KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

FARKLI AĞAÇ TÜRLERİNDEN ELDE EDİLMİŞ TEK ve ÇİFT SIRA ZIMBALI BİRLEŞTİRME YERLERİNİN YANAL MAKASLAMA DİRENÇ DEĞERLERİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Orman End. Müh. Gamze KALAYCI

HAZİRAN 2019
TRABZON

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

FARKLI AĞAÇ TÜRLERİNDEN ELDE EDİLMİŞ TEK ve ÇİFT SIRA ZIMBALI BİRLEŞTİRME YERLERİNİN YANAL MAKASLAMA DİRENÇ DEĞERLERİNİN İNCELENMESİ

Gamze KALAYCI

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

"ORMAN ENDÜSTRİ YÜKSEK MÜHENDİSİ"

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20 / 05 /2019

Tezin Savunma Tarihi : 17 / 06 /2019

Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Samet DEMİREL

Trabzon 2019

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında
Gamze KALAYCI Tarafından Hazırlanan

FARKLI AĞAÇ TÜRLERİNDEN ELDE EDİLMİŞ TEK ve ÇİFT SIRA ZIMBALI BİRLEŞTİRME YERLERİNİN YANAL MAKASLAMA DİRENÇ DEĞERLERİNİN İNCELENMESİ

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 28 / 05 / 2019 gün ve 1806 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Nurgül AY .....

Üye : Prof. Dr. Selim ŞEN .....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Samet DEMİREL .....

Prof. Dr. Asim KADIOĞLU
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

‘‘Farklı Ağaç Türlerinden Elde Edilmiş Tek ve Çift Sıra Zımbalı Birleştirme Yerlerinin Yanal Makaslama Direnç Değerlerinin İncelenmesi’’ adlı bu çalışma KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek Lisans tez danışmanlığımı üstlenerek tez konusunun belirlenmesi ve çalışmaların yürütülmesinde bana yol gösteren, içerik ve kaynak bakımından destek sağlayan ve laboratuvar çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Dr. Öğr. Üyesi Samet DEMİREL’ e, yine çalışmanın yürütülmesi sırasında değerli fikir ve görüşleri ile beni yönlendiren ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ASLAN, Dr. Öğr. Üyesi Önder TOR’ a ve ayrıca tez çalışmam sırasında ve yardımları ile çalışmamı kolaylaştıran değerli arkadaşlarım Arş. Gör. Abdullah Uğur BİRİNCİ, Orman Endüstri Mühendisi Seda BAŞ ve Sema BEYKOZ’ a teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, bugünlere ulaşmamda bana her türlü maddi ve manevi desteği veren babam Mustafa KALAYCI, annem Ayşe KALAYCI, ağabeyim İsmail KALAYCI, ablalarım Elif KALAYCI ve Yeşim KALAYCI’ ya müteşekkir olduğumu belirtmek isterim.

Gamze KALAYCI
Trabzon, 2019

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Farklı Ağaç Türlerinden Elde Edilmiş Tek ve Çift Sıra Zımbalı Birleştirme Yerlerinin Yanal Makaslama Direnç Değerlerinin İncelenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Samet DEMİREL sorumluluğunda tamamladığımı, örnekleri kendim topladığımı, deneyleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 17/06/2019

Gamze KALAYCI

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ IV
İÇİNDEKİLER V
ÖZET IX
SUMMARY X
ŞEKİLLER DİZİNİ XI
TABLOLAR DİZİNİ XV
1. GENEL BİLGİLER 1
1.1. Giriş 1
1.2. Birleştirme Yöntemleri 3
1.2.1. Birleştirme Yeri Üyeleri Kökenli Birleştirmeler (Kendinden Birleştirme Yerleri) 4
1.2.1.1. Lambalı Kinişli (zıvana) Birleştirme 4
1.2.1.2. Kinişli Paylı Birleştirme 4
1.2.1.3. Kinişli Yabancı Çıtalı Birleştirme 5
1.2.1.4. Kinişli Yabancı Çıtalı Gönyeburun Birleştirme 5
1.2.1.5. Kinişli Kendinden Çıtalı Gönyeburun Birleştirme 6
1.2.1.6. Kinişli 90º Çıtalı Gönyeburun Birleştirme 6
1.2.1.7. Düz Kanal Birleştirme 7
1.2.1.8. Kırlangıç Kuyruğu Kanal Birleştirme 7
1.2.2. Bağlantı Elemanları 8
1.2.2.1. Köşe Bağlantı Elemanları 9
1.2.2.2. Karyola Bağlantı Parçaları (Karyola Menteşesi) 9
1.2.2.3. Çektirmeler 10
1.2.2.4. Raf Tutucu (VB) Eksantrik Bağlantı Elemanı 10
1.2.2.5. Minifix (Rastex) Eksantrik Bağlantı Elemanları 11
1.2.2.6. Kelebek Somunlar 11
1.2.2.7. Bağlantı Köşebentleri 12
1.2.2.8. Gövde (Trapez) Bağlantı Elemanı 12
1.2.2.9. Modül Bağlantı Elemanları 13
1.2.2.10. Ay Bağlantı Elemanları 13
1.2.2.11. Özel Bağlantı Elemanları 14

