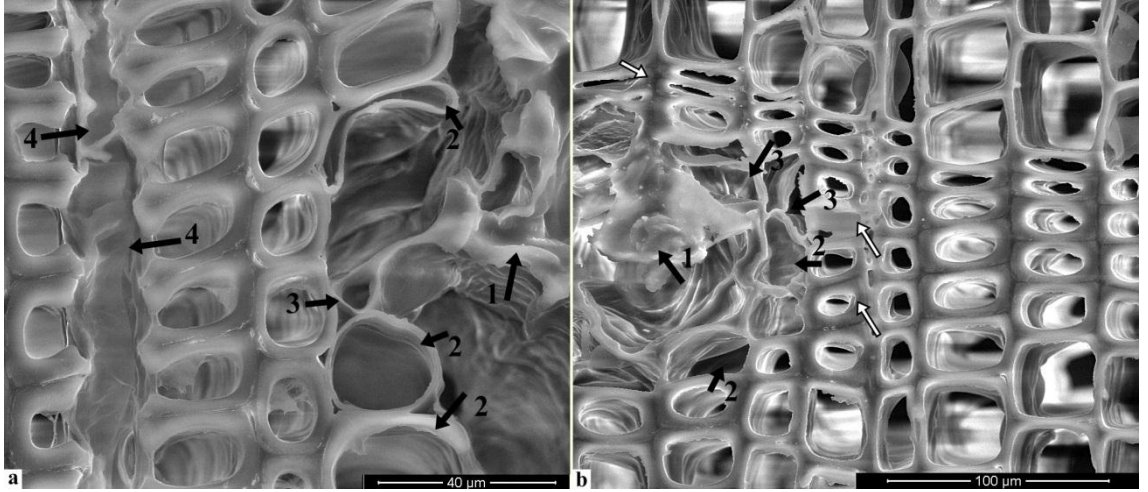
Şekil 4.194: Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam iç kısım Thermo-D kontrol örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, öz ışınlarında teğet yönde ayrılma (1 no.lu oklar), sağlam öz ışınları (2 no.lu oklar).



Şekil 4.195: Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam iç kısım Thermo-D kontrol örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında (1 no.lu oklar) ve sekonder çeperin orta lamele yakın kısımlarında (3 no.lu oklar) bozunmalar, orta lamelden ayrılmalar (2 no.lu oklar), lümeden orta lamele doğru ilerleyen ince çatlaklar (4 no.lu oklar) ve kenarlı geçitlerde parçalanmalar (5 no.lu oklar).

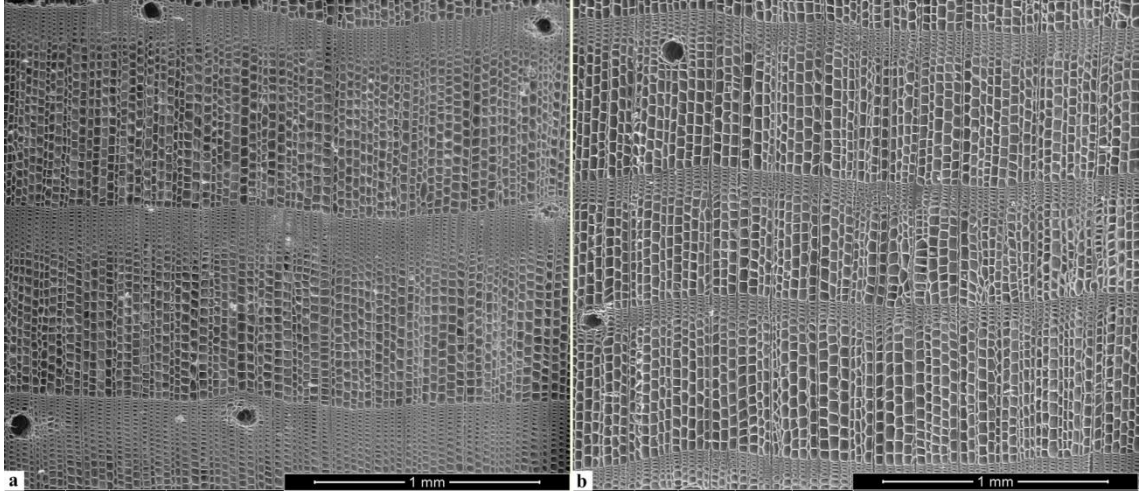


Şekil 4.196: Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam iç kısım Thermo-D kontrol örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında (1 no.lu oklar), sekonder çeper üzerinde (2 no.lu oklar) ve sekonder çeperin orta lamelle yakın kısımlarında (3 no.lu oklar) bozunmalar, orta lamelden ayrılmalar (4 no.lu oklar), lümeden orta lamelle doğru ilerleyen ince çatlaklar (5 no.lu oklar).

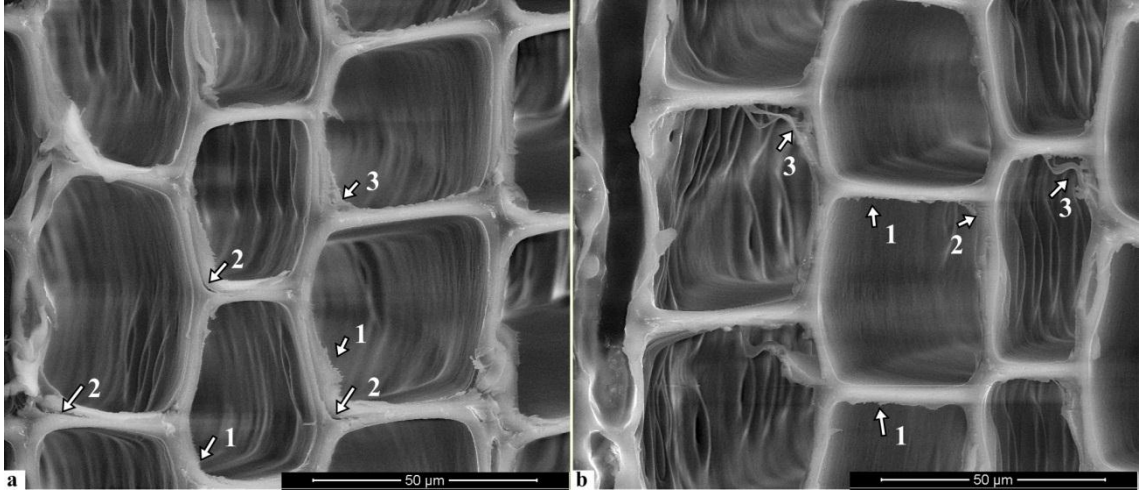


Şekil 4.197: Teknik kurutma uygulanmış ithal sarıçam iç kısım Thermo-D kontrol örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücre çeperlerinde parçalanma (1 no.lu oklar), bu kanalların yakınındaki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde incelme (2 no.lu oklar) ve parçalanmalar (3 no.lu oklar), öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalar (4 no.lu oklar), traheid çeperlerinde reçine kalıntıları (beyaz oklar).

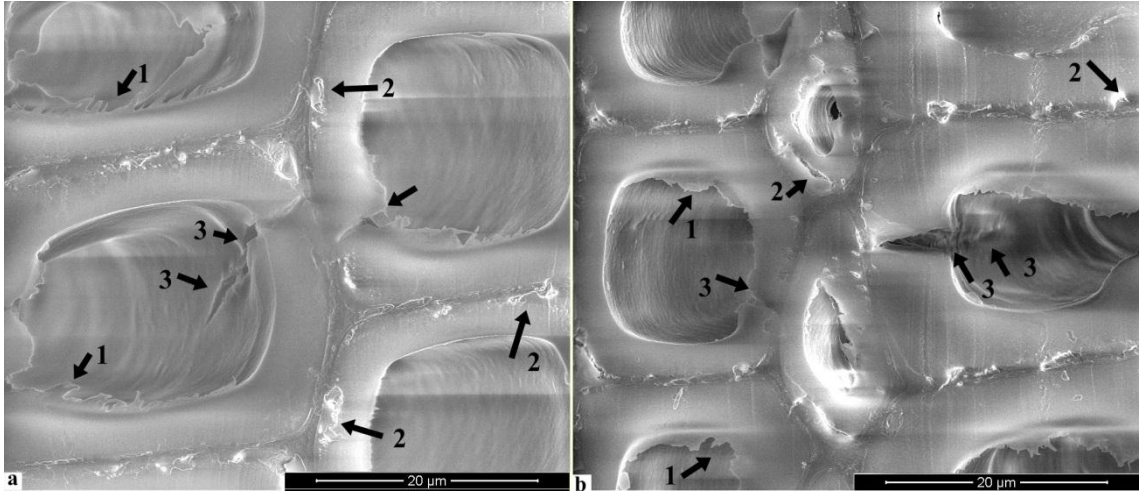
Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam iç kısım örnekleri;



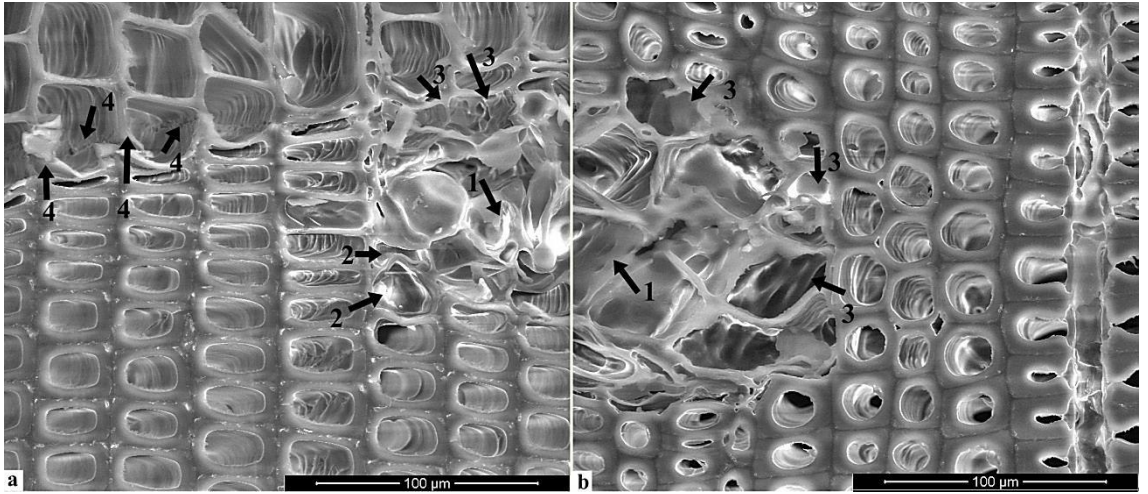
Şekil 4.198: Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam iç kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek.



Şekil 4.199: Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam iç kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, ilkbahar odunu boyunca traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında (1 no.lu oklar) ve sekonder çeperin orta lamele yakın kısımlarında (2 no.lu oklar) bozunmalar ve parçalanmalar (3 no.lu oklar).



Şekil 4.200: Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam iç kısım örnekleri; a) daha geniş yıllık halkalı örnek, b) daha dar yıllık halkalı örnek, yaz odunu boyunca traheid hücre çeperlerinde lümen tarafında (1 no.lu oklar) ve sekonder çeperin orta lamele yakın kısımlarında (2 no.lu oklar) bozunmalar, lümeden orta lamele doğru ilerleyen ince çatlaklar (3 no.lu oklar).



Şekil 4.201: Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam iç kısım örnekleri; a-b) daha geniş yıllık halkalı örnek, boyunca reçine kanallarını çevreleyen epitel hücre çeperlerinde parçalanma (1 no.lu oklar), bu kanalların yakınındaki yaz odunu boyunca traheid hücre çeperlerinde incelmeye (2 no.lu oklar) ve parçalanmalar (3 no.lu oklar), yıllık halka sınırı boyunca ilerleyen çatlak oluşumu (4 no.lu oklar).

4.2. FİZİKSEL ÖZELLİKLER

4.2.1. Yoğunluk Denemeleri

4.2.1.1. Hava Kuru Yoğunluk

Hava kuru yoğunluk (HKY) değerleri yerli sarıçam örnekleri için, diri odun ve öz odun ayırımına giderek, iki farklı işlem sıcaklığı ve kontrol örnekleri olmak üzere toplam 256 örnek üzerinde hesaplanmıştır. Deneme ağaçlarında hesaplanan hava kuru yoğunluk değerleri tanımlayıcı istatistikleri Tablo 4.5’ te gösterilmiştir.

Tablo 4.5: Yerli sarıçam hava kuru yoğunluk değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler.

HKY	İşlem Türü	Örnek Sayısı (N)	Aralık (R)	Min. Değer (X_{min})	Maks. Değer (X_{max})	Aritmetik Ortalama (\bar{x})	Standart Hata (S_r)	Standart Sapma (S)	Varyans (S^2)
Diri Odun	Kontrol	31	0,066	0,521	0,587	0,554	0,003	0,017	0,000
	Thermo S	51	0,062	0,504	0,566	0,537	0,002	0,013	0,000
	Thermo D	62	0,066	0,514	0,580	0,541	0,002	0,015	0,000
Öz Odun	Kontrol	39	0,107	0,519	0,626	0,569	0,004	0,023	0,001
	Thermo S	45	0,132	0,461	0,593	0,532	0,004	0,029	0,001
	Thermo D	28	0,093	0,432	0,525	0,485	0,004	0,023	0,001
Genel	Kontrol	70	0,107	0,519	0,626	0,563	0,003	0,022	0,000
	Thermo S	96	0,132	0,461	0,593	0,535	0,002	0,022	0,000
	Thermo D	90	0,148	0,432	0,580	0,523	0,003	0,031	0,001

Hava kuru yoğunluk değerleri incelendiğinde ısı işlem sıcaklığı arttıkça yoğunluğun özellikle öz odunda azaldığı görülmektedir. Sarıçam odununda en yüksek ortalama yoğunluk değeri $0,569 \text{ g/cm}^3$ ile ısı işlem görmemiş öz odun kontrol örneklerinde, en düşük ortalama yoğunluk değerinin ise $0,485 \text{ g/cm}^3$ ile Thermo-D öz odun örneklerinde bulunduğu tespit edilmiştir.

Deneme örneklerinde gerçekleştirilen ısı işlem sonrasında, uygulanan işlem sıcaklığına ve örneklerin alındığı yere (diri odun – öz odun) bağlı olarak örnekler arasında hava kuru yoğunluk bakımından anlamlı bir farklılık olup olmadığı İki Yönlü Varyans Analizi ile test edilmiştir (Tablo 4.6).

Tablo 4.6: Yerli sarıçam hava kuruşu yoğunluk Varyans Analizi sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
İşlem	0,088	2	0,044	108,165	0,000
Diri-Öz	0,014	1	0,014	34,647	0,000
İş. * D.-Ö.	0,050	2	0,025	61,616	0,000
Hata	0,102	250	0,000		
Düzeltilmiş Toplam	0,088	2	0,044	108,165	0,000

Varyans analizi sonuçlarına göre, işlemin (kontrol, Thermo-S ve Thermo-D), örneklerin alındığı yerin (diri odun, öz odun) ve işlem ile örneklerin alındığı yerin birlikte hava kuruşu yoğunluk değerleri üzerinde istatistiki olarak, 0,05 güven düzeyinde anlamlı farklılığa sahip olduğu bulunmuştur (Önem Düzeyi < 0,05). Bu farklılığın işlem değişkeni içerisinde hangi grup ya da gruplardan kaynaklandığını bulmak için Duncan Testi uygulanmıştır (Tablo 4.7).

Tablo 4.7: Yerli sarıçam hava kuruşu yoğunluk Duncan Testi sonuçları.

İşlem	N	1	2	3
Thermo-D	90	0,523		
Thermo-S	96		0,535	
Kontrol	70			0,563
Önem Düzeyi		1,000	1,000	1,000

Duncan testi sonuçlarına göre, her üç işlem grubu (kontrol, Thermo-S ve Thermo-D), hava kuruşu yoğunluk değeri bakımından istatistiki olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir.

Hava kuruşu yoğunluk değerleri ithal sarıçam örnekleri için, iki farklı işlem sıcaklığı ve kontrolleri olmak üzere toplam 197 örnek üzerinde hesaplanmıştır. Bu örneklere ait hava kuruşu yoğunluk değerleri tanımlayıcı istatistikleri Tablo 4.8'te gösterilmiştir.

Tablo 4.8: İthal sarıçam hava kuru yoğunluk değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler.

İşlem Türü	Örnek Sayısı (N)	Aralık (R)	Min. Değer (X_{min})	Maks. Değer (X_{max})	Aritmetik Ortalama (\bar{x})	Standart Hata (S_r)	Standart Sapma (S)	Varyans (S^2)
Kontrol	100	0,290	0,325	0,615	0,447	0,007	0,073	0,005
Thermo S	45	0,212	0,402	0,614	0,505	0,010	0,070	0,005
Thermo D	52	0,203	0,357	0,560	0,444	0,009	0,064	0,004

İthal sarıçam örnekleri hava kuru yoğunluk değerleri incelendiğinde en yüksek ortalama yoğunluk değeri 0,505 g/cm³ ile Thermo-S örneklerinde, en düşük ortalama yoğunluk değeri ise 0,444 g/cm³ ile Thermo-D uygulanmış örneklerde tespit edilmiştir.

Deneme örneklerinde gerçekleştirilen ısı işlem sonrasında, uygulanan işlem sıcaklığına bağlı olarak işlem grupları arasında hava kuru yoğunluk değeri bakımından anlamlı bir farklılık olup olmadığı Varyans Analizi ile test edilmiştir (Tablo 4.9).

Tablo 4.9: İthal sarıçam hava kuru yoğunluk Varyans Analizi sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Gruplar Arası	0,120	2	0,060	12,164	0,000
Gruplar İçi	0,954	194	0,005		
Toplam	1,074	196			

Varyans analizi sonuçlarına göre, uygulanan işlemlerin istatistiki olarak, 0,05 güven düzeyinde anlamlı farklılığa sahip olduğu bulunmuştur (Önem Düzeyi < 0,05). Bu farklılığın hangi grup ya da gruplardan kaynaklandığını bulmak için Duncan Testi uygulanmıştır (Tablo 4.10).

Tablo 4.10: İthal sarıçam hava kuru yoğunluk Duncan Testi sonuçları.

İşlem	N	1	2
Thermo-D	52	0,444	
Kontrol	100	0,447	
Thermo-S	45		0,505
Sig.		0,828	1,000

Duncan testi sonuçlarına göre, ithal örnekler için kontrol ve Thermo-D örnekleri arasında anlamlı bir farklılık yokken; Thermo-S örnekleri, kontrol ve Thermo-D örneklerinden hava kurusu yoğunluk bakımından istatistiki olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir.

Ayrıca yerli ve ithal sarıçam örnekleri hava kurusu yoğunluk değerleri arasında anlamlı bir farklılığın olup olmadığı Çoklu Varyans Analizi ile incelenmiştir (Tablo 4.11).

Tablo 4.11: Yerli ve ithal sarıçam hava kurusu yoğunluk değerleri Varyans Analizi sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
İşlem	0,083	2	0,042	16,629	0,000
Yerli-İthal	0,578	1	0,578	230,649	0,000
İş. * Y.-İ.	0,129	2	0,065	25,726	0,000
Hata	1,121	447	0,003		
Düzeltilmiş Toplam	1,996	452			

Varyans analizi sonuçlarına göre, işlemin (kontrol, Thermo-S ve Thermo-D), örneklerin menşeinin (yerli sarıçam, ithal sarıçam) ve işlem ile menşein birlikte hava kurusu yoğunluk değerleri üzerinde istatistiki olarak, 0,05 güven düzeyinde anlamlı farklılığa sahip olduğu bulunmuştur (Önem Düzeyi < 0,05). Bu farklılığın işlem değişkeni içerisinde hangi grup ya da gruplardan kaynaklandığını bulmak için Duncan Testi uygulanmıştır (Tablo 4.12).

Tablo 4.12: Yerli ve ithal sarıçam hava kurusu yoğunluk değerleri Duncan Testi sonuçları.

İşlem	N	1	2
Thermo-D	142	0,494	
Kontrol	170	0,495	
Thermo-S	141		0,525
Önem Düzeyi		0,958	1,000

Uygulanan işlemlerin etkilerinin karşılaştırılması amacıyla, hava kurusu yoğunluk değerleri bakımından, yerli ve ithal sarıçam örneklerinin ilgili işlem grupları birarada olacak şekilde uygulanan duncan testi sonuçlarına göre; kontrol ve Thermo-D örnekleri

arasında anlamlı bir farklılık yokken; Thermo-S örnekleri, kontrol ve Thermo-D örneklerinden istatistiki olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir.

Yerli ve ithal örneklerin birlikte işlem değişkenleri karşısında ortalama hava kurusu yoğunluk değerlerine bakıldığında en yüksek ortalama yoğunluk değeri $0,525 \text{ g/cm}^3$ ile Thermo-S uygulanan örneklerde, en düşük ortalama yoğunluk değerinin ise $0,494 \text{ g/cm}^3$ ile Thermo-D uygulanan örneklerde olduğu belirlenmiştir.

4.2.1.2. Tam Kuru Yoğunluk

Tam kuru yoğunluk (TKY) değerleri yerli sarıçam örnekleri için, diri odun-öz odun ayırımına gidilerek iki farklı işlem sıcaklığı ve kontrolleri olmak üzere toplam 259 örnek üzerinde hesaplanmıştır. Deneme ağaçlarında hesaplanan tam kuru yoğunluk değerleri tanımlayıcı istatistikleri Tablo 4.13'te gösterilmiştir.

Tablo 4.13: Yerli sarıçam tam kuru yoğunluk değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler.

TKY	İşlem Türü	Örnek Sayısı (N)	Aralık (R)	Min. Değer (X_{\min})	Maks. Değer (X_{\max})	Aritmetik Ortalama (\bar{x})	Standart Hata (S_r)	Standart Sapma (S)	Varyans (S^2)
Diri Odun	Kontrol	31	0,060	0,492	0,552	0,523	0,003	0,016	0,000
	Thermo S	52	0,052	0,484	0,536	0,510	0,002	0,011	0,000
	Thermo D	63	0,070	0,482	0,552	0,512	0,002	0,015	0,000
Öz Odun	Kontrol	39	0,115	0,477	0,592	0,539	0,004	0,023	0,001
	Thermo S	46	0,133	0,439	0,572	0,509	0,004	0,026	0,001
	Thermo D	28	0,086	0,420	0,506	0,469	0,004	0,020	0,000
Genel	Kontrol	70	0,115	0,477	0,592	0,532	0,003	0,021	0,000
	Thermo S	98	0,133	0,439	0,572	0,509	0,002	0,020	0,000
	Thermo D	91	0,132	0,420	0,552	0,499	0,003	0,026	0,001

Tam kuru yoğunluk değerleri incelendiğinde ısı işlem sıcaklığı arttıkça yoğunluğun özellikle öz odunda azaldığı görülmektedir. Sarıçam odununda en yüksek ortalama yoğunluk değeri $0,539 \text{ g/cm}^3$ ile öz odun kontrol örneklerinde, en düşük ortalama yoğunluk değeri ise $0,469 \text{ g/cm}^3$ ile öz odun Thermo-D örneklerinde tespit edilmiştir.

Deneme ağaçlarında gerçekleştirilen ısı işlem sonrasında, uygulanan işlem sıcaklığına ve örneklerin alındığı yere bağlı olarak işlem grupları arasında tam kuru yoğunluk bakımından anlamlı bir farklılık olup olmadığı İki Yönlü Varyans Analizi ile test edilmiştir (Tablo 4.14).

Tablo 4.14: Yerli sarıçam örneklerine ait tam kuru yoğunluk Varyans Analizi sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
İşlem	0,061	2	0,030	84,584	0,000
Diri-Öz	0,005	1	0,005	14,557	0,000
İş. * D.-Ö.	0,036	2	0,018	49,894	0,000
Hata	2,364	912	0,003		
Düzeltilmiş Toplam	0,177	258			

Varyans analizi sonuçlarına göre, uygulanan işlemlerin (kontrol, Thermo-S ve Thermo-D), örneklerin alındığı yerin (diri odun, öz odun) ve uygulanan işlem ile örneklerin alındığı yerin birlikte tam kuru yoğunluk değerleri üzerinde istatistiki olarak, 0,05 güven düzeyinde anlamlı farklılığa sahip olduğu bulunmuştur (Önem Düzeyi < 0,05). Bu farklılığın işlem değişkenleri içerisinde hangi grup ya da gruplardan kaynaklandığını bulmak için Duncan Testi uygulanmıştır (Tablo 4.15).

Tablo 4.15: Yerli sarıçam tam kuru yoğunluk Duncan Testi sonuçları.

İşlem	N	1	2	3
Thermo-D	91	0,499		
Thermo-S	98		0,509	
Kontrol	70			0,532
Önem Düzeyi		1,000	1,000	1,000

Duncan testi sonuçlarına göre, her üç işlem grubu tam kuru yoğunluk değerleri bakımından istatistiki olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir.

İthal sarıçam örnekleri için tam kuru yoğunluk değerleri, iki farklı işlem sıcaklığı ve kontrolleri olmak üzere toplam 199 örnek üzerinde hesaplanmıştır. Bu örneklere ait tam kuru yoğunluk değerleri tanımlayıcı istatistikleri Tablo 4.16' da gösterilmiştir.

Tablo 4.16: İthal sarıçam tam kuru yoğunluk değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler.

İşlem Türü	Örnek Sayısı (N)	Aralık (R)	Min. Değer (X_{min})	Maks. Değer (X_{max})	Aritmetik Ortalama (\bar{x})	Standart Hata (S_r)	Standart Sapma (S)	Varyans (S^2)
Kontrol	100	0,283	0,302	0,585	0,421	0,007	0,072	0,005
Thermo S	47	0,204	0,375	0,579	0,472	0,010	0,069	0,005
Thermo D	52	0,184	0,331	0,515	0,414	0,009	0,062	0,004

İthal örnekler için tam kuru yoğunluk değerleri incelendiğinde, ortalama en yüksek yoğunluk değeri $0,472 \text{ g/cm}^3$ ile Thermo-S uygulanmış örneklerde ve ortalama en düşük yoğunluk değeri $0,414 \text{ g/cm}^3$ ile Thermo-D uygulanan örneklerde tespit edilmiştir.

Gerçekleştirilen ısıl işlem sonrasında, uygulanan sıcaklığa bağlı olarak işlem grupları arasında tam kuru yoğunluk bakımından anlamlı bir farklılık olup olmadığı Varyans Analizi ile test edilmiştir (Tablo 4.17).

Tablo 4.17: İthal sarıçam tam kuru yoğunluk Varyans Analizi.

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Gruplar Arası	0,102	2	0,051	10,797	0,000
Gruplar İçi	0,924	196	0,005		
Toplam	1,026	198			

Varyans analizi sonuçlarına göre, ithal sarıçam örneklerinde uygulanan işlemler arasında tam kuru yoğunluk değerleri üzerinde istatistiksel olarak, 0,05 güven düzeyinde anlamlı farklılığa sahip olduğu bulunmuştur (Önem Düzeyi $< 0,05$). Bu farklılığın hangi grup ya da gruplardan kaynaklandığını bulmak için Duncan Testi uygulanmıştır (Tablo 4.18).

Tablo 4.18: İthal sarıçam tam kuru yoğunluk Duncan Testi sonuçları.

İşlem	N	1	2
Thermo-D	52	0,414	
Kontrol	100	0,421	
Thermo-S	47		0,472
Önem Düzeyi		0,551	1,000

Duncan testi sonuçlarına göre, ithal örnekler için kontrol ve Thermo-D örnekleri arasında anlamlı bir farklılık yokken; Thermo-S örnekleri, kontrol ve Thermo-D örneklerinden tam kuru yoğunluk bakımından istatistiki olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir.

Ayrıca yerli ve ithal sarıçam örnekleri tam kuru yoğunluk değerleri arasında anlamlı bir farklılığın olup olmadığı Çoklu Varyans Analizi ile incelenmiştir (Tablo 4.19).

Tablo 4.19: Yerli ve ithal sarıçam tam kuru yoğunluk Varyans Analizi sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
İşlem	0,077	2	0,038	16,404	0,000
Yerli-İthal	0,633	1	0,633	270,892	0,000
İş. * Y.-İ.	0,096	2	0,048	20,646	0,000
Hata	1,056	452	0,002		
Düzeltilmiş Toplam	1,931	457			

Varyans analizi sonuçlarına göre, uygulanan işlemin (kontrol, Thermo-S ve Thermo-D), örneklerin menşeinin (yerli sarıçam, ithal sarıçam) ve işlem ve menşein birlikte tam kuru yoğunluk değerleri üzerinde istatistiki olarak, 0,05 güven düzeyinde anlamlı farklılığa sahip olduğu bulunmuştur (Önem Düzeyi < 0,05). Bu farklılığın işlem değişkenleri içerisinde hangi grup ya da gruplardan kaynaklandığını bulmak için Duncan Testi uygulanmıştır (Tablo 4.20).

Tablo 4.20: Yerli ve ithal sarıçam tam kuru yoğunluk Duncan Testi sonuçları.

İşlem	N	1	2
Kontrol	170	0,467	
Thermo-D	143	0,468	
Thermo-S	145		0,497
Önem Düzeyi		0,868	1,000

Uygulanan işlemlerin etkilerinin karşılaştırılması amacıyla, tam kuru yoğunluk değerleri bakımından, yerli ve ithal sarıçam örneklerinin ilgili işlem grupları birarada olacak şekilde uygulanan Duncan Testi sonuçlarına göre; kontrol ve Thermo-D örnekleri

arasında anlamlı bir farklılık görülmezken Thermo-S örnekleri, kontrol ve Thermo-D örneklerinden istatistiki olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir. Tam kuru yoğunluk denemelerinde en yüksek yoğunluk değerinin Thermo-S uygulanan örneklerde, en düşük yoğunluk değerlerinin ise Thermo-D uygulanan örneklerde olduğu belirlenmiştir.

4.2.2. Hacim-Ağırlık Denemeleri

Hacim ağırlık değerinin belirlenmesi için; genişleme denemelerinde kullanılan örneklerden yararlanılmıştır. Yoğunluk değerinin tayininde de kullanılan bu örneklerin tam kuru ağırlıkları bulunmuş ve örnekler su içerisine batırılarak ardından hacimleri hesaplanmıştır. Hacim ağırlık değerleri tam kuru ağırlığın, suyla doygun haldeki örneklerin hacimlerine oranlamak suretiyle elde edilmiştir.

Yerli sarıçam örneklerine ait hacim ağırlık değeri (HAD) tanımlayıcı istatistik değerleri Tablo 4.21’de verilmiştir.

Tablo 4.21: Yerli sarıçam hacim ağırlık değerine ait tanımlayıcı istatistikler.

HAD	İşlem Türü	Örnek Sayısı (N)	Aralık (R)	Min. Değer (X_{min})	Maks. Değer (X_{max})	Aritmetik Ortalama (\bar{x})	Standart Hata (S_p)	Standart Sapma (S)	Varyans (S^2)
Diri Odun	Kontrol	35	0,068	0,423	0,491	0,456	0,003	0,017	0,000
	Thermo S	52	0,044	0,426	0,470	0,450	0,001	0,010	0,000
	Thermo D	63	0,077	0,413	0,490	0,456	0,002	0,014	0,000
Öz Odun	Kontrol	39	0,114	0,408	0,522	0,463	0,004	0,023	0,001
	Thermo S	46	0,109	0,395	0,504	0,451	0,003	0,023	0,001
	Thermo D	28	0,079	0,379	0,458	0,426	0,004	0,019	0,000
Genel	Kontrol	74	0,114	0,408	0,522	0,456	0,002	0,020	0,000
	Thermo S	98	0,109	0,395	0,504	0,450	0,002	0,017	0,000
	Thermo D	91	0,111	0,379	0,490	0,447	0,002	0,021	0,000

Yerli sarıçam örneklerine ait hacim ağırlık değerleri incelendiğinde, en yüksek ortalama hacim ağırlık değeri $0,463 \text{ g/cm}^3$ ile öz odun kontrol örneklerinde ve en düşük ortalama hacim ağırlık değeri ise $0,426 \text{ g/cm}^3$ ile öz odun Thermo-D örneklerinde tespit edilmiştir.

Deneme örneklerinde gerçekleştirilen ısı işlem sonrasında, uygulanan işlem sıcaklığına ve örneklerin alındığı yere bağlı olarak işlem grupları arasında hacim ağırlık değerleri

bakımından anlamlı bir farklılık olup olmadığı İki Yönlü Varyans Analizi ile test edilmiştir (Tablo 4.22).

Tablo 4.22: Yerli sarıçam hacim ağırlık değeri Varyans Analizi sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
İşlem	0,013	2	0,007	21,656	0,000
Diri-Öz	0,003	1	0,003	10,660	0,001
İş. * D.-Ö.	0,016	2	0,008	25,915	0,000
Hata	0,078	257	0,000		
Düzeltilmiş Toplam	0,104	262			

Varyans analizi sonuçlarına göre, işlemin (kontrol, Thermo-S ve Thermo-D), örneklerin alındığı yerin (diri odun, öz odun) ve işlem ile örneklerin alındığı yerin birlikte hacim-ağırlık değerleri üzerinde istatistiki olarak, 0,05 güven düzeyinde anlamlı farklılığa sahip olduğu bulunmuştur (Önem Düzeyi < 0,05). Bu farklılığın işlem değişkeni içerisinde hangi grup ya da gruplardan kaynaklandığını bulmak için Duncan Testi uygulanmıştır (Tablo 4.23).

Tablo 4.23: Yerli sarıçam hacim ağırlık değeri Duncan Testi sonuçları.

İşlem	N	1	2
Thermo-D	91	0,447	
Thermo-S	98	0,450	
Kontrol	74		0,460
Önem Düzeyi		0,159	1,000

Duncan testi sonuçlarına göre, yerli sarıçam Thermo-S ve Thermo-D örnekleri arasında anlamlı bir farklılık görülmezken; kontrol örneklerinin Thermo-S ve Thermo-D örneklerinden hacim-ağırlık değeri bakımından istatistiki olarak anlamlı bir farklılık gösterdiği tespit edilmiştir.

İthal sarıçam örneklerine ait hacim ağırlık değerleri, iki farklı işlem sıcaklığı ve kontrolleri olmak üzere toplam 199 örnek üzerinde hesaplanmıştır. Bu örneklere ait hacim ağırlık değeri tanımlayıcı istatistikleri Tablo 4.24'te gösterilmiştir.

Tablo 4.24: İthal sarıçam örneklerine ait hacim ağırlık değeri tanımlayıcı istatistikleri.

İşlem Türü	Örnek Sayısı (N)	Aralık (R)	Min. Değer (X_{min})	Maks. Değer (X_{max})	Aritmetik Ortalama (\bar{x})	Standart Hata (S_f)	Standart Sapma (S)	Varyans (S^2)
Kontrol	100	0,228	0,277	0,505	0,370	0,006	0,059	0,004
Thermo S	47	0,174	0,345	0,519	0,425	0,009	0,060	0,004
Thermo D	52	0,150	0,310	0,460	0,380	0,007	0,050	0,003

İthal sarıçam hacim ağırlık değerleri incelendiğinde en yüksek ortalama hacim ağırlık değeri $0,425 \text{ g/cm}^3$ ile Thermo-S örneklerinde ve en düşük ortalama hacim ağırlık değeri $0,370 \text{ g/cm}^3$ ile Thermo-D örneklerinde tespit edilmiştir.

Gerçekleştirilen ısıl işlem sonrasında, uygulanan işlem sıcaklığına bağlı olarak işlem grupları arasında hacim ağırlık değerleri bakımından anlamlı bir farklılık olup olmadığı Varyans Analizi ile test edilmiştir (Tablo 4.25).

Tablo 4.25: İthal sarıçam hacim ağırlık değeri Varyans Analizi sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Gruplar Arası	0,099	2	0,049	15,131	0,000
Gruplar İçi	0,638	196	0,003		
Toplam	0,737	198			

Varyans analizi sonuçlarına göre, ithal sarıçam örneklerinde hacim ağırlık değerleri üzerinde istatistiki olarak, 0,05 güven düzeyinde anlamlı farklılığa sahip olduğu bulunmuştur (Önem Düzeyi $< 0,05$). Bu farklılığın hangi grup ya da gruplardan kaynaklandığını bulmak için Duncan Testi uygulanmıştır (Tablo 4.26).

Tablo 4.26: İthal sarıçam hacim ağırlık değeri Duncan Testi sonuçları.

İşlem	N	1	2
Kontrol	100	0,370	
Thermo-D	52	0,380	
Thermo-S	47		0,425
Önem Düzeyi		0,362	1,000

Duncan testi sonuçlarına göre, ithal örnekler için kontrol ve Thermo-D örnekleri arasında anlamlı bir farklılık görülmezken, Thermo-S örneklerinin kontrol ve Thermo-D örneklerinden hacim ağırlık değeri bakımından istatistiki olarak anlamlı bir farklılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Ayrıca yerli ve ithal sarıçam örnekleri hacim ağırlık değerleri arasında anlamlı bir farklılığın olup olmadığı Çoklu Varyans Analizi ile incelenmiştir (Tablo 4.27).

Tablo 4.27: Yerli ve ithal sarıçam hacim ağırlık değeri Varyans Analizi sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
İşlem	0,050	2	0,025	15,440	0,000
Yerli-İthal	0,386	1	0,386	239,413	0,000
İş. * Y.-İ.	0,075	2	0,038	23,361	0,000
Hata	0,735	456	0,002		
Düzeltilmiş Toplam	1,333	461			

Varyans analizi sonuçlarına göre, işlemin (kontrol, Thermo-S ve Thermo-D), örneklerin menşeinin (yerli sarıçam, ithal sarıçam) ve işlem ile menşein birlikte hacim ağırlık değerleri üzerinde istatistiki olarak, 0,05 güven düzeyinde anlamlı farklılığa sahip olduğu bulunmuştur (Önem Düzeyi < 0,05). Bu farklılığın işlem değişkenleri içerisinde hangi grup ya da gruplardan kaynaklandığını bulmak için duncan testi uygulanmıştır (Tablo 4.28).

Tablo 4.28: Yerli ve ithal sarıçam hacim ağırlık değeri Duncan Testi sonuçları.

İşlem	N	1	2	3
Kontrol	174	0,408		
Thermo-D	143		0,422	
Thermo-S	145			0,442
Önem Düzeyi		1,000	1,000	1,000

Uygulanan işlemlerin etkilerinin karşılaştırılması amacıyla, hacim ağırlık değerleri bakımından, yerli ve ithal sarıçam örneklerinin ilgili işlem grupları birarada olacak şekilde uygulanan duncan testi sonuçlarına göre; her üç işlem grubunun istatistiki olarak anlamlı bir farklılık göstermekte olduğu belirlenmiştir.

4.2.3. Sorpsiyon Denemeleri

Sorpsiyon denemeleri gerçekleştirilirken, yerli ve ithal sarıçam örnekleri daralma ve genişleme denemeleri için ikişer gruba ayrılmıştır. Sorpsiyon denemeleri daralma ve genişleme miktarlarının ölçülmesi suretiyle gerçekleştirilmiştir.