1.2.2.12. Zımbalar 14
1.3. Literatür Araştırması 15
2. MATERYAL ve YÖNTEM 18
2.1. Deneysel Tasarım 19
2.2. Test 20
2.3. İstatistik Analiz 21
3. BULGULAR 22
3.1. Fiziksel Özellikler 22
3.2. Tek Sıra Zımbalı Sarıçam Birleştirme Örnekleri 22
3.2.1. Tek Sıralı İki Zımbalı Sarıçam Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 22
3.2.2. Tek Sıralı Üç Zımbalı Sarıçam Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 24
3.2.3 Tek Sıralı Dört Zımbalı Sarıçam Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 25
3.3. Tek Sıra Zımbalı Kızılağaç Birleştirme Örnekleri 27
3.3.1. Tek Sıralı İki Zımbalı Kızılağaç Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 27
3.3.2. Tek Sıralı Üç Zımbalı Kızılağaç Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 28
3.3.3. Tek Sıralı Dört Zımbalı Kızılağaç Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 29
3.4. Tek Sıralı Zımbalı Kayın Birleştirme Örnekleri 31
3.4.1. Tek Sıralı İki Zımbalı Kayın Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 31
3.4.2. Tek Sıralı Üç Zımbalı Kayın Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 32
3.4.3. Tek Sıralı Dört Zımbalı Kayın Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 33
3.5. İki Sıra Zımbalı Sarıçam Birleştirme Örnekleri 35
3.5.1. İki Sıralı İki Zımbalı Sarıçam Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 35
3.5.2. İki Sıralı Dört Zımbalı Sarıçam Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 36
3.5.3. İki Sıralı Altı Zımbalı Sarıçam Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 37
3.5.4. İki Sıralı Sekiz Zımbalı Sarıçam Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 38
3.6. İki Sıra Zımbalı Kızılağaç Birleştirme Örnekleri 39
3.6.1. İki Sıralı İki Zımbalı Kızılağaç Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 39
3.6.2. İki Sıralı Dört Zımbalı Kızılağaç Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 40
3.6.3. İki Sıralı Altı Zımbalı Kızılağaç Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 41
3.6.4. İki Sıralı Sekiz Zımbalı Kızılağaç Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 42
3.7. İki Sıra Zımbalı Kayın Birleştirme Örnekleri 43
3.7.1. İki Sıralı İki Zımbalı Kayın Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 43
3.7.2. İki Sıralı Dört Zımbalı Kayın Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 44
3.7.3. İki Sıralı Altı Zımbalı Kayın Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 45

3.7.4. İki Sıralı Sekiz Zımbalı Kayın Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 46
3.8. İki Sıra Zımba ve Tutkallı Kızılağaç Birleştirme Örnekleri 47
3.8.1. İki Zımbalı ve Tutkallı Kızılağaç Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 47
3.8.2. Dört Zımbalı Tutkallı Kızılağaç Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 48
3.8.3. Altı Zımbalı Tutkallı Kızılağaç Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 49
3.8.4. Sekiz Zımbalı Tutkallı Kızılağaç Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 50
3.9. Tutkallı Zımbalı Kızılağaç Birleştirme Örnekleri (Kayın Takozlu Birleştirme Yerleri) 52
3.9.1. İki Zımbalı Tutkallı Kızılağaç Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 52
3.9.2. Dört Zımbalı Tutkallı Kızılağaç Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 53
3.9.3. Altı Zımbalı Tutkallı Kızılağaç Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 53
3.9.4. Sekiz Zımbalı Tutkallı Kızılağaç Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 54
3.10. Tutkallı ve Zımbalı Sarıçam Birleştirmeler 56
3.10.1. İki Zımbalı Tutkallı Sarıçam Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 56
3.10.2. Dört Zımbalı Tutkallı Sarıçam Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 57
3.10.3. Altı Zımbalı Tutkallı Sarıçam Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 58
3.10.4. Sekiz Zımbalı Tutkallı Sarıçam Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 60
3.11. Tutkallı Zımbalı Kayın Birleştirme Örnekleri 62
3.11.1. İki Zımbalı Tutkallı Kayın Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 62
3.11.2. Dört Zımbalı Tutkallı Kayın Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 63
3.11.3. Altı Zımbalı Tutkallı Kayın Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 64
3.11.4. Sekiz Zımbalı Tutkallı Kayın Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 65
3.12. Sadece Tutkallı Birleştirme Örnekleri 67
3.12.1. Sadece Tutkallı Sarıçam Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 67
3.12.2. Sadece Tutkallı Kızılağaç Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 68
3.12.3. Sadece Tutkallı Kayın Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi 69
3.13. Birleştirme Yeri Ayrılma Biçimleri 72
4. TARTIŞMA 75
4.1. Tek Sıra Zımbalı Birleştirmeler 75
4.1.1. Ağaç Malzeme Türü Etkisi 76
4.1.2. Zımba Sayısı Etkisi 77
4.2. Çift Sıra Zımbalı Birleştirmeler 78
4.2.1. Ağaç Malzeme Türü Etkisi 79
4.2.2. Zımba Sayısı Etkisi 80
4.3. Tahmin Denklemleri 81

4.3.1. Tek Sıralı Zımba Birleştirmeleri İçin 81
4.3.2. Tahmini Denklem Karşılaştırmaları 87
4.4. Çift Sıralı Zımba Birleştirmeleri İçin 88
4.5. Sadece Tutkallı Birleştirme Yerleri 90
4.6. Ortalama Maksimum Yanal Yük Değerleri ve Karşılaştırması 90
4.7. Sadece Tutkallı Birleştirme Yerleriyle Tutkallı Çift Sıra Zımbalı Birleştirme Yerlerinin İstatistiksel Kıyaslanması 91
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 95
6. KAYNAKLAR 99
ÖZGEÇMİŞ

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

FARKLI AĞAÇ TÜRLERİNDEN ELDE EDİLMİŞ TEK ve ÇİFT SIRA ZIMBALI BİRLEŞTİRME YERLERİNİN YANAL MAKASLAMA DİRENÇ DEĞERLERİNİN İNCELENMESİ

Gamze KALAYCI

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Samet DEMİREL
2019, 100 Sayfa

Bu tez çalışmasında tek zımbalı, tek sıra (2, 3, 4) çoklu zımbalı, çift sıra (2, 4, 6, 8) çoklu zımbalı sarıçam, kızılağaç ve kayından üretilen birleştirme yerlerinin maksimum yanal makaslama dirençleri araştırılmış. Kayın ağacından üretilen tek sıra 4 zımbalı birleştirme yerlerinin yanal makaslama direnç değeri, diğer ağaç türlerinden üretilenlerden istatistiksel olarak daha yüksek çıktığını göstermiştir. Genel itibariyle bu ilişki tek sıra 3 zımbalı ve 2 zımbaları birleştirme yerlerinde de geçerlidir. İki sıra zımbalı birleştirme yerlerinde de 8 zımbalı kayın birleştirme yerlerinin direnç değerleri, kızılağaç ve sarıçamdan üretilen birleştirme yerlerinkinden istatistiksel olarak daha yüksek çıkmıştır. Bu istatistiksel fark durumu çift sıra 6 zımbalı birleştirme yerlerinde aynı olup 4 zımbalıda daha az, 2 de ise tamamen ortadan kalkmaktadır. Tek ve çift sıra zımbalı birleştirme yerlerinde zımba sayısının sırasıyla 2'den 4'e birer ve 2 den 8'e ikişerli artması birleştirme yerlerinin maksimum yanal makaslama dirençlerini istatistiki olarak artırmıştır. Sadece tutkallı birleştirme yerleri arasındaki ilişki yoğunluğu en yüksek kayın birleştirme yerleri en yüksek direnç değerini verirken bunu istatistiki olarak sırasıyla kızılağaç ve sarıçam takip etmiştir. Tutkallı zımbalı birleştirme yerlerinde ise benzer ilişki söz konusudur. Tek sıra zımbalı birleştirme yerleri için türetilen tahmin denklemleri makul sonuçlar verip aynı denklemlerin 1,7 ile çarpımı sonucu elde edilen denklemlerde çift sıra zımbalı birleştirme yerleri için makul sonuçlar vermiştir.