4.2.3.1. Daralma Denemeleri

Deneme ağaçlarından alınan örneklere dair radyal (β_r), teğet (β_t) ve hacmen (β_v) daralma miktarları Tablo 4.29’da verilmiştir.

Tablo 4.29: Yerli sarıçam daralma değerleri tanımlayıcı istatistik sonuçları.

	İşlem Türü		Örnek Sayısı (N)	Aralık (R)	Min. Değer (X_{min})	Maks. Değer (X_{max})	Aritmetik Ortalama (\bar{x})	Standart Hata (S_r)	Standart Sapma (S)	Varyans (S^2)
Diri Odun	Kontrol	β_t	38	5,648	4,548	10,196	9,031	0,160	0,9862	0,973
		β_r	38	1,975	4,384	6,359	5,267	0,073	0,447	0,200
		β_v	38	6,086	9,886	15,972	14,298	0,193	1,188	1,412
	Thermo S	β_t	51	5,484	3,474	8,958	8,020	0,107	0,761	0,579
		β_r	51	2,538	3,097	5,635	4,832	0,059	0,420	0,176
		β_v	51	5,445	8,817	14,262	12,852	0,113	0,806	0,650
	Thermo D	β_t	63	1,880	5,931	7,811	6,851	0,046	0,365	0,133
		β_r	63	3,521	1,897	5,418	4,573	0,058	0,460	0,212
		β_v	63	3,398	9,074	12,472	11,424	0,072	0,572	0,327
Öz Odun	Kontrol	β_t	36	5,105	3,740	8,845	7,270	0,157	0,943	0,889
		β_r	36	2,809	3,024	5,833	4,462	0,126	0,757	0,574
		β_v	36	5,610	9,068	14,678	11,732	0,245	1,472	2,167
	Thermo S	β_t	45	3,872	4,308	8,180	6,654	0,088	0,592	0,351
		β_r	45	4,994	3,226	8,220	4,321	0,119	0,799	0,638
		β_v	45	8,729	7,671	16,400	10,975	0,184	1,237	1,529
	Thermo D	β_t	28	2,457	4,004	6,461	5,358	0,119	0,628	0,395
		β_r	28	2,080	2,149	4,229	2,989	0,086	0,453	0,205
		β_v	28	2,840	7,176	10,016	8,347	0,154	0,817	0,668
Genel	Kontrol	β_t	74	6,456	3,740	10,196	8,174	0,152	1,305	1,704
		β_r	74	3,335	3,024	6,359	4,875	0,086	0,735	0,540
		β_v	74	6,904	9,068	15,972	13,050	0,215	1,850	3,422
	Thermo S	β_t	96	5,484	3,474	8,958	7,380	0,099	0,968	0,937
		β_r	96	5,123	3,097	8,220	4,592	0,069	0,674	0,454
		β_v	96	8,729	7,671	16,400	11,972	0,142	1,392	1,937
	Thermo D	β_t	91	3,807	4,004	7,811	6,391	0,087	0,831	0,690
		β_r	91	3,521	1,897	5,418	4,086	0,091	0,865	0,748
		β_v	91	5,296	7,176	12,472	10,477	0,165	1,570	2,465

Yerli sarıçam daralma değerleri incelendiğinde en yüksek ortalama teğet (% 9,031), radyal (% 5,267) ve hacmen (% 14,298) daralma diri odun kontrol örneklerinde; en düşük ortalama teğet (% 5,358), radyal (% 2,989) ve hacmen (% 8,347) daralma öz odun Thermo-D örneklerinde tespit edilmiştir.

Isıl işlem sonrasında, uygulanan işlem sıcaklığına ve örneklerin alındığı yere bağlı olarak işlem grupları arasında daralma değerleri bakımından anlamlı bir farklılık olup olmadığı Varyans Analizi ile test edilmiştir (Tablo 4.30).

Tablo 4.30: Yerli sarıçam daralma değerleri Varyans Analizi sonuçları.

Varyans Kaynağı		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
İşlem	β_t	161,690	2	80,845	158,104	0,000
	β_r	48,599	2	24,299	74,648	0,000
	β_v	385,403	2	192,701	184,583	0,000
Diri-Öz	β_t	8,183	1	8,183	16,002	0,000
	β_r	11,271	1	11,271	34,625	0,000
	β_v	38,661	1	38,661	37,032	0,000
İş. * D.-Ö.	β_t	131,477	2	65,739	128,561	0,000
	β_r	54,128	2	27,064	83,141	0,000
	β_v	336,666	2	168,333	161,241	0,000
Hata	β_t	130,392	255	0,511		
	β_r	83,007	255	0,326		
	β_v	266,216	255	1,044		
Düzeltilmiş Toplam	β_t	407,447	260			
	β_r	176,714	260			
	β_v	932,809	260			

Varyans analizi sonuçlarına göre, yerli sarıçam örneklerinde teğet, radyal ve hacmen daralma değerleri üzerinde işlemin (kontrol, Thermo-S ve Thermo-D), örneklerin alındığı yerin (diri odun, öz odun) ve işlem ile örneklerin alındığı yerin istatistiki olarak, 0,05 önem düzeyinde anlamlı farklılığa sahip olduğu bulunmuştur (Önem Düzeyi < 0,05). Bu farklılığın işlem değişkeni içerisinde hangi grup ya da gruplardan

kaynaklandığını bulmak için radyal, teğet ve hacimsel daralmalar için ayrı ayrı Duncan Testi uygulanmıştır (Tablo 4.31).

Tablo 4.31: Yerli sarıçam teğet daralma değerleri Duncan Testi sonuçları.

İşlem	N	1	2	3
Thermo-D	91	6,391		
Thermo-S	96		7,380	
Kontrol	74			8,174
Önem Düzeyi		1,000	1,000	1,000

Tablo 4.32: Yerli sarıçam radyal daralma değerleri Duncan Testi sonuçları.

İşlem	N	1	2	3
Thermo-D	91	4,086		
Thermo-S	96		4,593	
Kontrol	74			4,875
Önem Düzeyi		1,000	1,000	1,000

Tablo 4.33: Yerli sarıçam hacmen daralma değerleri Duncan Testi sonuçları.

İşlem	N	1	2	3
Thermo-D	91	10,477		
Thermo-S	96		11,972	
Kontrol	74			13,050
Önem Düzeyi		1,000	1,000	1,000

Duncan testi sonuçlarına göre, yerli örneklerde teğet, radyal ve hacmen daralma değerleri için her üç işlem grubu birbirinden istatistiki olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir.

İthal sarıçam örneklerine ait radyal (β_r), teğet (β_t) ve hacimsel (β_v) daralma miktarları tanımlayıcı istatistikleri Tablo 4.34’de verilmiştir.

Tablo 4.34: İthal sarıçam daralma değerleri tanımlayıcı istatistikleri.

İşlem Türü		Örnek Sayısı (N)	Aralık (R)	Min. Değer (X_{\min})	Maks. Değer (X_{\max})	Aritmetik Ortalama (\bar{x})	Standart Hata (S_r)	Standart Sapma (S)	Varyans (S^2)
Kontrol	β_t	97	3,800	5,604	9,404	7,567	0,096	0,950	0,903
	β_r	97	2,961	2,449	5,410	4,038	0,074	0,732	0,536
	β_v	97	5,603	8,361	13,964	11,605	0,151	1,486	2,208
Thermo S	β_t	46	3,104	5,262	8,366	6,948	0,112	0,758	0,575
	β_r	46	4,116	2,356	6,472	3,809	0,113	0,765	0,585
	β_v	46	5,875	7,746	13,621	10,757	0,187	1,270	1,613
Thermo D	β_t	51	4,017	2,981	6,998	5,320	0,146	1,043	1,088
	β_r	51	3,875	1,103	4,978	3,219	0,137	0,976	0,953
	β_v	51	6,105	5,374	11,479	8,539	0,256	1,828	3,343

İthal sarıçam daralma değerleri incelendiğinde en yüksek ortalama teğet (% 7,567), radyal (% 4,038) ve hacmen (% 11,605) daralma miktarları kontrol örneklerinde; en düşük ortalama teğet (% 5,320), radyal (% 3,219) ve hacmen (% 8,539) daralma miktarları ise Thermo-D örneklerinde tespit edilmiştir.

Isıl işlem sonrasında uygulanan işlem sıcaklığına bağlı olarak işlem grupları arasında daralma değerleri bakımından anlamlı bir farklılık olup olmadığı Varyans Analizi ile test edilmiştir (Tablo 4.35).

Tablo 4.35: İthal sarıçam daralma değerleri Varyans Analizi sonuçları.

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
β_t	Gruplar Arası	169,629	2	84,814	97,044	0,000
	Gruplar İçi	166,930	191	0,874		
	Toplam	336,559	193			
β_r	Gruplar Arası	22,523	2	11,262	17,149	0,000
	Gruplar İçi	125,429	191	0,657		
	Toplam	147,952	193			
β_v	Gruplar Arası	315,779	2	157,890	66,759	0,000
	Gruplar İçi	451,729	191	2,365		
	Toplam	767,509	193			

Varyans analizi sonuçlarına göre, ithal sarıçam örneklerinde teğet, radyal ve hacmen daralma değerleri üzerinde uygulanan işlemlerin istatistiki olarak, 0,05 önem düzeyinde

anlamli bir farklılığa sahip olduğu bulunmuştur (Önem Düzeyi < 0,05). Bu farklılığın hangi grup ya da gruplardan kaynaklandığını bulmak için Duncan Testi uygulanmıştır (Tablo 4.36, Tablo 4.37 ve Tablo 4.38).

Tablo 4.36: İthal sarıçam teğet daralma değerleri Duncan Testi sonuçları.

İşlem	N	1	2	3
Thermo-D	51	5,320		
Thermo-S	46		6,948	
Kontrol	97			7,567
Önem Düzeyi		1,000	1,000	1,000

Tablo 4.37: İthal sarıçam radyal daralma değerleri Duncan Testi sonuçları.

İşlem	N	1	2
Thermo-D	51	3,219	
Thermo-S	46		3,809
Kontrol	97		4,038
Önem Düzeyi		1,000	0,129

Tablo 4.38: İthal sarıçam hacmen daralma değerleri Duncan Testi sonuçları.

İşlem	N	1	2	3
Thermo-D	51	8,539		
Thermo-S	46		10,757	
Kontrol	97			11,605
Önem Düzeyi		1,000	1,000	1,000

Duncan testi sonuçlarına göre, ithal örneklerde teğet, radyal ve hacmen daralma için her üç işlem grubu birbirinden istatistiki olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir.

Yerli ve ithal sarıçam örnekleri daralma değerleri arasında anlamlı bir farklılığın olup olmadığı ise Çoklu Varyans Analizi ile incelenmiştir (Tablo 4.39).

Tablo 4.39: Yerli ve ithal daralma değerleri Varyans Analizi sonuçları.

Varyans Kaynağı	Bağımlı Değişken	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
İşlem	β_t	301,157	2	150,579	152,802	0,000
	β_r	48,369	2	24,185	39,447	0,000
	β_v	590,752	2	295,376	119,766	0,000
Yerli-İthal	β_t	51,421	1	51,421	52,181	0,000
	β_r	71,515	1	71,515	116,647	0,000
	β_v	244,226	1	244,226	99,026	0,000
İş. * Y.-İ.	β_t	7,114	2	3,557	3,610	0,028
	β_r	0,113	2	0,056	0,092	0,912
	β_v	8,836	2	4,418	1,791	0,168
Hata	β_t	442,468	449	0,985		
	β_r	275,277	449	0,613		
	β_v	1107,357	449	2,466		
Düzeltilmiş Toplam	β_t	764,654	454			
	β_r	383,613	454			
	β_v	1849,691	454			

Varyans analizi sonuçlarına göre, işlemin (kontrol, Thermo-S ve Thermo-D) ve örneklerin menşeinin (yerli sarıçam, ithal sarıçam) teğet, radyal ve hacmen daralma değeri üzerinde istatistiki olarak, 0,05 önem düzeyinde anlamlı farklılığa sahip olduğu bulunmuştur (Önem Düzeyi < 0,05). İşlem ile menşein birlikte teğet daralma değeri üzerinde anlamlı farklılık oluşturmasına rağmen, radyal ve hacimsel daralma üzerinde işlem ile mevkiinin istatistiki olarak anlamlı bir farklılığa sahip olmadığı tespit edilmiştir.

Bu farklılığın işlem değişkenleri içerisinde hangi grup ya da gruplardan kaynaklandığını bulmak için duncan testi uygulanmıştır (Tablo 4.40, Tablo 4.41 ve Tablo 4.42).

Tablo 4.40: Yerli ve ithal sarıçam teğet daralma değerleri Duncan Testi sonuçları.

İşlem	N	1	2	3
Thermo-D	142	6,007		
Thermo-S	142		7,240	
Kontrol	171			7,830
Önem Düzeyi		1,000	1,000	1,000

Tablo 4.41: Yerli ve ithal sarıçam radyal daralma değerleri Duncan Testi sonuçları.

İşlem	N	1	2
Thermo-D	142	3,774	
Thermo-S	142		4,339
Kontrol	171		4,400
Önem Düzeyi		1,000	0,495

Tablo 4.42: Yerli ve ithal sarıçam hacmen daralma değerleri Duncan Testi sonuçları.

İşlem	N	1	2	3
Thermo-D	142	9,781		
Thermo-S	142		11,578	
Kontrol	171			12,230
Önem Düzeyi		1,000	1,000	1,000

Uygulanan işlemlerin etkilerinin karşılaştırılması amacıyla, yerli ve ithal sarıçam örneklerinin ilgili işlem grupları birarada olacak şekilde uygulanan duncan testi sonuçlarına göre; teğet ve hacmen daralmada her üç işlem grubu birbirinden istatistiki olarak anlamlı bir farklılık gösterirken; radyal daralmada sadece Thermo-D örneklerinin, Thermo-S ve kontrol örneklerinden istatistiki olarak anlamlı bir farklılık göstermekte olduğu belirlenmiştir. Ayrıca radyal daralma bakımından Thermo-S ve kontrol örnekleri arasında istatistiki olarak anlamlı bir farklılığın bulunmadığı tespit edilmiştir.

4.2.3.2. Genişleme Denemeleri

Deneme ağaçlarından alınan yerli sarıçam örneklerine ait radyal (α_r), teğet (α_t) ve hacmen (α_v) genişleme miktarları tanımlayıcı istatistikleri Tablo 4.43'te verilmiştir.

Tablo 4.43: Yerli sarıçam diri odun genişleme değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler.

	İşlem Türü		Örnek Sayısı (N)	Aralık (R)	Min. Değer (X_{min})	Maks. Değer (X_{max})	Aritmetik Ortalama (\bar{x})	Standart Hata (S_r)	Standart Sapma (S)	Varyans (S^2)
Diri Odun	Kontrol	α_t	39	6,866	4,257	11,123	9,674	0,193	1,203	1,448
		α_r	39	2,677	4,818	7,495	5,706	0,089	0,557	0,311
		α_v	39	7,758	9,758	17,516	15,380	0,226	1,414	1,999
	Thermo S	α_t	52	1,985	6,937	8,922	8,126	0,052	0,376	0,141
		α_r	52	2,079	3,911	5,990	4,638	0,052	0,376	0,141
		α_v	52	4,066	10,847	14,913	12,764	0,082	0,595	0,354
	Thermo D	α_t	63	2,186	5,973	8,159	6,871	0,056	0,445	0,198
		α_r	63	2,170	3,962	6,132	4,699	0,051	0,404	0,164
		α_v	63	4,043	10,248	14,291	11,570	0,090	0,718	0,516
Öz Odun	Kontrol	α_t	34	3,477	6,649	10,126	8,385	0,143	0,834	0,695
		α_r	34	4,597	3,767	8,364	5,147	0,184	1,072	1,150
		α_v	34	6,356	10,740	17,096	13,532	0,274	1,596	2,548
	Thermo S	α_t	46	2,017	6,065	8,082	7,125	0,075	0,511	0,261
		α_r	46	2,367	3,808	6,175	4,786	0,083	0,563	0,317
		α_v	46	3,367	10,016	13,383	11,911	0,131	0,889	0,791
	Thermo D	α_t	28	2,381	4,740	7,121	5,849	0,117	0,619	0,383
		α_r	28	1,974	2,944	4,918	3,563	0,083	0,439	0,193
		α_v	28	2,911	8,263	11,174	9,412	0,141	0,748	0,560
Genel	Kontrol	α_t	73	6,866	4,257	11,123	9,074	0,143	1,226	1,502
		α_r	73	4,597	3,767	8,364	5,446	0,103	0,878	0,770
		α_v	73	7,758	9,758	17,516	14,520	0,206	1,756	3,084
	Thermo S	α_t	98	2,857	6,065	8,922	7,656	0,068	0,669	0,447
		α_r	98	2,367	3,808	6,175	4,708	0,048	0,476	0,227
		α_v	98	4,897	10,016	14,913	12,364	0,087	0,858	0,736
	Thermo D	α_t	91	3,419	4,740	8,159	6,556	0,072	0,690	0,476
		α_r	91	3,188	2,944	6,132	4,350	0,070	0,670	0,449
		α_v	91	6,028	8,263	14,291	10,906	0,130	1,235	1,526

Yerli sarıçam genişleme değerleri incelendiğinde en yüksek ortalama teğet (% 9,674), radyal (% 5,706) ve hacmen (% 15,380) genişleme miktarları öz odun kontrol örneklerinde; en düşük ortalama teğet (% 5,849), radyal (% 3,563) ve hacmen (% 9,412) genişleme miktarları ise öz odun Thermo-D örneklerinde tespit edilmiştir.

Deneme ağaçlarında gerçekleştirilen ısıl işlem sonrasında, uygulanan işlem sıcaklığına ve örneklerin alındığı yere bağlı olarak işlem grupları arasında genişleme değerleri bakımından anlamlı bir farklılık olup olmadığı Varyans Analizi ile test edilmiştir (Tablo 4.44).

Tablo 4.44: Yerli sarıçam genişleme değerleri Varyans Analizi sonuçları.

Varyans Kaynağı		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
İşlem	α_t	267,418	2	133,709	286,417	0,000
	α_r	63,050	2	31,525	93,228	0,000
	α_v	590,056	2	295,028	289,652	0,000
Diri-Öz	α_t	3,647	1	3,647	7,812	0,006
	α_r	1,249	1	1,249	3,695	0,056
	α_v	9,167	1	9,167	9,000	0,003
İş. * D.-Ö.	α_t	67,897	2	33,949	72,721	0,000
	α_r	30,122	2	15,061	44,540	0,000
	α_v	156,413	2	78,207	76,781	0,000
Hata	α_t	119,509	256	0,467		
	α_r	86,566	256	0,338		
	α_v	260,752	256	1,019		
Düzeltilmiş Toplam	α_t	451,163	261			
	α_r	167,474	261			
	α_v	961,130	261			

Varyans analizi sonuçlarına göre, genişleme değerleri üzerinde işlemin (kontrol, Thermo-S ve Thermo-D) ve işlem ile örneklerin alındığı yerin (diri odun, öz odun) birlikte teğet, radyal ve hacimsel genişlemeler üzerinde ve ayrıca örneklerin alındığı yerin teğet ve hacimsel genişleme değerleri üzerinde istatistiki olarak, 0,05 önem düzeyinde anlamlı farklılığa sahip olduğu bulunmuştur (Önem Düzeyi < 0,05). Sadece radyal genişleme üzerinde örneklerin alındığı yerin istatistiki bir farklılığa sahip olmadığı görülmüştür.

Bu farklılığın işlem değişkeni içerisinde hangi grup ya da gruplardan kaynaklandığını bulmak için radyal, teğet ve hacimsel daralmalar ayrı ayrı duncan testine tabi tutulmuştur (Tablo 4.45, Tablo 4.46 ve Tablo 4.47).

Tablo 4.45: Yerli sarıçam teğet genişleme değerleri Duncan Testi sonuçları.

İşlem	N	1	2	3
Thermo-D	91	6,556		
Thermo-S	98		7,656	
Kontrol	73			9,074
Önem Düzeyi		1,000	1,000	1,000

Tablo 4.46: Yerli sarıçam radyal genişleme değerleri Duncan Testi sonuçları.

İşlem	N	1	2	3
Thermo-D	91	4,350		
Thermo-S	98		4,708	
Kontrol	73			5,446
Önem Düzeyi		1,000	1,000	1,000

Tablo 4.47: Yerli sarıçam hacmen genişleme değerleri Duncan Testi sonuçları.

İşlem	N	1	2	3
Thermo-D	91	10,906		
Thermo-S	98		12,364	
Kontrol	73			14,520
Önem Düzeyi		1,000	1,000	1,000

Duncan testi sonuçlarına göre, yerli örneklerin teğet, radyal ve hacmen genişleme değerleri her üç işlem grubu için birbirinden istatistiki olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir.

İthal sarıçam örneklerine dair radyal (α_r), teğet (α_t) ve hacmen (α_v) genişleme miktarları tanımlayıcı istatistikleri Tablo 4.48'de verilmiştir.

Tablo 4.48: İthal sarıçam genişleme değerleri tanımlayıcı istatistik sonuçları.

İşlem Türü		Örnek Sayısı (N)	Aralık (R)	Min. Değer (X_{\min})	Maks. Değer (X_{\max})	Aritmetik Ortalama (\bar{x})	Standart Hata (S_r)	Standart Sapma (S)	Varyans (S^2)
Kontrol	α_t	99	4,045	6,058	10,103	8,025	0,099	0,985	0,971
	α_r	99	3,594	2,596	6,190	4,438	0,092	0,917	0,840
	α_v	99	6,061	9,341	15,402	12,463	0,173	1,718	2,951
Thermo S	α_t	47	3,602	4,900	8,502	6,805	0,130	0,890	0,793
	α_r	47	3,524	2,162	5,686	3,549	0,106	0,728	0,530
	α_v	47	5,147	7,949	13,096	10,354	0,184	1,263	1,595
Thermo D	α_t	51	3,718	3,540	7,258	5,391	0,143	1,024	1,049
	α_r	51	3,304	1,653	4,957	3,180	0,136	0,970	0,941
	α_v	51	6,450	5,193	11,643	8,572	0,272	1,943	3,777

İthal sarıçam genişleme değerleri incelendiğinde en yüksek ortalama teğet (% 8,025), radyal (% 4,438) ve hacmen (% 12,463) genişleme miktarları kontrol örneklerinde; en

düşük ortalama teğet (% 5,391), radyal (% 3,180) ve hacmen (% 8,572) genişleme miktarları ise Thermo-D örneklerinde tespit edilmiştir.

Gerçekleştirilen ısıl işlem sonrasında, uygulanan işlem sıcaklığına bağlı olarak işlem grupları arasında genişleme değerleri bakımından anlamlı bir farklılık olup olmadığı Varyans Analizi ile test edilmiştir (Tablo 4.49).

Tablo 4.49: İthal sarıçam teğet genişleme değerleri Varyans Analizi sonuçları.

	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
α_t	Gruplar Arası	237,242	2	118,621	125,035	0,000
	Gruplar İçi	184,048	194	0,949		
	Toplam	421,290	196			
α_r	Gruplar Arası	60,823	2	30,411	38,362	0,000
	Gruplar İçi	153,793	194	0,793		
	Toplam	214,616	196			
α_v	Gruplar Arası	531,693	2	265,846	93,533	0,000
	Gruplar İçi	551,398	194	2,842		
	Toplam	1083,091	196			

Varyans analizi sonuçlarına göre, işlemin (kontrol, Thermo-S ve Thermo-D) teğet, radyal ve hacmen genişleme değerleri üzerinde istatistiki olarak, 0,05 önem düzeyinde anlamlı farklılığa sahip olduğu bulunmuştur (Önem Düzeyi < 0,05).

Bu farklılığın işlem değişkeni içerisinde hangi grup ya da gruplardan kaynaklandığını bulmak için radyal, teğet ve hacmen daralmalar için ayrı ayrı duncan testi uygulanmıştır (Tablo 4.50, Tablo 4.51 ve Tablo 4.52).

Tablo 4.50: İthal sarıçam teğet genişleme değerleri Duncan Testi sonuçları.

İşlem	N	1	2	3
Thermo-D	51	5,391		
Thermo-S	47		6,806	
Kontrol	99			8,025
Önem Düzeyi		1,000	1,000	1,000

Tablo 4.51: İthal sarıçam radyal genişleme değerleri Duncan Testi sonuçları.

İşlem	N	1	2	3
Thermo-D	51	3,180		
Thermo-S	47		3,549	
Kontrol	99			4,438
Önem Düzeyi		1,000	1,000	1,000

Tablo 4.52: İthal sarıçam hacmen genişleme değerleri Duncan Testi sonuçları.

İşlem	N	1	2	3
Thermo-D	51	8,572		
Thermo-S	47		10,354	
Kontrol	99			12,463
Önem Düzeyi		1,000	1,000	1,000

Duncan testi sonuçlarına göre, ithal örneklerin teğet ve hacmen genişleme değerleri her üç işlem grubu için birbirinden; radyal genişleme değerlerinde ise kontrol örnekleri, Thermo-S ile Thermo-D radyal genişleme değerlerinden istatistiki olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir. Thermo-S ve Thermo-D radyal genişleme değerleri istatistiki olarak birbirinden anlamlı bir farklılığa sahip değildir.

Ayrıca yerli ve ithal sarıçam örnekleri genişleme değerleri arasında anlamlı bir farklılığın olup olmadığı çoklu varyans analizi ile incelenmiştir (Tablo 4.53).

Tablo 4.53: Yerli ile ithal sarıçam genişleme değerleri Varyans Analizi sonuçları.

Varyans Kaynağı		Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
İşlem	α_t	491,097	2	245,548	293,915	0,000
	α_r	109,748	2	54,874	91,530	0,000
	α_v	1056,775	2	528,388	243,692	0,000
Yerli-İthal	α_t	109,295	1	109,295	130,823	0,000
	α_r	129,651	1	129,651	216,257	0,000
	α_v	477,040	1	477,040	220,010	0,000
İş. * Y.-İ.	α_t	1,629	2	0,815	0,975	0,378
	α_r	0,622	2	0,311	0,518	0,596
	α_v	2,053	2	1,026	0,473	0,623
Hata	α_t	378,454	453	0,835		
	α_r	271,583	453	0,600		
	α_v	982,223	453	2,168		
Düzeltilmiş Toplam	α_t	491,097	2	245,548	293,915	0,000
	α_r	109,748	2	54,874	91,530	0,000
	α_v	1056,775	2	528,388	243,692	0,000

Varyans analizi sonuçlarına göre, işlemin (kontrol, Thermo-S ve Thermo-D) ve örneklerin menşeinin (yerli sarıçam, ithal sarıçam) teğet, radyal ve hacmen genişleme değeri üzerinde istatistiki olarak, 0,05 önem düzeyinde anlamlı farklılığa sahip olduğu bulunmuştur (Sig.< 0,05). İşlem ile menşein birlikte teğet, radyal ve hacmen genişleme üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir farklılığa sebep olmadığı tespit edilmiştir.

Farklılığın işlem değişkenleri içerisinde hangi grup ya da gruplardan kaynaklandığını bulmak için duncan testi uygulanmıştır (Tablo 4.54, Tablo 4.55 ve Tablo 4.56).

Tablo 4.54: Yerli ile ithal sarıçam teğet genişleme değerleri Duncan Testi sonuçları.

İşlem	N	1	2	3
Thermo-D	142	6,138		
Thermo-S	145		7,380	
Kontrol	172			8,470
Önem Düzeyi		1,000	1,000	1,000

Tablo 4.55: Yerli ile ithal sarıçam radyal genişleme değerleri Duncan Testi sonuçları.

İşlem	N	1	2	3
Thermo-D	142	3,930		
Thermo-S	145		4,332	
Kontrol	172			4,866
Önem Düzeyi		1,000	1,000	1,000

Tablo 4.56: Yerli ile ithal sarıçam hacmen genişleme değerleri Duncan Testi sonuçları.

İşlem	N	1	2	3
Thermo-D	142	10,068		
Thermo-S	145		11,712	
Kontrol	172			13,336
Önem Düzeyi		1,000	1,000	1,000

Uygulanan işlemlerin etkilerinin karşılaştırılması amacıyla, yerli ve ithal sarıçam örneklerinin ilgili işlem grupları birarada olacak şekilde uygulanan duncan testi sonuçlarına göre; teğet, radyal ve hacmen genişleme değerleri için her üç işlem grubu birbirinden istatistiki olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada; Thermowood yöntemine göre ısıtılmış sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odununun anatomik yapısında ve bazı fiziksel özelliklerinde meydana gelen değişiklikler ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu amaçla, yerli ağaçlardan ve ithal kerestelerden deneme örnekleri alınmıştır. Bu örnekler üzerinde makroskopik, mikroskopik ve ultramikroskopik yapı incelenmiş; yıllık halka genişlikleri, hava kurusu ve tam kuru yoğunluk, hacim ağırlık değerleri, daralma ve genişleme yüzdeleri belirlenmiştir.

5.1.MAKROSKOPİK YAPI

Anatomik yapıya dair yapılan makroskopik incelemeler sırasında kerestelerin uç kısımlarında çatlak oluşumları gözlenmiştir. Uç kısımlarda görülen bu çatlakların teknik kurutma uygulanmış örneklerde de bulunması ve ısıtılmış örneklerde daha da şiddetlenmesine rağmen iç kısımlara kadar ilerlememesi sebebiyle ısıtılmış işlem ile ilişkilendirilmemesi gereken, çeşitli yüzey işlemleri ile giderilebilecek bir kurutma kusuru olduğu değerlendirilmiştir.

Altgen ve diğ. (2012)'nin; ısıtılmış sarıçam ve ladin odununda çatlak yapılarını inceledikleri çalışmalarında fırın kurusu kontrol örneklerinde de benzer şekilde yüzeysel çatlaklara rastlanmıştır.

Tarafımızca gerçekleştirilen bu çalışmada; sadece yerli sarıçam Thermo-D uygulanmış öz odun örneklerinde iç çatlaklara ve oluklaşmaya rastlanılmıştır. Thermo-D uygulanmış ithal sarıçam örneklerinde ise iç çatlak oluşumu veya oluklaşma görülmemiştir. Isıtılmış yerli ve ithal sarıçam kerestelerinde görülen bu farklılık, kullanılan kereste kalınlığının (yerli sarıçamalarda 5 cm, ithal sarıçamalarda 2,5 cm) işlem etkileri üzerinde önemli bir rol oynadığını düşündürmektedir. Teknik kurutmanın kalitesi üzerinde kalınlığın etkili olduğunu ifade eden kaynaklar da bu teoriyi destekler niteliktedir. Bu kaynaklara göre kereste kalınlığındaki artış kurutma kusurlarının daha fazla oluşumuna neden olmaktadır (Kantay, 1993; Johansson, 2005). Ayrıca ısıtılmış işlem etkileri üzerine daha önce yapılan çalışmalarda da çam odununda ısıtılmış

işlem uygulaması sonucu iç çatlaklara rastlanılmıştır (Johansson, 2005; Johansson, 2006; Aydemir, 2007; Kallander ve Landel, 2007; Gündüz ve diğ., 2007; Gündüz ve diğ., 2008). Johansson (2006)'ya göre Thermowood yöntemiyle ısıtılan 50 mm 'den kalın örneklerde iç çatlak oluşumları örnek dışından belirlenemediği için giderilebilen yüzey çatlaklarından daha önemli bir kusur olmaya devam etmektedir.

Johansson (2005) kurutma ve ısıtılmanın iç çatlaklarla ilişkisini incelediği çalışmada, ısıtılma sonucu oluşan kütle kaybının iç çatlak barındıran örneklerde daha yüksek olduğunu belirtmektedir. Araştırmada, iç çatlak oluşumunun sadece kurutma gerilimlerinden kaynaklanamayacağı, ısıtılma sonucu oluşan kütle kaybının da, hücresel bazda gerilimler ve hacimsel daralmalar oluşturması sebebiyle, iç çatlakların meydana gelmesi üzerinde etkili olacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Çatlak oluşumlarının yanı sıra ısıtılma uygulanmış örneklerde belirgin bir renk değişimi gözlenmiştir (Şekil 4.3). Isıtılma sıcaklığındaki artışa paralel olarak örneklerin renklerindeki koyulaşmada da artış görülmüştür. Belirlenen bu sonuçlar literatür ile uyumluluk içerisindedir (Chow ve Mukai, 1972; Fengel ve Wegener, 1984; Ünsal ve diğ., 2003; Johansson ve Moren, 2006; Kaygın ve diğ., 2009; Çalıova, 2011).

Ortalama yıllık halka genişliği yerli sarıçam örneklerinde 1,43 mm; ithal sarıçam örneklerinde ise 0,73 mm olarak tespit edilmiştir. Ortalama yaz odunu genişliği yerli sarıçam örneklerinde 0,61 mm; ithal sarıçam örneklerinde 0,26 mm, ortalama yaz odunu katılım oranları ise; yerli sarıçam örneklerinde % 42,77, ithal sarıçam örneklerinde % 34,71 olarak bulunmuştur.

Toker (1960) Batı Karadeniz sarıçamlarının özelliklerini incelediği çalışmada; yıllık halka genişliğinin 0,54 – 8,79 mm arasında değiştiğini ve ortalama yıllık halka genişliğinin ise 2,07 mm olduğunu tespit etmiştir. Aynı çalışmada yaz odunu katılım oranlarının % 7 – 86 arasında değiştiği ve ortalama yaz odunu katılım oranının ise % 26 olduğu bulunmuştur.

Yerli sarıçam örneklerine ait ortalama yıllık halka genişliğinin Toker (1960) tarafından belirlenen değere daha yakın olduğu, ithal sarıçam örneklerine ait yıllık halka genişliklerinin ise ortalama değerinden oldukça altında kaldığı görülmektedir. Yıllık halka genişliklerindeki bu farklılık ısıtılmanın etkilerini de farklı şekilde etkilemektedir.

Yıllık halka genişliğindeki artış ve azalışlar odunun yoğunluk değeri üzerinde etkili olmaktadır. Yoğunluk, birim odun hacmindeki hücre çeper maddesi miktarı olarak bilindiği için yıllık halka içindeki ilkbahar ve yaz odunu tabakalarının oranı yoğunluk değeri üzerinde belirleyici rol oynamaktadır. Genel bir kural olarak, iğne yapraklı ağaçlarda yıllık halka genişliği arttıkça yaz odunu oranı azalmakta, böylece yoğunluk düşmekte; yıllık halka genişliğinin azalması ile yaz odunu oranı arttığı için yoğunluk da artmaktadır. Çünkü yıllık halka içerisindeki ilkbahar ve yaz odunu tabakalarının oranına bağlı olarak boyuna traheid hücrelerinin çeper kalınlığı artış ya da azalış göstermektedir (Bozkurt ve Erdin, 2000). Ancak bu ilişkinin tersine, çok dar yıllık halkalara sahip iğne yapraklı ağaçlarda yoğunluk yine düşük bulunmaktadır. Çamda yıllık halka genişliği 1,5-2,0 mm genişliğine kadar arttığında, yoğunlukta artmakta, daha geniş ve daha dar yıllık halkalarda ise yoğunlukta azalmalar görülmektedir (Bozkurt ve Erdin, 2011). Yoğunluk değerindeki bu değişimler ise ağaç malzemenin direnç değerleri üzerinde etkili olmakta, böylece kullanım alanlarını değiştirmektedir (Aytuğ ve Gerçek, 2006).

Tarafımızdan yapılan çalışmada yıllık halka genişlikleri ve yaz odunu katılım oranları çok daha düşük olan örneklerin, özellikle de ithal örneklerin yoğunluk değerlerinin literatürle uyumlu şekilde daha düşük olduğu gözlenmiştir. Yıllık halka genişliklerindeki farklılıklar nedeni ile ısıtma işlem uygulamalarının örnekler üzerinde yarattığı etkiler daha sonraki bölümlerde açıklanmıştır.

5.2. MİKROSKOPİK VE ULTRAMİKROSKOPİK YAPI

Işık mikroskopu ve Taramalı Elektron Mikroskopu altında yapılan incelemeler sırasında tüm örneklerde boyuna reçine kanallarını çevreleyen ince çeperli epitel hücrelerinin parçalandığı, bu kanalların yakınındaki yaz odunu boyuna traheid hücrelerinin çeperlerinde incelme ve parçalanmaların gerçekleştiği görülmüştür (Şekil 4.23, Şekil 4.45). Epitel hücre çeperlerinde görülen parçalanmaların hiç işlem görmemiş örneklerde de bulunması, bu parçalanmanın ligninleşmemiş ince çeperler sebebiyle örnek hazırlama aşamasında gerçekleşmiş olabileceğini düşündürmektedir. Bu hücrelerin yakınında bulunan yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde görülen bozulmaların, özellikle ısıtma işlem görmüş örneklerde daha yoğun görülmesi, ince çeperli epitel hücreleri ile kalın çeperli yaz odunu boyuna traheid hücreleri arasındaki gerilim farkı ile ilişkilendirilmektedir. Aynı zamanda ısıtma işlem sonucu boyuna reçine kanalları

içerisindeki reçine sıvısının odun yapısından uzaklaşması ve böylelikle bu kanallardaki osmotik basıncın değişimiyle birlikte bu kanalların yakınındaki yaz odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde parçalanmaların olduğu düşünülmektedir. Tespit edilen bu parçalanmaların odun yapısında zayıf noktalar oluşturulması sebebiyle çatlak oluşumuna sebep olabilecekleri değerlendirilmiştir.

Yapılan incelemelerde bir yıllık halka boyunca meydana gelen bozunmaların homojen olarak dağılmadığı, ilkbahar odunu tabakasında daha yoğun olarak bozunmaların görüldüğü tespit edilmiştir (Şekil 4.58). Bu durum, aynı sıcaklık derecesinde hücre çeperlerinde oluşan bozunmaların şiddetinin aynı olmadığını, ince ve kalın çeperlerin ısı işleminden farklı şekilde etkilendiğini göstermektedir. Benzer sonuçlar, Doğu ve diğ. (2010) 'un ısıyla preslenmiş odun panellerinde meydana gelen anatomik değişiklikleri inceledikleri çalışmanın sonuçlarında da gözlenmiştir.

Isıl işlem sonrası boyuna traheidlerde görülen değişiklikler incelendiğinde, hücre çeperlerindeki bozunmaların lümen tarafında başlayarak orta lamele kadar tüm çeper tabakalarında işlem sıcaklığı ile doğru orantılı olarak artış gösterdiği belirlenmiştir. Bu durum ince çeperli ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinde genel olarak parçalanmalar ve bazı traheid hücrelerinde orta lamelden ayrılmalar şeklinde görülürken; yaz odunu boyuna traheid hücrelerinde ise sekonder çeper üzerinde bölgesel bozunmaların gerçekleştiği tespit edilmiştir (Şekil 4.82). Yapılan ultramikroskopik incelemeler sırasında özellikle yaz odunu boyuna traheidlerinde sekonder çeperin orta lamele yakın kısımlarında görülen bozunmaların maddesel kayıplar ve kimyasal yapıdaki değişimler sebebiyle oyuk oluşumuna neden olduğu görülmüştür (Şekil 4.157). Ayrıca yaz odunu boyuna traheid hücrelerindeki maddesel kayıplar ve ligninin termoplastik özelliği sebebiyle hücre çeperlerinin gevşek bir yapı aldığı ve hücre çeperlerinde incelmeler sonucu lümenlerin genişlediği gözlenmiştir (Şekil 4.159). Böylelikle odunun daha poröz bir yapı kazandığı düşünülmektedir.