Anahtar Kelimler: Zımba, Birleştirme yeri, Makaslama, Kayın, Kızılağaç, Sarıçam, Tahmin Denklemleri

Master Thesis

SUMMARY

INVESTIGATION OF LATERAL SHEAR RESISTANCE OF ONE AND TWO ROW MULTI STAPLE JOINTS CONSTRUCTED FROM DIFFERENT WOOD SPECIES

Gamze KALAYCI

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Forest Industrial Engineering Department
Supervisor: Dr. Öğr. Üyesi Samet DEMİREL
2019, 100 Pages

In this thesis, the lateral shear resistances of one-row (2, 3, 4) and two row (2, 4, 6, 8) multi-staple joints constructed from scotch pine, alder and beech wood were investigated. The lateral shear resistances of the one-row 4 staple joints constructed from beech wood were statistically higher than those manufactured from other wood species. In general, this relationship is valid for one-row 3 staples and 2 staples joints. The lateral shear resistances of two-row 8-staple beech joints were statistically higher than those of the joints constructed from alder and scotch pine. This statistical difference situation is the same in two rows 6 staple joints and less in 4-staple joints but totally gone in 2-staple joints. The increase in the number of staples from 2 to 4 with an increment one for one-row joints and 2 to 8 with an increment two for two row joints increased the maximum lateral shear strengths of the joints. While the beech joints with the highest relation density between the only glued joints have the greatest resistance value and they are statically followed by alder and scotch pine respectively. The glued and stapled joints have a similar trend as well. The prediction equations derived for one-row stapled joints yield reasonable results and the equations obtained by multiplying the same equations by 1,7 yielded reasonable results for two-row stapled joints.

Key Words: Staples, Joint, Shear, Beech, Alder, Scotch pine, Estimation Equations

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Döşenmiş bir koltuk iskeletinin çıplak ve kaplanmış hali 2
Şekil 2. Zımba ile birleştirilmiş bir koltuk iskeleti, b) zımba ile birleştirilmiş koltuk ön kayıt ve kol ön dikme 3
Şekil 3. Lambalı kinişli (zıvana) Birleştirme 4
Şekil 4. Kinişli paylı Birleştirme 5
Şekil 5. Kinişli yabancı çıtalı birleştirme 5
Şekil 6. Kinişli yabancı çıtalı gönyeburun birleştirme 6
Şekil 7. Kinişli kendinden çıtalı gönyeburun birleştirme 6
Şekil 8. Kinişli 90^{o} çıtalı gönyeburun birleştirme 7
Şekil 9. Düz kanal birleştirme 7
Şekil 10. Kırlangıç kuyruğu kanal birleştirme 8
Şekil 11. Köşe bağlantı elemanı ve bağlanışı 9
Şekil 12. Karyola bağlantı parçaları (Karyola menteşesi) 10
Şekil 13. Çektirmeler 10
Şekil 14. Raf tutucu (VB) eksantrik bağlantı elemanı 11
Şekil 15. Minifix (Rastex) eksantrik bağlantı elemanları 11
Şekil 16. Kelebek somunlar 12
Şekil 17. Bağlantı köşebentleri 12
Şekil 18. Gövde (Trapez) bağlantı elemanı 13
Şekil 19. Modüler bağlantı elemanı 13
Şekil 20. Ay bağlantı elemanları 14
Şekil 21. Özel bağlantı elemanları 14
Şekil 22. Tek sıralı-zımbalı örneklerin yerleşme biçimi 19
Şekil 23. İki sıralı-zımbalı örneklerin yerleşme biçimi 20
Şekil 24. MTS Universal test cihazında örneğin test edilişi 21
Şekil 25: Zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi 23
Şekil 26: Tek sıralı iki zımbalı sarıçam örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği 23
Şekil 27. Tek sıralı üç zımbalı sarıçam örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği 24
Şekil 28: Zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi 24
Şekil 29. Takozu oluşturan tabakalar arası makaslama (a), Zımbanın ana malzemeden ayrılması (b) 25

Şekil 30. Tek sıralı 4 zımbalı sarıçam örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği..... 26
Şekil 31. Zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi 27
Şekil 32. Tek sıralı iki zımbalı kızılağaç örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği 28
Şekil 33. Zımbanın ana malzemeden çıkması ve zımba tellerinin eğilmesi 28
Şekil 34. Tek sıralı üç zımbalı kızılağaç örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği 29
Şekil 35. Takozun tabakaları arasında makaslama..... 29
Şekil 36. Tek sıralı dört zımbalı kızılağaç örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği30
Şekil 37. Zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi 31
Şekil 38. Tek sıralı iki zımbalı kayın örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği 32
Şekil 39. Zımbanın ana malzemeden çıkışı zımba tellerinin eğrilmesi (a), Takozda ezik oluşumu (b) 33
Şekil 40. Tek sıralı üç zımbalı kayın örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği..... 33
Şekil 41. Zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğrilmesi (a), Ana malzemede ve takozda ezikler oluşma (b) 34
Şekil 42. Tek sıralı dört zımbalı kayın örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği.... 34
Şekil 43. İki zımbalı sarıçam örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği 36
Şekil 44. Zımbanın ana malzemeden ayrılması 36
Şekil 45. Dört zımbalı sarıçam örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği..... 37
Şekil 46. Ana malzemeden kırılma (a), Zımbanın ana malzemeden ayrılması (b)..... 37
Şekil 47. Altı zımbalı sarıçam örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği..... 38
Şekil 48. Sekiz zımbalı sarıçam örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği 38
Şekil 49. İki zımbalı kızılağaç örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği..... 40
Şekil 50. Dört zımbalı kızılağaç örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği..... 40
Şekil 51. Takozda ezikler oluşma 41
Şekil 52. Altı zımbalı kızılağaç örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği..... 41
Şekil 53. Takoz tabakaları arasında makaslama..... 42
Şekil 54. Sekiz zımbalı kızılağaç örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği 42
Şekil 55. İki zımbalı kayın örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği 44
Şekil 56. Ana malzemeden kırılma 44
Şekil 57. Dört zımbalı kayın örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği 45
Şekil 58. Altı zımbalı kayın örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği 45
Şekil 59. Sekiz zımbalı kayın örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği..... 46