Isıl işlem sonucu mikroskopik olarak görülen çatlakların yapısı incelendiğinde genel olarak yıllık halka sınırları, ilkbahar odunundan yaz odununa geçiş zonları, boyuna reçine kanalları ve öz ışınlarının çevresinde oluştukları tespit edilmiştir. Bu çatlakların oluşumuna genel olarak hücre çeper tabakalarından veya orta lamellerinden ayrılan hücreler ile kenarlı geçitlerin bulunduğu daha zayıf alanlarda oluşan parçalanmaların

sebepe olduğu düşünülmektedir. Düzensiz çatlak oluşumuyla sonuçlanan hücre çeper tabakalarındaki ayrılmaların ilkbahar odunu boyuna traheid hücre çeperlerinin ince ve esnek yapılarının yaz odunu boyuna traheidlerinde bulunmaması sebebiyle ısı işlem sırasında farklı gerilimlerin açığa çıkması sonucu oluştuğu düşünülmektedir.

Dar yıllık halkalı ve dar yaz odunu tabakasına sahip ithal sarıçam örneklerinde ve yerli sarıçam örnekleri üzerindeki daha dar yıllık halkalarda öz ışınlarında teğet yönde ayrılmalara rastlanılmamıştır. Yıllık halka ve yaz odunu tabakasının genişliği ne kadar olursa olsun işlem sonrası hücre çeperlerindeki daralmalara bağlı olarak bir gerilim açığa çıkmaktadır. Ancak yaz odunu tabakası genişledikçe ilkbahar odunu ve yaz odunu hücreleri arasında oluşan kümülatif gerilme miktarının artış göstermesi beklenmektedir. Dar yıllık halkalarda bu tarz ayrılmaların oluşmamasının ise tabakalar arası oluşan gerilim farkının ayrılmaların oluşmasına yetecek büyüklükte olmayışından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Thermo-D uygulanmış yerli sarıçam diri odun ve öz odun dış kısım örneklerinde, yıllık halkaların düzleminde kaymalar görülmüş, bu kaymaların zayıflayan ve yer yer kopan hücre çeperleri nedeni ile oluştuğu değerlendirilmiştir.

Fengel ve Wegener (1984) ısı işlem sonucu odun yapısında görülen daralmanın hücre çeperlerindeki daralmadan kaynaklandığını belirtmektedir. Bu daralmanın ilkbahar odununda boşluk hacmini azaltırken yaz odununda ise boşluk hacmini arttıran bir etki gösterdiğini, işlem sıcaklığı arttıkça termal ayrışmaya bağlı olarak kütle kaybına ve hacimsel daralmaya sebep olduğunu öne sürmektedir. Termal bozunma sonucu ortaya çıkan ağırlık kaybının çeper tabakaları arasında farklılık göstermesi sebebiyle hücre çeperinde çatlaklar ve gerilimler oluşturduğunu belirtmektedir. Bu çatlaklarında genellikle S1 ve S2 tabakaları arasında hücre köşelerinde olacak şekilde en zayıf alanlarda gerçekleştiğini gözlemlemiştir (Fengel ve Wegener, 1984).

Altgen ve diğ. (2012) Thermowood yöntemine göre ısı işlem uygulanmış sarıçamın mikroskopik yapısındaki değişimi inceledikleri çalışmada, ısı işlem sonrası görülen bozunmaların özellikle ince çeperli öz ışını paransimleri veya reçine kanallarını çevreleyen epitel hücrelerinde görüldüğünü tespit etmiştir. Enine kesitte gözlenen radyal çatlakların özellikle yaz odunu tabakasında görüldüğü; ancak boyuna traheid hücre

çeperlerinin sağlam görülmeleri nedeniyle bu çatlakların öz ışını paranzim hücreleri ile ilgili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, boyuna traheid hücre çeperlerinin daha sağlam yapıda olmasına rağmen, ilkbahar odunu boyuna traheidleri ve ilkbahar odunundan yaz odunu tabakasına geçiş zonunda bulunan boyuna traheid hücre çeperlerinde boyuna yönde ilerleyen çatlakların bulunduğu; yaz odunu boyuna traheid hücrelerinde ise kalın çeperleri sayesinde daha sağlam bir yapı gösterdikleri gözlemlenmiştir. Mevcut bozunmaların SEM ile yaptıkları çalışmalarda da görülmesi sebebiyle, örnek hazırlama aşamasında gerçekleşen bozunmalar olmadıkları, ısıtılmanın odun yapısında oluşturduğu etkilerden kaynaklandığı sonucuna varmışlardır.

Boonstra ve diğ. (2006a) özellikle dar yıllık halkalı ve/veya ilkbahar odunundan yaz odunu tabakasına geçişin ani olduğu iğne yapraklı ağaçlarda ısıtılma uygulaması ardından yaz odunu tabakasının teğet yönde uzanan çatlaklara karşı daha hassas olduğunu tespit etmiştir. Isıtılma görmüş çam diri odununda öz ışınlarındaki paranzim hücreleri ve reçine kanallarını çevreleyen epitel hücrelerinin zarar gördüğü, ladin odununda ise işleme sırasında odun yapısında oluşan büyük gerilmeler sonucu radyal yönde uzanan çatlak oluşumları gözlemlenmiştir.

Daha önce yapılan çalışmaların sonuçlarında da belirtildiği gibi, ısıtılma uygulaması sonucunda mikroskopik yapıda çatlak oluşumları gözlemlenmektedir. Bu çatlakların genel olarak farklı çeper kalınlıklarına sahip, ısıtılma karşısında yapılarında farklı gerilmeler barındıran hücrelerin bulunduğu alanlarda açığa çıktığı görülmektedir. Bu gözlemlerden yola çıkarak yeknesak tekstürlü ağaç türlerinin çatlak oluşumuna daha az eğilimli olacağı, bu nedenle de ısıtılma uygulamalarında bu tip ağaçların tercih edilmesinin daha uygun olduğu düşünülmektedir. Ancak bu konunun farklı yıllık halka genişliklerine sahip farklı ağaç türleriyle gerçekleştirilen çalışmalarla desteklenmesi gerekmektedir.

Tarafımızca radyal kesitte yapılan incelemeler sonucunda, kenarlı geçitlerin genel olarak aspirasyon halinde oldukları, pencere tipi karşılaşma yeri geçit zarlarında ise ısıtılma sonucu bozunma ve/veya parçalanmaların meydana geldiği gözlemlenmiştir. Böylelikle odunun daha poröz yapı kazandığı değerlendirilmiştir. Bu durum daha önce yapılan çalışmaların sonuçları ile de paralellik göstermektedir (Hietala ve

diğ., 2002; Boonstra ve diğ., 2006b; Sehlstedt-Persson ve diğ., 2006; Boonstra ve diğ., 2007; Awoyemi, 2010).

Diğer araştırmacılardan farklı olarak Sehlstedt-Persson ve diğ. (2006) sarıçam diri odununda karşılaşma yeri geçit zarlarının gevşemiş ya da parçalanmış halde olması sebebiyle, taze odundan daha poröz bir yapı gösterdiğini ve uygulanan farklı sıcaklık derecelerinin (60, 170 ve 200 ° C) karşılaşma yeri geçitleri üzerindeki etkilerinin aynı olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca ısı işlem uygulanmış sarıçam diri odununda çeperi parçalanmış ve sağlam geçit zarına sahip kenarlı geçitler ile aspirasyon halinde kenarlı geçitlerin bulunduğunu tespit etmişlerdir. Sarıçam öz odununda ise parçalanmış alanlardan oluşan poröz yapıya rastlanılmamıştır. Araştırmacılar bu durumun paranzim hücrelerinin içlerinin boşalması sebebiyle olabileceği hipotezini ileri sürmüşlerdir. Tarafımızca gerçekleştirilen çalışma da ise; uygulanan sıcaklık derecelerindeki artışa paralel olarak karşılaşma yeri geçit zarlarında görülen bozunmaların da şiddetlendiği ve bu durumun öz odun örneklerinde de benzer şekilde gerçekleştiği gözlenmiştir.

5.3.FİZİKSEL ÖZELLİKLER

Yapılan denemeler sonucunda sarıçam örneklerinin hava kuruğu (HKY), tam kuru yoğunluk (TKY) ve Hacim ağırlık değerleri (HAD) ortalamaları Tablo 5.1’de verilmiştir.

Tablo 5.1: Yoğunluk ve hacim ağırlık değerlerine ait aritmetik ortalamalar.

	HKY			TKY			HAD		
	Kont.	T.S	T.D	Kont.	T.S	T.D	Kont.	T.S	T.D
Diri Odun	0,554	0,537	0,541	0,523	0,510	0,512	0,456	0,450	0,456
Öz Odun	0,569	0,532	0,485	0,539	0,509	0,469	0,463	0,451	0,426
Yerli Genel	0,563	0,535	0,523	0,532	0,509	0,499	0,456	0,450	0,447
İthal	0,447	0,505	0,444	0,421	0,472	0,414	0,370	0,425	0,380
Yerli-İthal Toplam	0,495	0,525	0,494	0,467	0,497	0,468	0,408	0,442	0,422

Bozkurt ve Erdin (2011) sarıçam odununun tam kuru yoğunluk değerini $0,49 \text{ g/cm}^3$ olarak belirtmişlerdir. Toker (1960) Batı Karadeniz’den alınan sarıçam odunlarında hava kuruğu yoğunluk değerinin $0,366\text{-}0,853 \text{ g/cm}^3$ arasında değiştiğini, ortalama olarak $0,526 \text{ g/cm}^3$ olduğunu; tam kuru yoğunluk değerinin ise $0,336\text{-}0,823 \text{ g/cm}^3$ aralığında değişim gösterirken ortalama $0,496 \text{ g/cm}^3$ olarak bulunduğunu belirlemiştir. Her iki

araştırmacı tarafından belirtilen tam kuru yoğunluk değerlerinin yerli sarıçam örneklerinden daha düşük, ithal sarıçam örneklerinden ise daha yüksek olduğu görölmektedir.

Sarıçam örneklerinin hava kuruşu (HKY), tam kuru yoğunluk (TKY) ve Hacim ağırlık değerlerinin kontrol örnekleri ile karşılaştırılmasıyla belirlenen azalma oranları Tablo 5.2'de verilmiştir.

Tablo 5.2: Yoğunluk ve hacim ağırlık değerlerine ait azalış oranları (kontrol örneklerine göre).

	HKY		TKY		HAD	
	T.S. (%)	T.D. (%)	T.S. (%)	T.D. (%)	T.S. (%)	T.D. (%)
Diri Odun	0,537	0,541	0,510	0,512	0,450	0,456
Öz Odun	0,532	0,485	0,509	0,469	0,451	0,426
Yerli Genel	0,535	0,523	0,509	0,499	0,450	0,447
İthal Genel	0,505	0,444	0,472	0,414	0,425	0,380
Yerli-İthal Toplam	0,525	0,494	0,497	0,468	0,442	0,422

İşlem sıcaklığı arttıka bozunmanın da artmasına bağlı olarak, yerli sarıçam Thermo-S diri odununun hava kuruşu ve tam kuru yoğunluk değeri ortalamasının, Thermo-D'den yüksek olması beklenirken; daha düşük yoğunluk değerine sahip olduğu görölmüştür. Bu durumun yerli sarıçam odunlarına ait incelemelerin iki farklı ağaç ile gerçekeştirilmesi ve aynı yetişme koşullarına sahip olmalarına rağmen mikro etkenler dolayısıyla Thermo-S diri odununu temsil eden deneme ağacının yaz odunu katılım oranının daha yüksek olması; dolayısıyla çeperde meydana gelen bozunmalardan daha çok etkilenmesi sebebiyle oluştuğu düşünölmektedir.

İthal sarıçam örneklerinde beklenenin aksine Thermo-S örneklerinde hava kuruşu ve tam kuru yoğunluk değerlerinde görölen bu artışı ve Thermo-D örneklerinde görölen daha düşük azalma oranının sebebi; kontrol örneklerinin Thermo-S ve Thermo-D kerestelerinin kontrol için ayrılan kısımlarının toplamı olması ve Thermo-D işlemi için kullanılan kerestelerden elde edilen örneklerin çok dar yıllık halkalar ve çok dar yaz odunu tabakalarına sahip olmaları ile bağlantılı olarak; bir toplamı etkileme durumu olduğu düşünölmektedir. Bunun dışında ithal olarak gelen kerestelerde diri odun-öz odun ayırımına gidilememiştir. Bu nedenle örnekler hem diri odun hem de öz odun

içermektedirler. Thermo-S örneklerine ait yoğunluk değerlerindeki bu beklenmedik artışın öz odunu katılım oranına bağlı olabileceği düşünülmektedir.

Endüstriyel kullanımlarda genel olarak kullanılan kerestelerin menşei bir kriter olmadığı için işlem etkisinin araştırılması amacıyla yerli ve ithal sarıçam örneklerinin uygulanan işlemler karşısında gösterdikleri değişimler toplu olarak da incelenmiştir. Bu incelemeler sonucunda, yerli ve ithal örnekler ilgili işlem gruplarında bir arada incelendiği için ithal Thermo-S örneklerindeki artışın genel toplamda en yüksek hava kurusu ve tam kuru yoğunluk değerine sahip olmasına neden olduğu düşünülmektedir.

Bu bilgiler ışığında işlem sıcaklığı arttıkça genel olarak hava kurusu yoğunluk değerlerinin düştüğü, öz odunda bu düşüşün daha belirgin olduğu gözlenmiştir. Öz odunda hava kurusu yoğunluk değerlerindeki düşüşün daha belirgin olmasının ısı işlem sırasında odun yapısından ilk olarak uzaklaşan bileşenlerin ekstraktif maddeler olması ve öz odunun yapısında bu maddelerin ağırlıklı olarak bulunmasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Isıl işlem uygulamaları sonucu odun yapısında meydana gelen ağırlık kayıpları ve hacimsel daralmaların yoğunluk değerlerini negatif yönde etkilediği, uygulanan işlem sıcaklığı arttıkça yoğunluğun azaldığı yapılan literatür incelemesinde de görülmüştür (Fengel ve Wegener, 1984; Viitanen ve diğ., 1994; Hill, 2006; Boonstra, 2008).

Hava kurusu ve tam kuru yoğunluk değerleri incelendiğinde daha yeknesak yıllık halka genişliğine sahip yerli sarıçam örneklerinde ısı işlem sıcaklığı arttıkça yoğunluğun azaldığı görülmektedir. Benzer sonuçlar Sefil (2010), Gündüz ve Aydemir (2009), Gündüz ve diğ. (2008) ve Akyıldız ve Ateş (2008) tarafından da belirtilmiştir. Kortelainen ve diğ. (2005) çalışmalarında, ısı işlem sıcaklıkları ne kadar yüksek olursa ağırlık kaybının o derecede yüksek olacağını ve bu ağırlık kaybının da yoğunluğu düşürecek bir etki yaptığını belirtmişlerdir.

Literatürde, ısı işlem sonrası odunun yoğunluğundaki azalmanın ana nedenleri; işlem esnasında odun bileşiklerinin (esas olarak hemiselülozların) bozunması; ekstraktiflerin buharlaşması ve denge rutubet miktarındaki düşüş olarak ifade edilmektedir (Boonstra ve diğ., 2007, Çalıova, 2011).

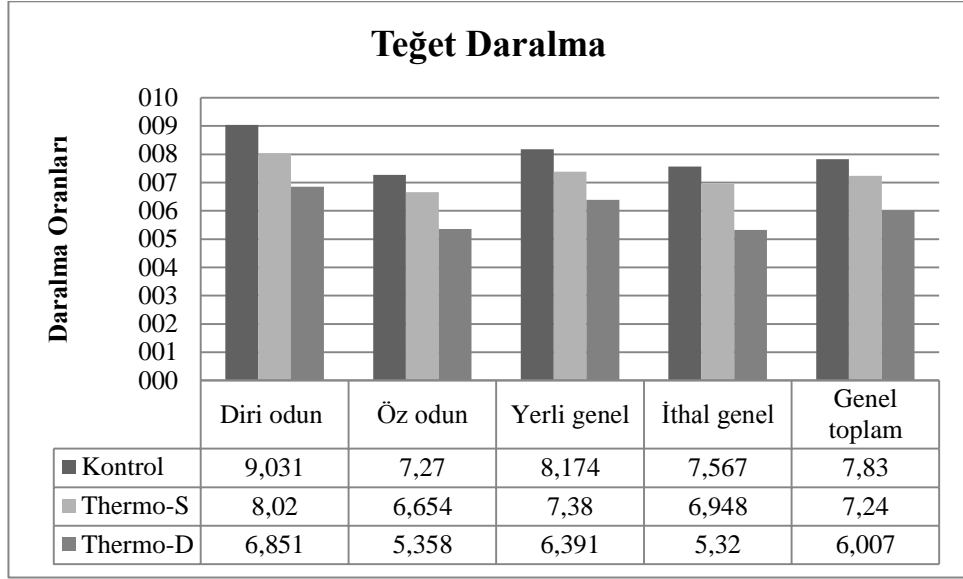
Yoğunluk üzerine hücre çeperi kalınlığı, lümen çapı, ilkbahar-yaz odunu katılım oranları ve kimyasal bileşenler etki etmektedir. Uygulanan işlem sıcaklığına bağlı olarak hava kurusu ve tam kuru yoğunluk değerleri de farklılık göstermektedir. İşlem sıcaklığı arttıkça odun yapısında bulunan kimyasal bileşenlerde gerçekleşen bozunmalarda da artış olmaktadır. Yoğunluk değerleri arasında görülen bu farklılığın esas olarak; işlem sıcaklığı arttıkça kimyasal bileşenlerdeki bozunmaların da artması sebebiyle oluştuğu düşünülmektedir.

Bal (2013) ısıtıl işlem uygulanmış sedir diri odun ve öz odununda fiziksel özelliklerindeki değişimi incelediği çalışmasında, yoğunluk başta olmak üzere diğer bütün fiziksel özelliklerin öz odunda daha düşük olduğunu bulmuştur. Bu durumun öz odunda bulunan genç odundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Tarafımızdan yapılan çalışmada ise örnekleme aşamasında genç odun kısmından kaçınılması öz odun örneklerinin yoğunluk değerlerindeki düşüşün sebebinin farklı olacağına işaret etmektedir. Öz odun örneklerinin diri odun örneklerinden farklı fiziksel özelliklere sahip olması esas olarak yapılarında barındırdıkları ekstraktif maddeler ile ilişkilendirilmektedir. Öz odun örneklerinin yoğunluk değerlerindeki düşüşün, ekstraktif maddelerin ısıtıl işlem uygulamaları sonucu yapıdan ilk uzaklaşan bileşenler arasında olması sebebiyle ortaya çıktığı düşünülmektedir.