Şekil 60. İki zımbalı tutkallı kızılağaç örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği 47
Şekil 61. Tabakalar arası makaslama (a), Birleştirme yerinden kopma (b) 48
Şekil 62. Dört zımbalı tutkallı kızılağaç örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği . 49
Şekil 63. Altı zımbalı tutkallı kızılağaç örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği .. 49
Şekil 64. Sekiz zımbalı tutkallı kızılağaç örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği 50
Şekil 65. Zımbanın ana malzemeden ayrılması 52
Şekil 66. İki zımbalı tutkallı kızılağaç örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği 52
Şekil 67. Dört zımbalı tutkallı kızılağaç örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği 53
Şekil 68. Zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi 54
Şekil 69. Altı zımbalı tutkallı kızılağaç örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği .. 54
Şekil 70. Sekiz zımbalı tutkallı kızılağaç örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği 55
Şekil 71. Zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi 55
Şekil 72. Zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi 57
Şekil 73. İki zımbalı tutkallı sarıçam örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği 57
Şekil 74. Birleştirme yerinden ayrılma 58
Şekil 75. Dört zımbalı tutkallı sarıçam örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği ... 58
Şekil 76. Altı zımbalı tutkallı sarıçam örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği 59
Şekil 77. Zımbanın ana malzemeden ayrılması ve zımba tellerinin eğilmesi (a), Ana malzeme ve takozda kırılma (b)..... 59
Şekil 78. Hem takozun belden bükülmesi hem de ana malzemeden kırılma (a), Sadece ana malzemeden kırılma (b), Birleştirme yerinden tutkalın kopması ve zımbanın çıkması (c)..... 60
Şekil 79. Sekiz zımbalı tutkallı sarıçam örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği.. 61
Şekil 80. Zımbanın ana malzemeden ayrılması 62
Şekil 81. İki zımbalı tutkallı kayın örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği..... 62
Şekil 82. Birleştirme yerinden tutkal hattının kopması ve zımbanın ana malzemeden çıkması (a), Takozun (yan malzeme) belden bükülmesi (b)..... 63
Şekil 83. Dört zımbalı tutkallı kayın örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği..... 64
Şekil 84. Birleştirme yerinden tutkal hattının kopması ve zımbanın ana malzemeden çıkması 64
Şekil 85. Altı zımbalı tutkallı kayın örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği..... 65
Şekil 86. Sekiz zımbalı tutkallı kayın örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği 65
Şekil 87. Sekiz zımbalı tutkallı kayın birleştirmeleri ayrılma biçimi 66

Şekil 88. Ana malzeme ve takoz kırılması (a), Birleştirme yerinden ayrılma (b)..... 67
Şekil 89. Sadece tutkallı sarıçam (kayın takoz) örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği..... 68
Şekil 90. Takoz malzemesinin ve ana malzemenin kırılması (a), Birleştirme yerinden ayrılma (b)..... 69
Şekil 91. Sadece tutkallı kızılağaç örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği 69
Şekil 92. Takoz malzemesinin kırılması ve belden bükülmesi (a), Birleştirme yerinden ayrılma (b), Ana malzemenin ve takoz malzemesinin kırılması (c) 70
Şekil 93. Sadece tutkallı kayın (kayın takoz) örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği..... 71
Şekil 94. Tipik bir sadece tutkallı birleştirme yerlerine ait yük-yer değiştirme grafiği. 90

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Ağaç malzemelerin yoğunluk ve rutubet değerleri 18

Tablo 2. Ağaç malzeme yoğunluk değerlerinin istatistiksel kıyaslanması 22

Tablo 3. Tek sıra sarıçam örneklerinin maksimum direnç değerleri ve ortalama değerleri 26

Tablo 4. Tek sıra kızılağaç örneklerinin maksimum direnç değerleri ve ortalama değerleri 30

Tablo 5. Tek sıra kayın örneklerinin maksimum direnç değerleri ve ortalama değerleri 35

Tablo 6. Tüm sarıçam maksimum direnç değerleri ve ortalama değerleri..... 39

Tablo 7. Tüm kızılağaç örnekleri maksimum direnç değerleri ve ortalama değerler 43

Tablo 8. Tüm kayın maksimum direnç değerleri ve ortalama değerleri 47

Tablo 9. Tüm kızılağaç örnekleri maksimum direnç değerleri ve ortalama değerleri 51

Tablo 10. Tüm kızılağaç maksimum direnç değerleri ve ortalama değerleri..... 56

Tablo 11. Tüm sarıçam maksimum direnç değerleri ve ortalama değerleri..... 61

Tablo 12. Tüm tutkalı kayın örneklerinin maksimum direnç değerleri ve ortalama değerleri 66

Tablo 13. Kayın takozlu sadece tutkallı sarıçam kızılağaç ve kayın örneklerinin maksimum direnç değerleri ve ortalama değerleri..... 71

Tablo 14. Birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimleri..... 73

Tablo 15. Tek sıra zımba ile birleştirilmiş mobilya birleştirme yerlerine ait ortalama yanal makaslama direnci değerleri ve varyans sabiti değerleriyle birlikte. 75

Tablo 16. Her bir 10 tekrarlı her bir örnek grubuna ait 3'e 3 tek sıra zımbalı birleştirme yerlerinin ana etkileri ve etkileşimleri için genel doğrusal model değerleri..... 75

Tablo 17. Tek sıra zımbalı birleştirmelere ait ortalama yanal makaslama değerlerinin ağaç türüne göre kıyaslanması 76