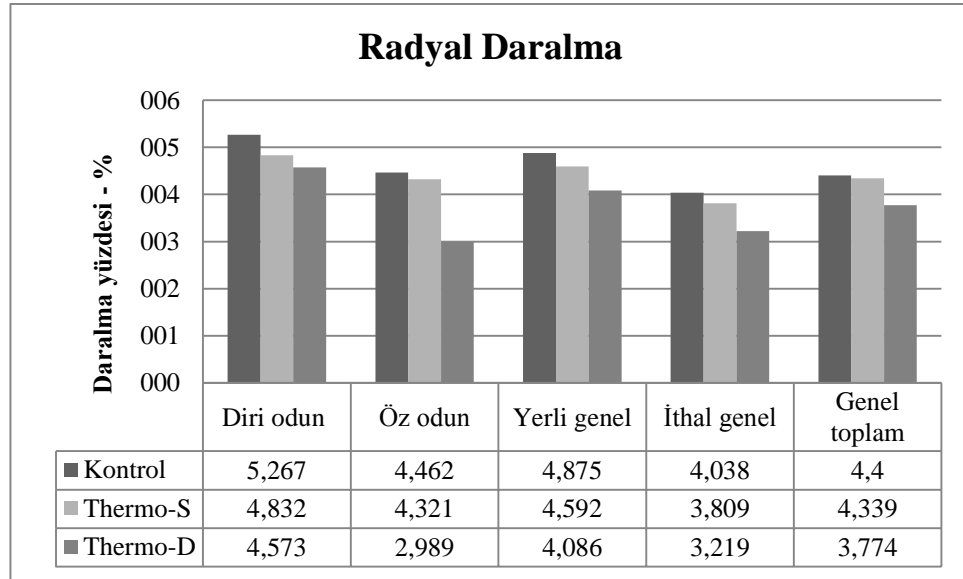
5.3.1. Daralma ve Genişleme

Yerli ve ithal sarıçam örneklerinin ısıtıl işlem uygulaması ardından odunun çalışmasındaki değişim daralma ve genişleme denemeleri ile belirlenmiştir. Yapılan denemeler sonunda uygulanan ısıtıl işlem sıcaklığı arttıkça daralma ve genişleme oranları ters orantılı olarak azalmış, dolayısıyla odunun rutubet karşısında çalışması da azalma göstermiştir.

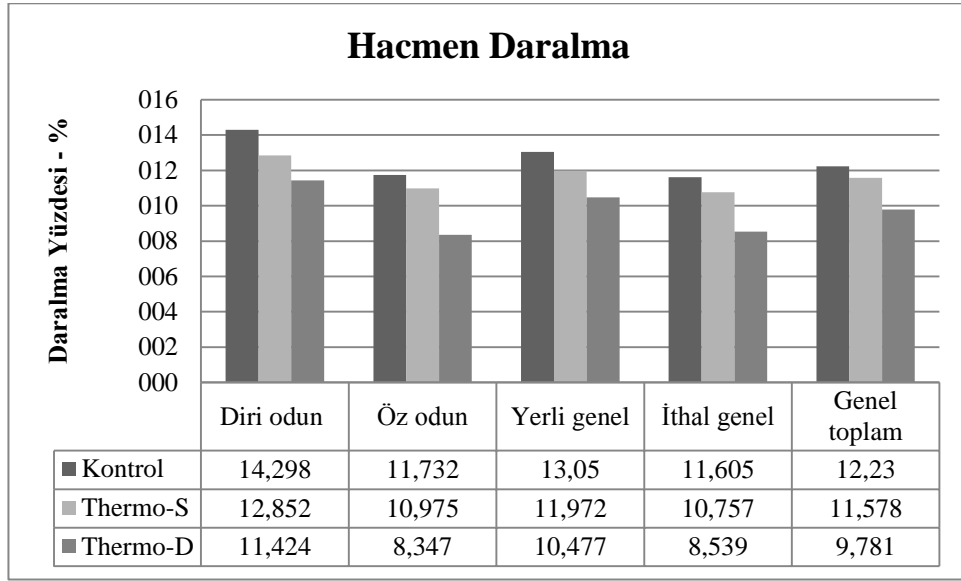
Isıtıl işleme tabi tutulan yerli sarıçam diri odun ve öz odun örnekleri ayrı ayrı ve (yerli sarıçam örneklerini toplu olarak temsil edecek şekilde) birlikte, ithal sarıçam örnekleri ve yerli ile ithal sarıçam örnekleri bir arada olmak üzere daralma miktarlarının ortalamaları grafik olarak Şekil 5.1, Şekil 5.2 ve Şekil 5.3'te verilmiştir.



Şekil 5.1: Sarıçam odununa ait teğet daralma miktarları.



Şekil 5.2: Sarıçam odununa ait radyal daralma miktarları.

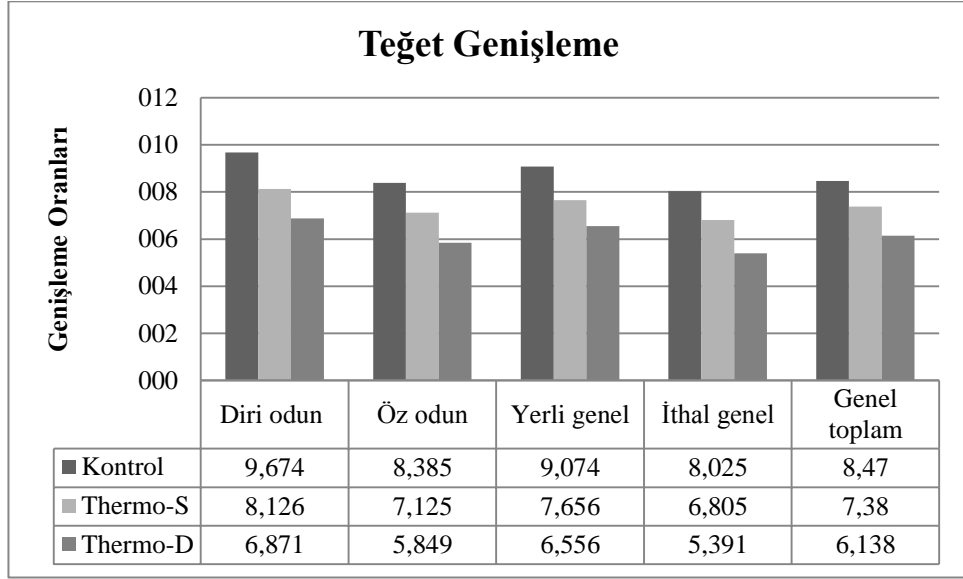


Şekil 5.3: Sarıçam odununa ait hacmen daralma miktarları.

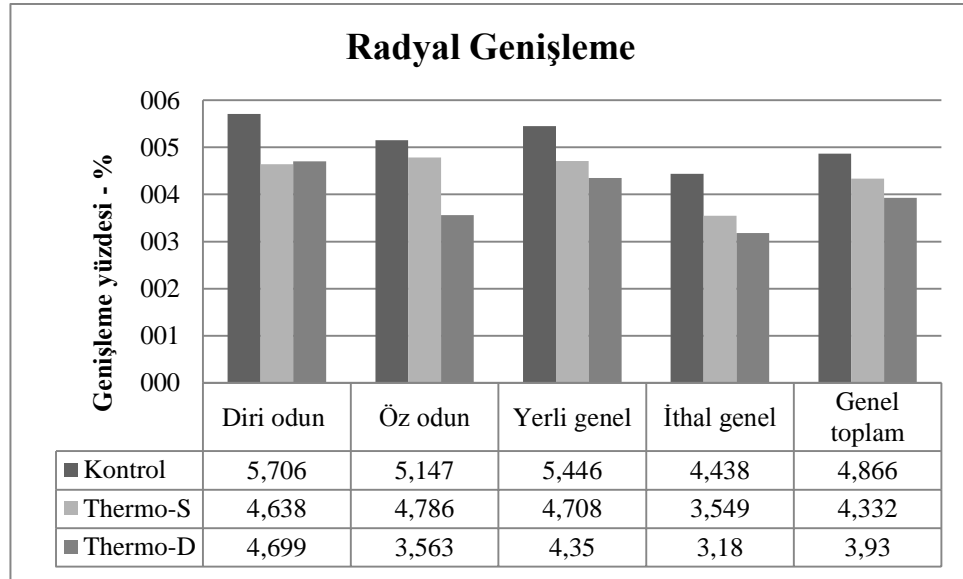
Tablo 5.3: Daralma miktarlarındaki azalış oranları (kontrol örneklerine göre).

	Teğet		Radyal		Hacmen	
	Thermo-S (%)	Thermo-D (%)	Thermo-S (%)	Thermo-D (%)	Thermo-S (%)	Thermo-D (%)
Yerli Sarıçam Diri Odun	11.19	24.14	8.26	13.18	10.11	20.10
Yerli Sarıçam Öz Odun	8.47	26.30	3.16	33.01	6.45	28.85
Yerli Sarıçam Genel	9.71	21.81	5.81	16.18	8.26	19.72
İthal Sarıçam Genel	8.18	29.69	5.67	20.28	7.31	26.42
Sarıçam Genel Toplam	7.54	23.28	1.39	14.23	5.33	20.02

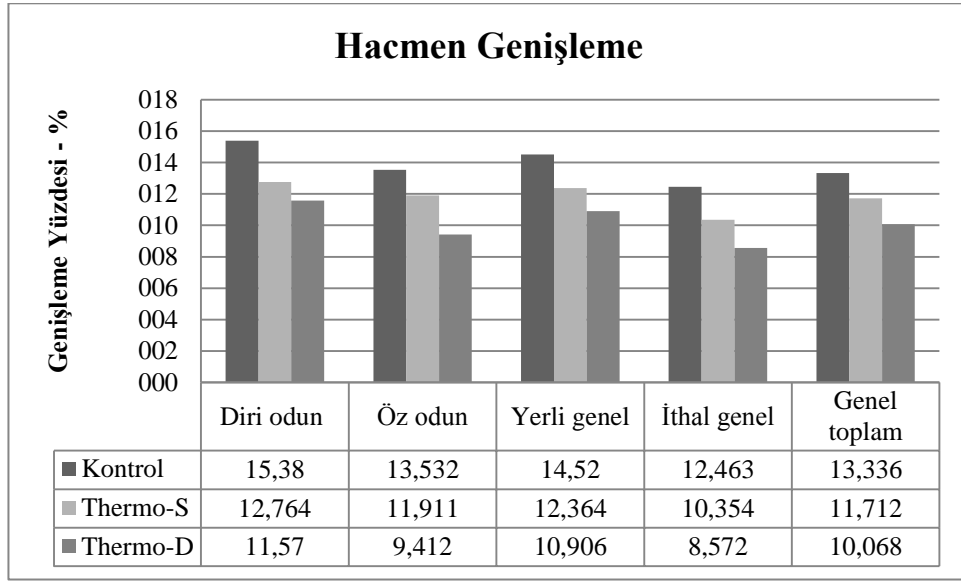
Isıl işleme tabi tutulan yerli sarıçam diri odun ve öz odun örnekleri ayrı ayrı ve (yerli sarıçam örneklerini toplu olarak temsil edecek şekilde) birlikte, ithal sarıçam örnekleri ve yerli ile ithal sarıçam örnekleri bir arada olmak üzere genişleme miktarlarının ortalamaları grafik olarak Şekil 5.4, Şekil 5.5 ve Şekil 5.6'da verilmiştir.



Şekil 5.4: Sarıçam odununa ait teğet genişleme miktarları.



Şekil 5.5: Sarıçam odununa ait radyal genişleme miktarları.



Şekil 5.6: Sarıçam odununa ait hacmen genişleme miktarları.

Tablo 5.4: Genişleme miktarlarındaki azalış oranları (kontrol örneklerine göre).

	Teğet		Radyal		Hacmen	
	Thermo-S (%)	Thermo-D (%)	Thermo-S (%)	Thermo-D (%)	Thermo-S (%)	Thermo-D (%)
Yerli Sarıçam Diri Odun	16,00	28,97	18,72	17,65	17,01	24,77
Yerli Sarıçam Öz Odun	15,03	30,24	7,01	30,78	11,98	30,45
Yerli Sarıçam Genel	15,63	27,75	13,55	20,12	14,85	24,89
İthal Sarıçam Genel	15,20	32,82	20,03	28,35	16,92	31,22
Sarıçam Genel Toplam	12,87	27,53	10,97	19,24	12,18	24,51

Daralma ve genişleme miktarları ısı işlem uygulaması ardından kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında (Tablo 5.1 ve Tablo 5.2) en yüksek düşüş Thermo-D uygulanmış örneklerde görülmüştür. Bu durum uygulanan ısı işlem sıcaklığının artmasıyla odunun rutubet karşısında çalışmasındaki iyileşmenin de artacağını ileri süren literatürle uyum içerisindedir.

Bal (2013) ısı işlem uygulanmış sedirde ağırlık kaybının öz odunda diri odundan daha yüksek olduğunu ve bu durumun ilk olarak öz odundaki ekstraktif madde kaybından

kaynaklandığı düşünülmektedir. Öz odundaki ağırlık kaybının diri odundan daha yüksek olmasına rağmen çalışma ve lif doygunluğu noktası gibi fiziksel özelliklerindeki azalmanın diri odundan düşük olması, yapısında genç odun barındırmayan diri odunun yoğunluğunun daha yüksek olmasıyla ilişkilendirilmektedir. Isıl işlem uygulanmış diri odun ve öz odun örneklerinin fiziksel özelliklerindeki değişimin 220 ° C’de belirgin olmaya başladığı belirtilmiştir. Tarafımızca yapılan çalışma sonucunda, ısıl işlem uygulamaları ardından diri odun örneklerinin yoğunluklarındaki azalmanın öz odun örneklerinden daha az olduğu görülmüştür. Bu durumun örneklerin seçimi sırasında genç odun oluşumundan kaçınılması nedeni ile öz odun örneklerinin yapılarında bulunan ekstraktiflerin ısıl işlem sonucu odun yapısından uzaklaşması sebebiyle oluştuğu düşünülmektedir. Bal (2013)’ün yaptığı çalışmayla paralellik gösterecek şekilde öz odun örneklerinde görülen yoğunluktaki azalma oranlarının 212 ° C’de (Thermo-D örneklerinde) daha belirgin olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan literatür incelemesinde; ısıl işlem uygulamaları ardından termal bozunmalar sonucu hücre çeperlerinde madde ve ağırlık kayıpları olduğu; bu kayıpların hücrelerin ve dolayısıyla odunun daralmasına neden olan boyutsal değişimler gerçekleştirdiği görülmüştür (Fengel ve Wegener,1984; Chang ve Keith, 1978; Zaman ve diğ., 2000; Boonstra, 2007; Welzbacher ve diğ., 2007; Metsa-Kortelainen, 2011). Isıl işlem sonrası higroskopisitenin azalması ve buna bağlı olarak boyutsal stabilizasyonunda artışın sebepleri olarak; karbonhidratların ve özellikle hemiselülozların depolimerizasyonu, hidroksil gruplarının toplam miktarında azalma (Stamm et al., 1946; Kollman and Schneider, 1963; Viitanen ve diğ., 1994; Jamsa ve Viitaniemi, 2001; Mayes ve Oksanen, 2002; Yıldız, 2002; Boonstra ve Tjeerdsma, 2006; Esteves ve diğ., 2007; Akyıldız ve diğ., 2009; Kaygın ve diğ., 2009), kristalin selülozun oranında artış (Tjeerdsma et al., 1998a) ve lignin ağının çapraz bağlanması (Pizzi et al., 1994; Tjeerdsma et al., 1998a) gösterilebilir.

Tarafımızdan gerçekleştirilen bu çalışmada, ısıl işlemin sarıçam odununun anatomik yapısında değişikliklere yol açtığı görülmüştür. Teknik kurutma uygulanmış örneklerde de benzer anatomik değişikliklerin daha az oranda da olsa bulunması ağaç malzemenin sıcaklık karşısında, uygulanan sıcaklık derecesiyle doğru orantılı olarak, bozunduğunu destekler niteliktedir.

Odunun termal bozunması temel olarak yapısındaki bileşenlerin bozunmasıyla bağlantılıdır. Daha önce yapılan çalışmalar göstermektedir ki sıcaklık karşısında en çok etkilenen makromoleküler bileşenler hemiselülozlardır. 180- 200 ° C 'lerde bu bileşenler önemli miktarda bozunmaya uğramaktadır. Hemiselülozların ardından selülozun amorf bölgesi bozunarak değişime uğramaya en müsait yapılardır. Selülozun kristalin bölgelerinin ayrışması ise 300 ° C 'den sonra başlamaktadır. Amorf bölgedeki selülozun bozunması mevcut zincir yapısını kısaltmakta, hemiselüloz ve selülozda meydana gelen bu değişimler sonucunda odunun suyla ilişkisi de önemli oranda azalmaktadır. Lignin ise sıcaklık karşısında ilk aşamada depolimerize olmakta ardından daha yoğun yapılarda yeniden polimerize olmaktadır (Fengel ve Wegener, 1984; Gonzalez-Pena ve diğ., 2009).

Odun hücre çeper tabakalarındaki kimyasal bileşiklerin yapıları ve oranları birbirinden farklılık göstermektedir. Orta lamel ve primer çeper % 60 – 70 oranında lignin içerirken; sekonder çeper tabakaları ağırlıklı olarak % 70 – 84 oranında hemiselüloz ve selüloz içeriğine sahiptir (Bozkurt ve Erdin, 2000). Isıl işlemde en çok etkilenen çeper tabakası, sekonder çeperin yapısına katılım oranı en yüksek olan S2 tabakası olmaktadır. Sekonder çeperin S2 tabakası en kalın tabaka olarak, fiziksel ve mekanik özellikleri esas olarak etkileyen çeper kısmıdır.

Tarafımızca gerçekleştirilen bu çalışmada, ısıl işlem uygulamaları ardından bozunmaların özellikle sekonder çeperde yoğunlaştığı, işlem sıcaklığı arttıkça maddesel kayıpların daha belirgin hale geldiği yapılan SEM incelemelerinde belirtilmiştir. Bu maddesel kayıplar odunun yoğunluğunu düşürücü etkilerden biri olarak görülmektedir.

Anatomik yapıdaki değişiklikler özellikle kimyasal yapı ile birlikte odunun yoğunluk ve çalışmasını etkilemektedir. Ayrıca anatomik yapıda gözlemlenen çatlak oluşumları, hücre çeperlerinde görülen bozunmalar ve radyal kesitte gözlemlenen öz ışınlarındaki bozunmaların odunun direnç değerlerini azaltacak şekilde etkileyeceğini düşündürmektedir. Daha önce yapılan araştırmalarda öz ışınlarının radyal yöndeki basınç direncine katkıda bulunan hücreler olduğu belirtilmektedir. Bu nedenle öz ışınlarındaki bozunmaların basınç direncinde düşüşe sebep olabileceği düşünülmektedir (Kennedy, 1968; Ellis ve diğ., 2002; Boonstra ve diğ., 2006a; Boonstra ve diğ., 2007).

Yapılan literatür incelemesinde ısıtma işlemi görmüş örneklerde basınç etkisi altında kırılmanın daha ani ve daha şiddetli şekilde ortaya çıktığı ancak, işlem uygulanmamış örneklerde görülen gerilmelerin daha aşamalı bir düşüş gösterdiği gözlemlenmiştir (Boonstra ve diğ., 2007). İlk kırılmanın ardından ısıtma işlemi görmüş örneklerin kaldırabileceği kuvvet işlem görmemiş örneklerden çok daha azdır. Boyuna yönde hücre çeperlerindeki çatlaklar, ayrıca odun bileşenlerindeki değişim ve selülozun kristallikliğindeki artış sebebiyle, ani yüklemelere karşı direnç değerlerinin daha düşük olduğu düşünülmektedir. Bu sebeple ısıtma işlemi uygulanmış kerestelerin yapılarda taşıyıcı eleman olarak kullanımının sakıncalı olduğu görülmektedir. Direnç değerlerindeki değişim incelendiğinde elastikiyet modülünün eğilme direncinin aksine ısıtma işlemi sonrası ilk olarak hafif bir artış gösterdiği görülmektedir. Elastikiyet modülü yapıda kullanım için en kritik parametre olarak kabul edildiğinden, yapı uygulamalarında (taşıyıcı elemanların dışında) ısıtma işlemi uygulanmış kerestelerin kullanım potansiyeli mevcuttur. Yine de yapı içerisinde oluşabilecek gerilmelerin dikkate alınması ve ısıtma işlemi görmüş kerestenin farklı direnç özelliklerine sahip olduğu göz önünde bulundurulmalıdır (Boonstra ve diğ., 2007).