Tablo 18. Tek sıra zımbalı birleştirmelere ait ortalama yanal makaslama değerlerinin zımba sayısına göre kıyaslanması 76

Tablo 19. Çift sıra zımba ile birleştirilmiş mobilya birleştirme yerlerine ait ortalama maksimum yanal makaslama direnci değerleri ve varyans sabiti değerleriyle birlikte 78

Tablo 20. Her bir 10 tekrarlı örnek grubuna ait 3'e 3 çift sıra zımbalı birleştirme yerlerinin ana etkileri ve etkileşimleri için genel doğrusal model prosedür değerleri 78

Tablo 21. Çift sıra zımbalı birleştirmelere ait ortalama maksimum yanal makaslama değerlerinin ağaç türüne göre kıyaslanması 79

Tablo 22. Çift sıra zımbalı birleştirmelere ait ortalama maksimum yanal makaslama değerlerinin zımba sayısına göre kıyaslanması 79

Tablo 23. Her bir ağaç türü materyali için, (buradaki değerler Sarıçam içindir) 60 yanal makaslama testi sonucu elde edilen maksimum yük değerlerinin regresyon analizi için düzenleniş şekli 82

Tablo 24. Zımba sayısının ve maksimum yanal yük değerlerinin sarıçam için Log 10 değerine çevrilmesi 82

Tablo 25. Sarıçam verilerinin doğrusal regresyon analizi sonuçları 83

Tablo 26. Üç farklı ağaç malzemede dikey bir sıra olarak hizalanmış çoklu zımba ile bağlanmış birleştirme yerlerine ait ortalama maksimum yanal direnç yüklerinin ortalama değerleri ile tahmin denklemleri için türetilmiş denklemler için regresyon sabitleri, r^2 ve p değerleri 84

Tablo 27. Her bir ağaç türüne ait tek zımba maksimum yanal makaslama değerlerinin, zımba sayısının ve tek sıralı çok zımba maksimum yanal makaslama değerlerinin regresyon analizi için logaritmalarının alınmış halleri 85

Tablo 28. Üç farklı ağaç malzemenin yoğunluğu, zımba sayısı ve çoklu zımba maksimum yanal yükünün logaritmik dönüşümleri 86

Tablo 29. Üç farklı ağaç malzemede tek sıra dikey hizalanmış çoklu zımba birleşme yerlerinin tahmini maksimum yanal makaslama direnç yüklerinin, gözlemlenen değerler ile denklemler (1), (4), (5) kullanılarak karşılaştırılması 87

Tablo 30. Çift sıralı zımba ile birleştirilmiş birleştirmenin tek sıralı zımba ile birleştirilmiş birleştirmelerin karşılaştırılması 88

Tablo 31. Ortalama maksimum yanal makaslama direnç değerleri tahmini olarak hesaplanmış olup bu değerler gerçek ortalama maksimum yanal makaslama direnci değerleriyle kıyaslanması 89

Tablo 32. Sadece tutkallı birleştirme yerlerine ait maksimum yanal yük değerleri ve bu değerlerin varyans sabitleri 91

Tablo 33. Sadece tutkallı birleştirme yerlerine ait ortalama maksimum yanal makaslama direnci değerlerinin kıyaslanması 91

Tablo 34. Sadece tutkallı ve tutkallı zımbalı birleştirme yerlerinin kıyaslanması 93

Tablo 35. Ağaç türleri arası kıyaslama 93

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Mobilya, günlük yaşamın her alanında karşılaştığımız, bireyin ve toplumun rahatlığını amaçlayan, insan yaşam kalitesiyle doğrudan bağlantılı, sosyal ve kültürel ihtiyaçlara karşılık gelen, herkesin gereksinim duyduğu ve kullandığı insan yaşamında en gerekli ve tesirli ürünlerden biri olarak tanımlanabilmektedir (TMÜM, 2012). Kültürel yapının gereksinimlerinden biri olan mobilya, farklı fonksiyon, kültür ve zaman aralıklarında toplumların yerleşik hayata geçmeleri ile sadece barınma amacı ve zaruri gereksinimleri gidermek için değil toplumsallaşmanın beraberinde getirdiği bir yapı olarak karşımıza çıkmaktadır (Dizel, 2005).

Mobilyanın ana hammaddesini masif ağaç malzeme ve bu ağaç malzemeden elde edilen kaplama, yonga levha, kontrplak, kontratabla gibi gereçler oluşturmaktadır. Bunlara ek olarak plastik, metal, cam, deri, mermer gibi malzemelere de yer verilmektedir. Ayrıca mobilya yapımında diğer aşamalarda kilit, menteşe, vida, kulp gibi ek malzemelere ve bağlantı malzemelerine gereksinim duyulmaktadır (Özen, 1988). Ülkemizde masif mobilya üretiminde en yaygın kullanılan ağaçların başında kayın ağacı ve sarıçam gelmektedir (Kasal, 2008). Kayın ağacı odununun mobilyada yaygın olarak kullanılmasının sebebi olarak fiziksel ve mekanik özelliklerinin yüksek olması, dayanıklı olması ve işlenme performansının iyi derecede olmasıdır (Berkel, 1970). Ayrıca ülkemizde yaygın bir tür olması ve özellikle Karadeniz bölgesinde doğu kayını türü ile kendine has bir cinsinin olması sebebi ile yıllarca mobilya endüstrisinde en çok kullanılan ağaç türü olması dikkatleri celp etmektedir. Sarıçam ise mobilya endüstrisinde iğne yapraklı ağaçlar içinde en çok kullanılan ibreli ağaç türleri olarak bilinmektedir. Gerek ülkemizde ve gerekse Rusya gibi geniş ormanlara sahip ülkelerden temini kolay olduğu ve hafifliği, dayanıklılığı ve işlenme kolaylığı gibi özelliklerinden dolayı mobilya endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu ağaç türlerinin yanında son yıllarda bu zamana kadar kullanılmış olan ağaç türlerine alternatif olarak Kızılağaç gündeme gelmekte ve kullanılmaktadır. Ayrıca literatür çalışmalarında Kızılağaç türünün mobilyada kullanıldığı belirtilmiştir (Akyüz, 1988).