Tarafımızdan gerçekleştirilen çalışmada, daha geniş yaz odunu tabakasına sahip örneklerin yoğunluklarındaki düşüşün, düşük sıcaklıkta dahi daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu sebeple yapı kerestesi (taşıyıcı elemanların dışında) olarak ısıtma işlemi uygulanmış ağaç malzeme kullanıldığı takdirde yıllık halka genişlikleri daha yeknesak olan ağaç türlerinin dikkatli kullanımının uygun olabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmada, ülkemizde yetişen sarıçam ağaçlarının diri odun ve öz odunları arasındaki farklılık ile yerli ve ithal sarıçamlar arasındaki farklılıklar karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Yoğunluk değerleri açısından yerli sarıçam örnekleri incelendiğinde öz odundaki yoğunluk düşüşünün diri odundan; (Thermo-S uygulanmış örneklerde % 3,43, Thermo-D uygulanmış örneklerde ise % 12,41 oranında) daha yüksek olduğu ve odunun rutubet karşısında çalışması açısından diri odun örneklerinin öz odun örneklerinden daha kararlı bir hal aldıkları tespit edilmiştir. İthal örneklerde ise durum çok dar yaz odunu genişliğine sahip örneklerin Thermo-D uygulanmış kerestelerde bulunması sebebiyle neredeyse kontrol örneklerinin sahip olduğu ortalama yoğunluğa sahip gibi

görülmektedir. Bu durum yıllık halka genişliğinin ve yaz odunu katılım oranının ısı işlemin ağaç malzeme üzerinde yarattığı değişiklikleri etkilediğini göstermektedir.

Gerçekleştirilen bu çalışma sonucunda yerli ve ithal örnekler karşılaştırıldığında, yerli sarıçam örneklerinin yıllık halka ve yaz odunu genişliklerinin ithal sarıçam örneklerinden % 50 daha fazla olduğu görülmüştür. İthal örneklere ait yoğunluk değerlerine bakıldığında Thermo-S uygulanmış örneklerde yaz odunu katılım oranı sebebiyle % 12 – 13 oranında bir artış, Thermo-D örneklerinde ise % 0,7 – 1,7 oranında bir azalma gözlenmiştir. Yerli örneklere ait yoğunluk değerleri ise Thermo-S örneklerinde % 4 – 5 oranında, Thermo-D örneklerinde % 6 – 7 oranında bir azalma göstermiştir. Örneklerin rutubet karşısındaki çalışmaları göz önünde bulundurulduğunda ise hacmen çalışma oranları yerli sarıçam örneklerinde % 8 – 15 (Thermo-S) , % 20 – 25 (Thermo-D) civarındayken; ithal sarıçam örneklerinde % 7 – 17 (Thermo-S) ve % 26 – 31 (Thermo-D) civarında olduğu belirlenmiştir. Hacmen çalışma oranları açısından elde edilen sonuçlar yerli ve ithal sarıçam örneklerine ait değerlerin birbiriyle benzerlik gösterdiğine işaret etmektedir.

İşlem etkilerini karşılaştırmak için yerli ve ithal örnekler tek bir grup altında toplanıp incelendiğinde ise; hava kurusu ve tam kuru yoğunluk değerlerinde ortalama % 50 lik bir düşüş, odunun rutubet karşısında çalışmasında Thermo-S uygulaması sonucu % 7-16, Thermo-D uygulaması sonucu % 20 – 30 oranında iyileşme tespit edilmiştir.

Anatomik özellikler açısından örnekler karşılaştırıldığında hücre çeperlerindeki bozunmaların öz odun örneklerinde diri odun örneklerinden, dış kısım örneklerinde iç kısım örneklerinden, Thermo-D örneklerinde Thermo-S örneklerinden daha yoğun olduğu, daha dar yaz odunu tabakasına sahip örneklerde ise düzensiz çatlak oluşumlarının daha az bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Dünyanın her yerinde enerji tüketimi ve karbondioksit emisyonunu azaltmak için sürdürülebilir materyallere olan talep günden güne artmaktadır. Ağaç malzeme de bu talebi yerine getirebilecek sınırlı sayıdaki doğal kaynaktan biridir. Ancak doğanın insanlığa karşılığını almadan verebilecekleri, artan nüfus ile birlikte daha da sınırlanmaktadır. Bu sebeple sürdürülebilir kaynaklara destek için mevcut türlerin

özelliklerinin ısı işlem gibi doğayla dost yöntemlerle geliştirilerek, özellikle de hızlı gelişen türler için kullanılması önem arz etmektedir.

Dünya genelinde ısı işlem için fabrikaların talep ettiği hammadde hacmi 2003 yılında 25.797 m³, 2010 yılında 93.734 m³ iken 2013 yılında artarak 132.008 m³ olmuştur. Dünya genelinde ısı işlem görmüş ahşap malzemeyi başta Finlandiya olmak üzere birçok Avrupa ülkesi de kullanmaktadır. Isıl işlem görmüş oduna ait olan yıllık satış oranları ise 2003 yılında 21.631 m³, 2010 yılında 92.069 m³ iken 2013 yılında bu değer 127.791 m³ 'e ulaşmıştır (Anonim, 2014).

Yıllık satış oranlarına bakıldığında özellikle gelişmiş ülkelerde ısı işlem uygulanmış ağaç malzemenin kullanımı ciddi oranda artış göstermektedir. Bu durum ve bu sistemlerde ülkemizde yavaş yavaş kendine yer edinmeye başlamaktadır. Bu sebeple ısı işlem sonrası ağaç malzemenin yapısında meydana gelen değişikliklerin ve etkilerinin iyi yorumlanması önem kazanmaktadır. Avrupa ağırlıklı olmak üzere tüm dünyada kullanımı artan bu modifikasyon yöntemi pek çok araştırmaya konu olmuştur. Ülkemizde de çeşitli araştırmalarda farklı ağaç türleri üzerinde çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Ancak aynı ağaç türünün farklı bireylerinde ve tek bir ağacın kendi içerisinde bile yetişme yeri şartlarına bağlı olarak anatomik yapılarında farklılıklar mevcut olmaktadır. Anatomik yapıdaki bu farklılıklar ile birlikte fiziksel karakteristikler ve kimyasal yapılar da farklılık göstermektedir (Bozkurt ve Erdin, 2000). Gerçekleştirdiğimiz çalışma sonucunda da ısı işlem uygulamaları ardından ortaya çıkan farklılıklarda anatomik yapının önemli bir etken olduğu görülmüştür. Bu sebeple de herhangi bir endüstriyel işlemin etkilerinin belirlenmesi amacı ile gerçekleştirilen çalışmalarda kullanılacak ağaç türlerinin ve bu türlere ait bireylerin anatomik yapılarındaki farklılıklar dikkate alınarak çeşitlendirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Abe, K. ve Yamamoto, H., 2005, Mechanical interaction between cellulose microfibril and matrix substance in wood cell wall determined by X-ray diffraction, *Journal of Wood Science*, 51(4), 334–338.
- Akdoğan, H., 2007, *Adana-Sarıçam Orman İşletme Şefliği'ndeki Halep Çamı (Pinus halepensis Mill.) Meşçerelerinde Kuruluş Özellikleri ve Silvikültürel Öneriler*, Yüksek Lisans, Kahramanmaraş Sütçüimam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Akkemik, Ü., 2011, *Gymnospermae ders notları*.
- Aktaş, M., 2006, *Bolu-Aladağ Ormanlarında Sarıçam (Pinus silvestris L.), Karaçam (Pinus nigra Arnold subsp. pallasiana (Lamb.) Holmboe) ve Uludağ Göknarı (Abies bornmülleriana Mattf.) Meşçerelerinde Tepe Dejenerasyonlarının (Kırıklarının) Çap Artımına Etkileri*, Yüksek Lisans, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Akyıldız, M.H., Ateş, S., 2008, Effect of Heat Treatment on Equilibrium Moisture Content (EMC) of Some Wood Species in Turkey, *Res. J. Agric. & Biol. Sci.*, 4(6), 660-665.
- Alemdağ, Ş., 1967, *Türkiye'deki Sarıçam Ormanlarının Kuruluşu, Verim Gücü ve Bu Ormanların İşletilmesinde Takip Edilecek Esaslar*, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Seri No. 20.
- Alen, R., Kotilainen, R., Zaman, A., 2002, Thermochemical behavior of Norway Spruce (*Picea abies*) at 180-225°C, *Wood Sci. Technol.* 36, 163-171.
- Altgen, M., Adamopoulos, S., Ala-Viikari, J., Hukka, A., Tetri, T., Militz, H., 2012, Factors influencing the crack formation in thermally modified wood, *the sixth European Conference on Wood Modification*, Ljubljana, Slovenia.

- Altınok, M., Perçin, O., Doruk, Ş., 2010, Isıl İşlemin (Thermo-Process) Ağaç Malzemenin Teknolojik Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 23 (1), 71-83.
- Andersson, S., Wikberg, H., Pesonen, E., Maunu, S.L., Serimaa, R., 2004, Studies of crystallinity of Scots pine and Norway spruce cellulose, *Trees*, 18(3), 346-353.
- Anonim, 1994, *Sarıçam*, Ormancılık Araştırma Enstitüsü, El Kitapları Dizisi: 7, Muhtelif Yayınlar Serisi: 67, ISBN 975-7829-17-X.
- Anonim, 2003, *Thermowood Handbook*, Finnish Thermowood Association, FIN-00171 Helsinki-Finland.
- Anonim, 2013, *Orman Atlası*, Orman Genel Müdürlüğü, Orman Harita ve Fotogrametri Müdürlüğü.
- Anonim, 2013a, *Resmi İstatistikler (İllerimize Ait İstatistiki Veriler)*, <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=BOLU> [Ziyaret Tarihi: 30.11.2013].
- Anonim, 2014, ThermoWood production statistics 2013, <http://files.kotisivukone.com/en.thermowood.kotisivukone.com/tiedostot/producti onstatistics2013.pdf> [Ziyaret Tarihi : 30.03.2014].
- Anşin, R., 2001, *Tohumlu Bitkiler: Gymnospermae (Açık Tohumlular)*, I. Cilt, III. Baskı, K.T.Ü. Basımevi, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Trabzon, Genel Yayın No: 22, Fakülte Yayın No: 15.
- Awoyemi, L., Jones, I.P., 2011, Anatomical explanations for the changes in properties of western red cedar (*Thuja plicata*) wood during heat treatment, *Wood Science Technology*, 45, 261–267.
- Ay, N., 1990, *Türkiye’de Doğal Olarak Yetişen Sarıçam (Pinus silvestris L.) Odunlarının Değişik Yetiştirme Ortamlarındaki İç Morfolojik Özelliklerinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı.

- Aydemir, D., 2007, *Gök nar (Abies bornmülleriana Mattf.) ve Gür gen (Carpinus betulus L.) Odunlarının Bazı Fiziksel, Mekanik ve Teknolojik Özellikleri Üzerine Isıl İşlemin Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Aydemir, D. ve Gündüz, G., 2009, Ahşabın Fiziksel, Kimyasal, Mekaniksel ve Biyolojik Özellikleri Üzerine Isıyla Muamelenin Etkisi, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 11 (15), 71-81.
- Aytuğ, B. ve Gerçek, Z., 2006, *Orman Ağaçlarının Hayatı (Ağaç Morfolojisi)*, KTÜ Matbaası, KTÜ Orm. Fak. Genel Yayın No: 222, Fakülte Yayın No:38.
- Bal, B.C., 2013, Effects of Heat Treatment on the Physical Properties of Heartwood and Sapwood of *Cedrus libani*, *Bioresources*, 8(1), 211-219.
- 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.
- Birinci, E., 2011, *Asetillenmiş Sarıçam (Pinus sylvestris L.) Odun Unu İle Yeni Odun Plastik Kompozitlerinin Üretimi*, Yüksek Lisans, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Boonstra M.J., Rijdsdijk, J., Sander, C., Kegel, E., Tjeerdsma, B., Militz, H., Van Acker, J., Stevens, M., 2006a, Microstructural and physical aspects of heat-treated wood. Part 1, Softwood, *Maderas. Ciencia y tecnología*, 8, 193-208.
- Boonstra M.J., Rijdsdijk, J., Sander, C., Kegel, E., Tjeerdsma, B., Militz, H., Van Acker, J., Stevens, M., 2006b, Microstructural and physical aspects of heat-treated wood, Part 2, Hardwoods, *Maderas, Ciencia y tecnología*, 8, 209-217.
- Boonstra, M. J., Van Acker, J., Pizzi, A., 2007, Anatomical and molecular reasons for property changes of wood after full-scale industrial heat treatment, *Paper of the 3rd European Conference on Wood Modification*, Zürich, 343-358.

- Boonstra M.J., 2008, *A two-stage thermal modification of wood*, Ph.D. dissertation in cosupervision Ghent University and Université Henry Poincaré, ISBN 978-90-5989-210-1.
- Bozkurt, A.Y., Göker, Y., 1987, *Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul Üniversitesi Yayın No:3445, Orman Fakültesi Yayın No: 388, ISBN 975-404-010-9.
- Bozkurt, A.Y., Göker, Y., 1996, *Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul Üniversitesi Yayın No:3944, Orman Fakültesi Yayın No: 436. ISBN 975-404-420-1.
- Bozkurt, A. Y. Erdin, N., 2000, *Odun Anatomisi*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul Üniversitesi Yayın No:4263, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 466, ISBN 975-404-592-5.
- Bozkurt, A.Y., Erdin, N., 2011, *Ağaç Teknolojisi*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul Üniversitesi Yayın No: 5029, Orman Fakültesi Yayın No: 445, ISBN: 978-975-404-900-8.
- Brischke, C., Welzbacher, C.R., Brandt, K., Rapp, A.O., 2007, Quality control of thermally modified timber: Interrelationship between heat treatment intensities and CIE Lab color data on homogenized wood samples, *Holzforschung*, 61, 19–22.
- Bourgois, J., Janin, G., Guyonnet, R., 1991, Measuring colour: a method of studying and optimising the chemical transformations of thermally-treated wood, *Holzforschung*, 45(5):377–382.
- Büyüksarı, Ü., 2006, *Bölge Farklılığının Kayın Gövdeli Akçaağaç (Acer trautvetteri Medw.) Odununun Bazı Teknolojik Özellikleri Üzerine Etkisi*, Yüksek Lisans, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Chang, C. I., Keith, C. T., 1978, Properties of heat-darkened wood, II. Mechanical properties and gluability, *FPL Report OPX214E*, Canada, 1-19.

- Chirkova, J., Andersons, B., Andersone, I., Militz, H., 2005, Water Sorption Properties of Thermos-modified Wood, *2nd European Conference on Wood Modification*, Göttingen, Germany, 6–7 October 2005. 3-00-017207-6.
- Chow, S.Z., Mukai, H.N., 1972, Effect of thermal degradation of cellulose on wood–polymer bonding, *Wood Science*, 4(4), 202–208.
- Çalıova, Z., 2011, Kızılağaç ve doğu ladini odunlarının bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine ısı işlemin etkisi, Yüksek Lisans, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çoban, S., 2007, *Bolu-Aladağ'daki Sarıçam (Pinus sylvestris L.) Meşçerelerinde Doğal Gençleşme Örnekleri Üzerine Araştırmalar*, Yüksek Lisans, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Silvikültür Programı, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı.
- Davis, P.H., 1965, *Flora of Turkey and East Aegean Islands*, Volume I, Edinburgh.
- Del Menezzi, C.H.S., De Souza, R.Q., Thompson, R.M., Teixeira, D.E., Okino, E.Y.A., Da Costa, A.F., 2008, Properties after weathering and decay resistance of a thermally modified wood structural board, *International Biodeterioration and Biodegradation*, 62 (4), 448–454.
- Dinwoodie, J.M., 2000, *Timber: its Nature and Behaviour*, 2nd edn., E. and F.N. Spon, London, UK.
- Dirol, D., Guyonnet, R., 1993, The improvement of wood durability by retification process, Document No: IRG/WP 98-40015, *International Group on Wood Protection*, Stockholm, Sweden.
- Dizman Tomak, E., Yıldız, Ü.C., 2010, Odunun Kimyasal Modifikasyonu, *III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, Cilt: IV, 1681-1690.
- Doğu, D., Tırak, K., Candan, Z., Unsal, O., 2010, Anatomical investigation of thermally compressed wood panels, *Bioresources*, 5 (4), 2640-2663.

- Dubey, M. K., 2010, *Improvements in stability, durability and mechanical properties of radiata pine wood after heat-treatment in a vegetable oil*, Doctoral Thesis, University of Canterbury, Forestry, New Zealand.
- Durkaya, B., 2004, *Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Sarıçam (Pinus sylvestris L.)- Uludağ Göknarı (Abies bornmülleriana Mattf.)- Doğu Kayını (Fagus orientalis Lipsky.) Karışık Meşçerelerinde Artım- Büyüme İlişkileri*, Doktora Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Edlund, M.-L., Jermer, J., 2004, Durability of heat-treated wood, *COST action E22 Environmental Optimisation of Wood Protection*, Lisboa – Portugal, 22nd–23rd March.
- Ellis, S., Tanaka, H., Fuse, G., 2002, The behavior of five wood species in compression, *IAWA Journal*, 23, 201-211.
- Epmeier, H., Westin, M., Rapp, A.O., Nilsson, T., 2003, Comparison of Properties of Wood Modified by 8 Different Methods - Durability, Mechanical and Physical Properties, *The First European Conference on Wood Modification*, Ghent, Belgium.
- Esteves, B., Domingos, I., Pereira, H., 2007, 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., Marques, A.V., Domingos, I., Pereira, H., 2008, Heat-induced colour changes of pine (*Pinus pinaster*) and eucalypt (*Eucalyptus globulus*) wood, *Wood Science and Technology*, 42, 369–384.
- Esteves, B. and Pereira, H.M., 2009, Wood Modification By Heat Treatment: A Review, *BioResources*, 4(1), 370-404.
- Fengel, D., 1966, On the changes of the wood and its components within the temperature range up to 200°C-Part 2, *Holz Roh-Werkst*, 24, 98-109.

- Fengel, D., Wegener, G., 1984, *Wood: chemistry, ultrastructures, reactions*, Walter de Gruyter and Co., Berlin.
- Fırat, S., 2004, *Gaziantep Doğasında ve Kültürde Yetişen Pinus spp. Türlerinin Biyoekolojik Özellikleri*, Yüksek Lisans, Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Bölümü.
- Garrote, G., Dominguez, H., Parajo, J.C., 1999, Hydrothermal processing of lignocellulosic materials, *Holz als Roh – und Werkstoff*, 57 (3), 191–202.
- Gonzalez-Pena, M.M., Curling, S.F., Hale, M.D.C., 2009, On the effect of heat on the chemical composition and dimensions of thermally modified wood, *Polymer Degradation and Stability*, 94, 2184–2193.
- Gosselink, R.J.A., Krosse, A.M.A., van der Putten, J.C., van der Kolk, J.C., de Klerk-Engels, B., van Dam, J.E.G., 2004, Wood preservation by low-temperature carbonisation, *Industrial Crops and Products*, 19, 3–12.
- Gündüz, G., Niemz, P., Aydemir, D., 2007, Specific Gravity and Equilibrium of Moisture Content Changes in Heat Treated Fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* Mattf.) Wood, *10th International IUFRO Division 5: Wood Drying Conference*, August 26 – 30, Orono, Maine, USA.
- Gündüz, G., Korkut, S., Korkut, D.S., 2008, The effects of heat treatment on physical and technological properties and surface roughness of Camıyanı Black Pine (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) wood, *Bioresource Technology*, 99, 2275–2280.
- Gündüz, G., Aydemir, D., Karakas, G., 2009, The effects of thermal treatment on the mechanical properties of wild Pear (*Pyrus elaeagnifolia* Pall.) wood and changes in physical properties, *Materials and Design*, 30, 4391–4395.
- Hakkou, M., Petrissans, M., Gerardin, P., Zoulalian, A., 2006, Investigations of the reasons for fungal durability of heat-treated beech wood, *Polymer Degradation and Stability*, 91, 393-397.

- Hietala, S., Maunu, S., Sundholm, F., Jamsa, S. Viitaniemi, P., 2002, Structure of thermally modified wood studied by liquid state NMR measurements, *Holzforschung*, 56(5), 522-528.
- Hill, C.A.S., 2006, *Wood Modification, Chemical, Thermal and Other Processes*, John Wiley & Sons Inc., ISBN-10: 0-470-02172-1.
- Hill, C.A.S., 2011, Wood Modification: An Update, *Bioresources*, 6(2), 918-919.
- Jamsa, S., Viitaniemi, P., 1998, Heat treatment of wood, Better durability without chemicals, *Nord. Trebeskyttelsesdager*, 44-51.
- Jamsa, S., Viitaniemi, P., 2001, Heat Treatment of Wood- Better Durability without Chemicals, Review on heat treatments of wood, *European Thematic Network for Wood Modification*, BFH, Hamburg, Germany, ISBN: 3- 926 301- 02-3.
- Janka, G., 1990, Untersuchungen über die Elastizität und Festigkeit der Österr, Bau hölzer, I.Fichte, *Mitt. Vers.- Wes. Öst. H. 25*, Wien.
- Johansson, D., 2005, Drying and Heat Treatment of Wood: Influences on internal checking, in *Proceedings of the 3rd Nordic Drying Conference*, Karstad, Sweden.
- Johansson, D., 2006, Influence of drying on internal checking of spruce (*Picea abies* L.) heat treated at 212°C, *Holzforschung*, 60, 558-560.
- Johansson D., Moren T., 2006, The potential of colour measurement for strength prediction of thermally treated wood, *Holz als Roh – und Werkstoff* 64(2):104–110.
- Johansson, D., 2008, *Heat Treatment of Solid Wood: Effects on Absorption, Strength and Colour*, Doctoral Thesis, Lulea University of Technology, 53, ISSN:1402-1544.
- Kalaycıoğlu, H., 2003, Ahşap zemin döşemeleri montaj ve bakımı, *Parke Dekorasyon Dergisi*, (12): 94-100.

- Kallender, B., Landel, P., 2007, Effects of heat treatment of small clearwood samples on equilibrium moisture content and deformation, *Quality Control for Wood and Wood Products*, COST E 53 Conference, Warsaw, Poland.
- Kandem, D.P., Pizzi, A., Guyonnet, R, Jermannaud, A., 1999, Durability of heat-treated wood, *International Research Group on Wood Protection*, IRG/WP 99-40145, Sweden.
- Kandem, D.P., Pizzi, A., Triboulot, M.C., 2000, Heat-treated timber: potentially toxic byproducts presence and extent of wood cell wall degradation, *Holz als Rohund Werkstoff*, 58, 253–257.
- Kandem, D.P., Pizzi, A., Jermannaud, A., 2002, Durability of heat treated wood, *Holz als Roh und Werkstoff* 60:1-6.
- Kantay, R., 1993, *Kereste Kurutma ve Buharlama*, Ormancılık Eğitim ve Kültür Vakfı, Yayın No: 6, İstanbul.
- Kantay, R., Kartal, S.N., 2007, Isıl İşlem Uygulamaları ve Isıl İşlem Görmüş Ağaç Malzemenin Özellikleri, *Ahşap Yapı Malzemeleri Sektör Dergisi*, 6 (33), 80-89.
- Kayacık, H., 1980, *Orman ve Park Ağaçlarının Özel Sistematiği I. Gymnospermae*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, No: 2642, 7281, İstanbul.
- Kaygın, B., Gündüz, G., Aydemir, D., 2009, Some physical properties of heat-treated paulownia (*Paulownia elongata*) wood, *Drying Technology*, 27 (1), 89-93.
- Kennedy, R.W., 1968, Wood in transverse compression, *Forest Products Journal*, 18, 36-40.
- Keskin, H., Atar, M., Kurt, R., 2003, Lamine Edilmiş Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Odununun Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri, *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi* 6(1), 75-84 .
- Kocaefe, D., Shi, J.L., Yang, D.-Q., Zhang, J., 2007, Preliminary study of thermal treatment effects on mold growth of selected Quebec wood species, *Forest Products Journal*, 57, 30–33.

- Kocaeffe, D., Poncsak, S., Boluk, Y., 2008, Effect of Thermal Treatment on the Chemical Composition and Mechanical Properties of Birch and Aspen, *BioResources*, 3(2), 517-537.
- Kohler, F.E., 2014, <http://caliban.mpiz-koeln.mpg.de/koehler/PINUS.jpg>, [Ziyaret tarihi, 18 Mart 2014].
- Korkut, S., Bakangil, O., 2007, Isıl İşlem Metodları, *WOODWORK Mobilya, Mobilya Yan Sanayi, Mimarlık, Dekorasyon ve Araştırma Dergisi*, 28-34.
- Korkut, 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., Kocaeffe, D., 2009, Isıl İşlemin Odun Özellikleri Üzerine Etkisi, *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi* 5 (2), 11-34.
- Kortelainen, S.M., Antikainen, T., Viitaniemi, P., 2006, The water absorption of sapwood and heartwood of scots pine and norway spruce heat treated at 170, 190, 210 and 230°C, *Holz als Roh und Werkstoff*, 64, 192-197.
- Kotilainen, R., 2000, Chemical changes in wood during heating at 150–260°C, Doctoral Thesis, University of Jyväskylä, Finland.
- Matyas, C., Ackzell, L., Samuel, C.J.A., 2004, Euforgen Technical Guidelines for genetic conservation and use for Scots pine (*Pinus sylvestris*), *International Plant Genetic Resources Institute*, Rome, Italy.
- Mayes, D., Oksanen, O., 2002, *ThermoWood Handbook*, Finnforest, Finland.
- Mc Donald, A. G., Dare, P. H., Gifford, J. S., Steward, D., Riley, S., 2002, Assessments of air emissions from industrial kiln drying of *Pinus radiata* wood, *Holz als Roh- und Werkstoff*, 60, 181-190.
- Merev, N., 2003, *Odun Anatomisi ve Odun Tanıtımı*, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Genel Yayın No: 210, Fakülte Yayın No: 32, K.T.Ü. Basımevi, Trabzon.

- Metsa-Kortelainen, S., 2011, *Differences between sapwood and heartwood of thermally modified Norway spruce (Picea abies) and Scots pine (Pinus sylvestris) under water and decay exposure*, VTT Publications 771, Finland, ISBN 978-951-38-7753-8.
- Metsa-Kortelainen, S., Paajanen, L., Viitanen, H., 2011, Durability of thermally modified Norway spruce and Scots pine in above-ground conditions, *Wood Material Science and Engineering*, 1-7.
- Miller, R.B., 1999, *Wood Handbook- Wood as an engineering material*, Characteristic and availability of commercially important woods, Forest Product Laboratory, FPL-GTR-113, Madison.
- Millett, M.A., Gerhards, G.C., 1972, Accelerated aging: residual weight and flexural properties of wood heated in air at 115 °C to 175 °C, *Wood Science*, 4(4), 193–201.
- Militz, H., Tjeerdsma, B., 2001, Heat Treatment Of Wood By The “Plato-Process”, *European Thematic Network for Wood Modification*, BFH, Hamburg, Germany, ISBN: 3 – 926 301 – 02 – 3.
- Militz, H., 2002, *Thermal treatment of wood: European processes and their background*, International Research Group on Wood Preservation, Cardiff-Wales, 1-17.
- Mohebbi, B., Sanaei, I., 2005, *Influences of the hydro-thermal treatment on physical properties of beech wood (Fagus orientalis)*, International Research Group on Wood Preservation, Doc. No. IRG/WP 05-40303.
- Obataya, E., Tanaka, F., Norimoto, M., Tomita, B., 2000, Hygroscopicity of heat-treated wood 1. Effects of after-treatments on the hygroscopicity of heat-treated wood, *Journal of the Japan Wood Research Society*, 46(2), 77–87.
- Pavlo, B., Niemz, P., 2003, Effect of temperature on color and strength of spruce wood, *Holzforschung*, 57, 539-546.

- Pehlivan, S., 2010, *Sarıçam (Pinus sylvestris L.) Ağaç Hacim Tablolarının Düzenlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Perçin, O., Ayan, S., 2012, Isıl İşlem Uygulanmış Ağaç Malzemede Vida Çekme Direncinin Belirlenmesi, *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 1 (1), 57-68.
- Petric, M., Pavlic, M., Humar, M., Tomazic, M., 2006, Blue staining of coated modified and unmodified wood, *International Research Group on Wood Preservation*, IRG/WP 06-10589.
- Rapp A.O., Sailer, M., 2001, *Oil Heat Treatment Of Wood In Germany- State of The Art*, European Thematic Network for Wood Modification, BFH, Hamburg, Germany, ISBN: 3 – 926 301 – 02 – 3.
- Rowell, R.M., Konkol, P., 1987, *Treatments that enhance physical properties of wood*, Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-55. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory; 12 p.
- Rozsa., M.E., Fortes M.A., 1989, Effects os Water Vapour Heatin on Structure and Properties of Cork, *Wood Science Technology*, 23, 27-34.
- Rusche, H., 1973, Thermal degradation of wood at temperatures up to 200 deg C. I. Strength properties of wood after heat treatment, *Holz als Roh- und Werkstoff*, 31(7), 273–281.
- Santos, J.A., 2000, Mechanical behaviour of eucalyptus wood modified by heat, *Wood Sci. Technol.*, 34, 39-43.
- Saatçioğlu, F., 1976, *Silvikültür I. Silvikültürüm Biyolojik Esasları ve Prensipleri*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, No:2187/222, İstanbul.
- Schnabel, T., Zimmer, B., Petutschnigg, A.J., Schönberger, S., 2007, An approach to classify thermally modified hardwoods by color, *Forest Products Journal*, 57 (9), 105–110.

- Schneider, A., 1971, Investigations on the Influence of Heat Treatment in the temperature Range 100-200°C on modulus of Elasticity, *Holz Roh-u Werkstoff*, 29(11), 431-440.
- Schneider, A., Rusche, H., 1973, Sorption-behaviour of Beech- and Sprucewood after heat treatments in air and in absence of air, *Holz als Roh- und Werkstoff*, 31, 313–319.
- Seborg, R.M., Tarkow, H., Stamm, A.J., 1953, Effect of heat upon the dimensional stabilization of wood, *Journal of the Forest Products Research Society*, 3(3), 59–67.
- Sefil, Y., 2010, *Thermowood Yöntemiyle Isıl İşlem Uygulanmış Göknar ve Kayın Odunlarının Fiziksel ve Mekanik Özellikleri*, Yüksek Lisans, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı.
- Sehlstedt-Persson M., Johansson D., Moren T., 2006, Effect of heat treatment on the microstructure of pine, spruce and birch and the influence on capillary absorption, *5th IUFRO Symposium "Wood Structure and Properties '06"*, Sliac – Sielnica, Slovakia, Sep 3–6 2006, ISBN 80–968869–4–3, 251–255.
- Sinkovic, T., Govorcin, S., Sedlar, T., 2012, Comparison of physical properties of heat treated and untreated hornbeam wood, beech wood, ash wood and oak wood, *Hardwood Science and Technology*.
- Stamm, A.J., Hansen, L.A., 1937, Minimizing wood shrinkage and swelling. Effect of heating in various gases, *Industrial and Engineering Chemistry*, 29(7), 831–833.
- Stamm, A.J., Burr, H.K., Kline, A.A., 1946, Staybwood. Heat stabilized wood, *Industrial and Engineering Chemistry*, 38(6), 630–634.
- Stamm, A.J., 1956, Thermal degradation of wood and cellulose, *Industrial and Engineering Chemistry*, 48(3), 413–417.

- Sundqvist, B., 2004, *Colour changes and acid formation in wood during heating*, Doctoral Thesis, Lulea University of Technology, Skellefteå Campus, Division of Wood Material Science, Skellefteå-Sweden, ISSN 1402-1544.
- Suttie, E., Thompson, J.H.R., 2004, *Opportunities for UK grown timber: Wood Modification State of The Art Review*, DTI Construction Industry Directorate and Forestry Commission, Project Report Number 203-343.
- Şanlı, T., 2008, *Sapsız Meşe (Quercus petraea (Mattuschka) Liebl. subsp. iberica (Steven ex Bieb) Krassiln)'nin Bazı Teknolojik Özellikleri Üzerine Isıl İşlemin Etkileri*, Yüksek Lisans, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Tjeerdsma, B.F., Stevens, M., Militz, H., 2000, Durability aspects of (hydro)thermal treated wood, *International Research Group on Wood Preservation*, Doc. No. IRG/WP 00-40160.
- Tjeerdsma, B.F., 2006, Heat treatment of wood- thermal modification, University of Limerick, *Coford Seminar on Wood Modification: Opportunities and Challenges*, 9 February 2006, Dublin- Ireland.
- Toker, R., 1960, *Batı Karadeniz Sarıçamının Teknik Vasıfları Ve Kullanma Yerleri Hakkında Araştırmalar*, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi: 10.
- TS 2470, 1976, *Odunda fiziksel ve mekaniksel deneyler için numune alma metotları ve genel özellikleri*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Kasım.
- TS 2472, 1976, *Odunda, fiziksel ve mekaniksel deneyler için birim hacim ağırlığı tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Kasım.
- TS 4083, 1983, *Odunda radyal ve teğet doğrultuda çekmenin tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Aralık.
- TS 4084, 1983, *Odunda radyal ve teğet doğrultuda şişmenin tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Aralık.

- TS 4085, 1983, *Odunda hacimsel çekmenin tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Aralık.
- TS 4086, 1983, *Odunda hacimsel şişmenin tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Aralık.
- Ünsal, Ö., Ayrılmış, N. 2005, Variations in compression strength and surface roughness of heat-treated Turkish river red gum (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) wood, *Journal of Wood Science*, 51, 405–409.
- Ünsal, Ö., Korkut, S., Atik, C., 2003, The effect of heat treatment on some properties and colour in eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* dehn.) wood, *Maderas, Cienciay tecnología*, 5(2), 145-152.
- Ünsal, Ö., Kartal, S.N., Candan, Z., Arango, R.A., Clausen, C.A., Green, F., 2009, Decay and termite resistance, water absorption and swelling of thermally compressed wood panels, *International Biodeterioration & Biodegradation*, 63, 548–552.
- Vernois, M., 2001, *Heat Treatment Of Wood in France- State of Art*, Proceedings of Special Seminar held in Antibes, France.
- Viitanen, H., Jamsa, S., Paajanen, L., Nurmi, A., Viitaniemi, P., 1994, The effect of Heat Treatment on the Properties of Spruce, *IRG/WP/40032 Annual Meeting*, Section 4, 1-4, Indonesia.
- Viitaniemi, P., Jamsa, S., 1996, *Modification of wood with heat treatment*, VTT Building Technology, Espoo: VTT Publications 814, Finland.
- Viitaniemi P., 1997, Decay resistant wood created in a Heating process, *Industrial Horizons*, 23 December 1997.
- Viitaniemi, P., Jamsa, S., Koskela, K., Paajanen, L., Vuorinen, T., Maunu, S., Paakkari, T., 2002, Reaction mechanisms of modified wood, *Finnish Forest Cluster Reseach Programme WOOD WISDOM (1998-2001)*, Final report. Paavilainen, L. (ed.). Helsinki-Finland., pp.185 – 192.

- Vital, B. R., Lucia, M. D., 1983, Effect of heating on some properties of Eucalyptus saligna Wood, *Revista- Arvore*, 7(2): 136-146.
- Voss, K., 1952, Heat treatment of hardboards, *Holz Roh-u. Werkstoff*, 10 (8), 299-305.
- Weiland, J.J., Guyonnet, R., 2003, Study of chemical modifications and fungi degradation of thermally modified wood using DRIFT spectroscopy, *Holz als Roh- und Werkstoff*, 61, 216–220.
- Welzbacher, C.R., Rapp, A.O., 2002, Comparison of thermally treated wood originating from four industrial scale processes-durability, *International Research Group on Wood Preservation*, Doc. No. IRG/WP 02-40229.
- Welzbacher, C.R., Rapp, A.O., 2005, Durability of heat treated materials from industrial processes in ground contact, *IRG/WP 05-40312*, Sweden.
- Welzbacher, C.R., Brischke, C., Rapp, A.O., 2007, Influence of treatment temperature and duration on selected biological, mechanical, physical and optical properties of thermally modified timber, *Wood Material Science and Engineering*, 2, 66–76.
- Yaltrık, F., Efe, A., 2000, *Dendroloji Ders Kitabı, Gymnospermae-Angiospermae (Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Öğrencileri İçin)*, İ.Ü Yayın No: 4265, Orman Fakültesi Yayın No: 465, İstanbul, ISBN 975-404-594-1.
- Yıldız, S., 2002, *Isıl İşlem Uygulanan Doğu Kayını ve Doğu Ladini Odunlarının Fiziksel, Mekanik, Teknolojik ve Kimyasal Özellikleri*, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Yıldız, Ü.C., Gerçek, Z., Serdar, B., Yıldız, S., Gezer, E.D., Dizman, E., Temiz, A., 2004, The effects of heat treatment on anatomical changes of beech wood, *IRG / WP 04- 40284*, IRG Annual Meeting 6-10 June, Slovenia.
- Yılğör, N., Kartal, S.N., 2010, Heat modification of Wood: Chemical properties and resistance to mold and decay fungi, *Forest Products Journal*, 60(4).

Zaman, A., Alen, R., Kotilainen, R., 2000, Thermal behaviour of Scots pine (*Pinus sylvestris*) and Silver birch (*Betula pendula*) at 200–230°C, *Wood and Fiber Science*, 32, 138–143.

Zohary, M., 1973, *Geobotanical Foundations of the Middle East*, Band 1,2. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

ÖZGEÇMİŞ



Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı	Fatma Diğdem KANGALOĞLU
Uyruğu	T.C.
Doğum tarihi, Yeri	23.10.1987, Fatih/İstanbul
Telefon	0505 410 42 67
E-mail	digdem.kangaloglu@istanbul.edu.tr
Web adres	

Eğitim

Derece	Kurum/Anabilim Dalı/Programı	Yılı
Yüksek Lisans	İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü/Orman Endüstri Mühendisliği /Orman Biyolojisi ve Odun Koruma Teknolojisi	
Lisans	İ.Ü. Orman Fakültesi/Orman Endüstri Mühendisliği	2010
Lise	Fahrettin Kerim Gökay Anadolu Lisesi	2005