Mobilya üretiminde malzemelerin, fiziksel ve mekanik direnç özelliklerinin önceden bilinmesi, tasarımcı, üretici ve kullanıcılara teknik, estetik ve ekonomik faydalar sağlamaktadır (Efe, 1994). Mobilya dayanımını belirleyen en önemli unsurlardan biri birleştirme yeri diğeri ise kullanılan malzeme türü olarak bilinmektedir (Demirel, 2012). Şekil 1 döşenmiş bir koltuk mobilya iskeletinin kısmen açık kısmen kaplanmış halini göstermektedir. Birleştirme yöntemi için kullanılan malzemeler mobilyada ürünün sağlamlık ve dayanımını belirleyen unsurlardandır (Efe vd., 2012).

Şekil 1. Döşenmiş bir koltuk iskeletinin çıplak ve kaplanmış hali

Mobilya üretiminde, insanlık tarihinin çok eski dönemlerinden beri kullanılan ahşap birleştirme teknikleri mevcuttur. Zamanla bu teknikler makine üretimine uygun bir biçimde geliştirilmekte ve değişmektedir. Bağlayıcı malzemeler en az iki mobilya parçasını mekanik bir işlem sonucu birbirlerine çektirerek bağlama özelliği olan malzemelerdir (Malkoçoğlu, 1989). Mobilya birleştirmelerinin amacı mobilya üyelerini birbirine bağlamak, geniş kullanım alanları elde etmek ve geride kalmış parçaları değerlendirmektir. Mobilya birleştirme amacı ile kullanılan vidalar, soket vidalar, çiviler cıvatalar ve özel bağlantı elemanları, mekanik bağlantı sağlayan malzemelerdir (Örs vd., 1999). Ayrıca mobilya birleştirmelerinde mobilya parçalarının birleşiminin zor olduğu yerlerde tutkal kullanılmaktadır. Tutkal kullanımı ağaç malzemelerden yapılan mobilya ve yapı malzemelerinde en etkili yöntemlerden biri olarak bilinmektedir. Mobilya birleştirmelerinde tutkal, ahşap malzeme ve metal bağlantı elemanları ile birlikte de kullanılabilmektedir (Burdurlu, 1994).

Şekil 2. Zımba ile birleştirilmiş bir koltuk iskeleti, b) zımba ile birleştirilmiş koltuk ön kayıt ve kol ön dikme

Döşemeli bir mobilya çerçevesinin sağlamlık ve sertlik performansı büyük ölçüde yapısal parçaları bir arada tutan elemanlara bağlıdır. Bu sebeple bağlayıcıların yanal makaslama direnci gibi tutma özelliğinin bilinmesi gerekir. Özellikle ağaç malzemeden üretilmiş iskeletleri oluşturan zımba gibi bağlayıcıların iskelet parçalarını bir arada tutma kapasitesi bilinmektedir. Şekil 2 b' de iskelet ön kayıtı ile ön kol dikme parçasını 45° açı ile birleştiren bir çam koltuk iskeleti gözükmektedir. Bu resim söz konusu birleştirme yerinin oturma esnasında insanların koltuğun kol kısmına uyguladığı yana doğru kuvvet sonucu oluşan makaslama direncine maruz kaldığı bölgeyi gösteren bir örnektir.

1.2. Birleştirme Yöntemleri

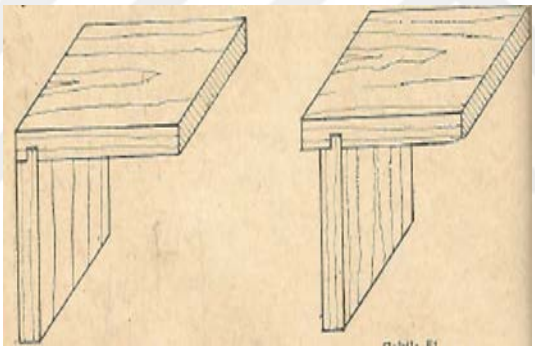
Mobilyada çeşitli birleştirme yöntemleri bulunmaktadır. Bunları iki ana başlık olacak şekilde ayırırsak birleştirme yeri üyeleri kökenli birleştirmeler (kendinden birleştirme yerleri) ve bağlantı elemanları kullanılarak oluşturulan birleştirme yerleri olarak gruplandırılabilirler.

1.2.1. Birleştirme Yeri Üyeleri Kökenli Birleştirmeler (Kendinden Birleştirme Yerleri)

Birleştirme yeri üyeleri kökenli birleştirmeleri (kendinden birleştirme yerleri), lambalı kinişli (zıvana) birleştirme, kinişli paylı birleştirme, kinişli yabancı çıtalı birleştirme, kinişli yabancı çıtalı gönyeburun birleştirme, kinişli kendinden çıtalı gönyeburun birleştirme, kinişli 90^o çıtalı gönyeburun birleştirme, düz kanal birleştirme ve kırlangıç kuyruğu kanal birleştirme olarak sınıflandırılmaktadır.

1.2.1.1. Lambalı Kinişli (Zıvana) Birleştirme

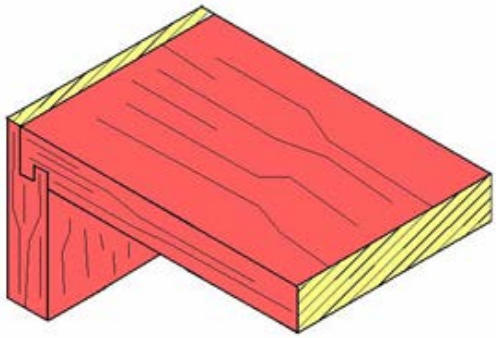
Bu birleştirmede birleştirilecek olan parçaların her ikisine de aynı kanal açma işlemi uygulanır. Kiniş veya lamba açılarak uygulanan bir yöntemdir.



Şekil 3. Lambalı kinişli (zıvana) birleştirme (Malkoçoğlu, 1989)

1.2.1.2. Kinişli Paylı Birleştirme

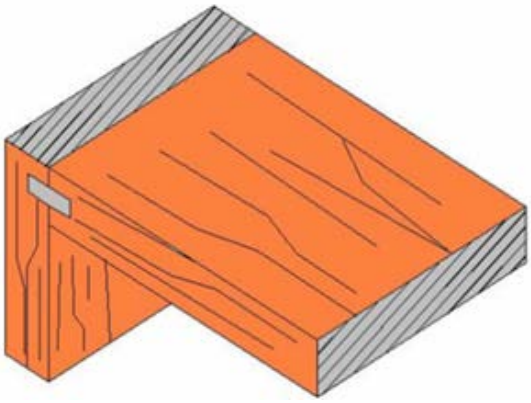
Masif konstrüksiyonlu basit işlerin birçoğunda tercih edilen bir yöntem olarak bilinmektedir. Bu birleştirme yönteminde kiniş derinlikleri parça kalınlığının 1/3'ü veya yarısı kadar yapılabilir. Tutkallama yüzeyi de diğerlerinden biraz fazladır.



Şekil 4. Kinişli paylı birleştirme (URL-1, 2019)

1.2.1.3. Kinişli Yabancı Çıtalı Birleştirme

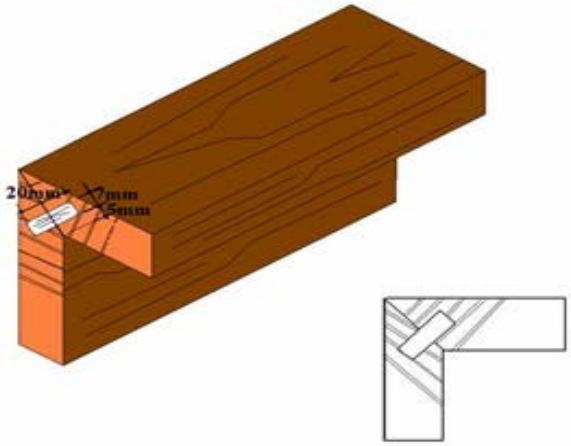
Bu birleştirme yapımı kolaydır. Çünkü birleştirilecek iki parçaya da aynı ebatta iki kiniş açılabilir. Şekil 5'te görüldüğü gibi kinişlerin içine kalınlıkları aynı olacak şekilde kontrplak parçası veya masif çıta konulmaktadır.



Şekil 5. Kinişli yabancı çıtalı birleştirme (URL-1, 2019)

1.2.1.4. Kinişli Yabancı Çıtalı Gönyeburun Birleştirme

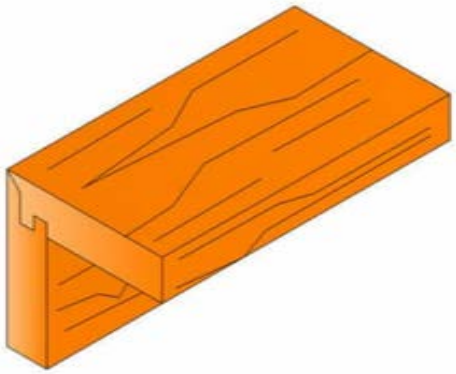
Masif mobilya üretiminde en çok tercih edilen birleştirme yöntemlerinden biridir. Birleştirilecek parçaların içe gelen yüzlerinden tablası veya testeresi 45^{o} eğilebilen daire testere veya freze makinası yardımı ile başlarından pah kırılmaktadır.



Şekil 6. Kinişli yabancı çıtalı gönyeburun birleştirme (URL-1, 2019)

1.2.1.5. Kinişli Kendinden Çıtalı Gönyeburun Birleştirme

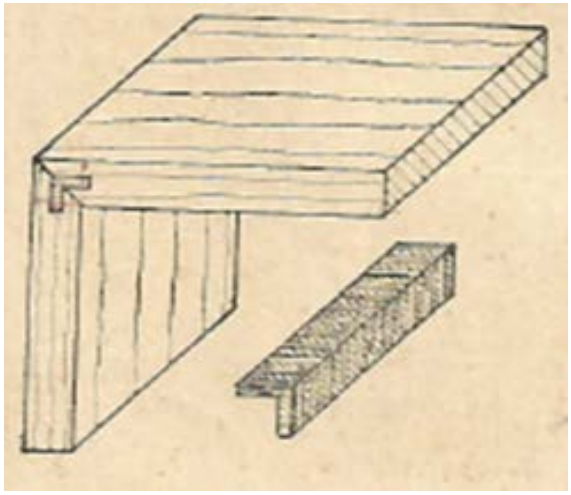
Yatay freze veya daire testere yardımı ile yapılan bir yöntem olmakla birlikte, yapımı zaman alıcı bir yöntem ve sağlam bir birleştirme olmadığı için pek fazla tercih edilmemektedir.



Şekil 7. Kinişli kendinden çıtalı gönyeburun birleştirme (URL-1, 2019)

1.2.1.6. Kinişli 90º Çıtalı Gönyeburun Birleştirme

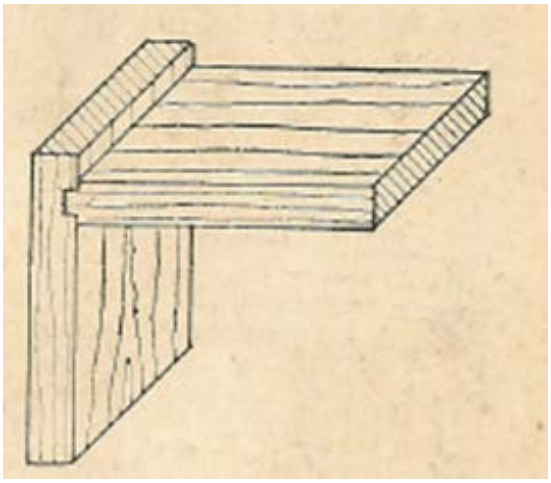
Kinişler içine özel olarak hazırlanan kontrplaktan kesilmiş 90 º çıtalar tutkallanarak hazırlanır. Yapımı kolay ve sağlam olduğu için seri üretim yapan fabrikalarda en çok kullanılan birleştirme yöntemidir.



Şekil 8. Kinişli 90^{o} çıtalı gönyeburun birleştirme (Malkoçoğlu, 1989)

1.2.1.7. Düz Kanal Birleştirme

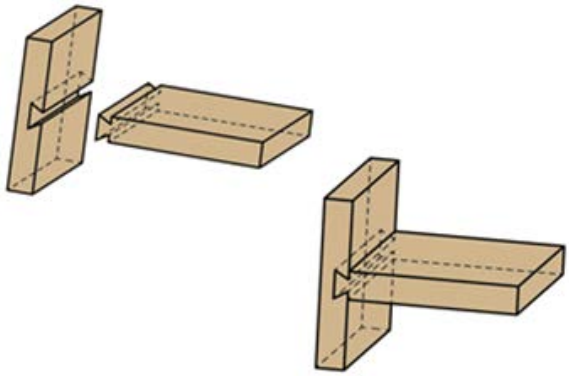
Bileştirilen parçada kiniş derinliği parça kalınlığının yarısı kadar olacak şekilde ayarlanmaktadır. Bunun amacı geçme derinliği ile sağlamlığı arttırmaktır.



Şekil 9. Düz kanal birleştirme (Malkoçoğlu, 1989)

1.2.1.8. Kırlangıç Kuyruğu Kanal Birleştirme

Bu birleştirmede düşey ya da yatay freze makinasında kırlangıçkuyruğu kanal bıçağı kullanılarak kanal açılmaktadır. Dayanıklı ve yapımı zor olmayan bir birleştirmedir.



Şekil 10. Kırlangıç kuyruğu kanal birleştirme (Malkoçoğlu, 1989)

1.2.2. Bağlantı Elemanları

Mobilya endüstrisinde ahşap, metal ve metal-plastik karışımı olmak üzere çeşitli miktarda bağlantı elemanları kullanılmaktadır. Bu bağlantı elemanları işlevsel ve yapısal olarak birçok açıdan avantaja sahiptirler. Bu elemanların bağlantısı tutkal ve/veya mekanik işlemlerle gerçekleştirilmektedir. Malzemede yükseklik ve derinlik gibi özelliklerin ayarlanabilir olması, taşıma ve montajda kolaylık sağlanması, açısal biçim (kalıp) bozulmalarını önlemiş olması gibi etkenler bu bağlantı elemanlarının diğer avantajlarındandır (Malkoçoğlu, 1989; Anonymous, 1992; Doğanay, 1995). Mobilyada kullanılan en yaygın ahşap bağlantı elemanı kavela olup çoğunlukla tutkal yardımıyla bağlanır.

Genel olarak mobilyacılıkta kullanılan metal bağlantı elemanlarının sınıflandırılması şu şekildedir:

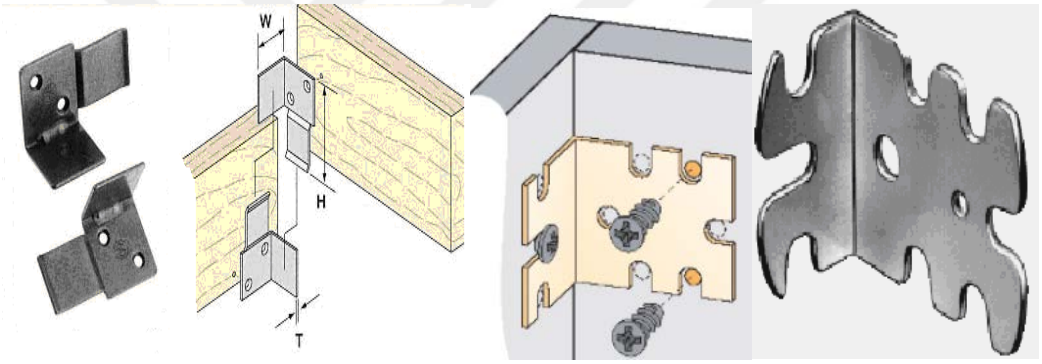
- Köşe bağlantı elemanları
- Karyola bağlantı parçaları (Karyola menteşesi)
- Çektirmeler
- Raf tutucu (VB) eksantrik bağlantı elemanı
- Minifix (Rastex) eksantrik bağlantı elemanları
- Kelebek somunlar
- Bağlantı köşebentleri
- Gövde(Trapez) bağlantı elemanı
- Modül bağlantı elemanları
- Özel bağlantı elemanları

- Ay bağlantı (MEB, 2013)

Ayrıca mobilyada metal bağlantı elemanı olarak çivi, vida, cıvata ve zımba kullanıldığı belirtilmektedir (Perçin, 2009).

1.2.2.1. Köşe Bağlantı Elemanları

Mobilyada, köşe bağlantılarında, raflarda ve bazaların iç bağlantı yerlerinde kullanılan metal bağlantı elemanlarındandır. Bu bağlantı elemanında örtü kapakları plastik olup genellikle Şekil 11'deki gibi üretilmektedirler. Ayrıca bu bağlantı elemanları mobilyaların ek yerlerini sağlamlaştırmak için ve gerektiğinde mobilyanın sökülüp tekrar başka bir yerde birleştirilmesi için kolaylık sağlamaktadır.



Şekil 11. Köşe bağlantı elemanı ve bağlanışı (MEB, 2013)

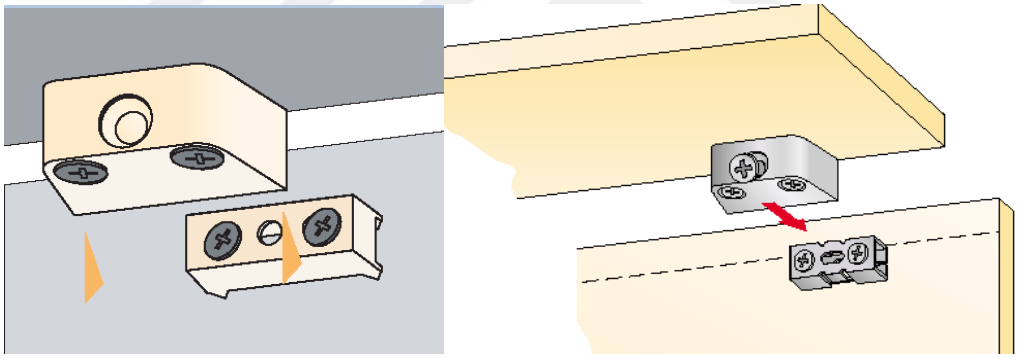
1.2.2.2. Karyola Bağlantı Parçaları (Karyola Menteşesi)

Karyola bağlantıları, karyolaların baş ve ayakuçları ile yan kayıtlarını sökülebilir biçimde birbirine tutturmak amacıyla kullanılan bağlantı elemanlarıdır.

Şekil 12. Karyola bağlantı parçaları (Karyola menteşesi) (MEB, 2013)

1.2.2.3. Çektirmeler

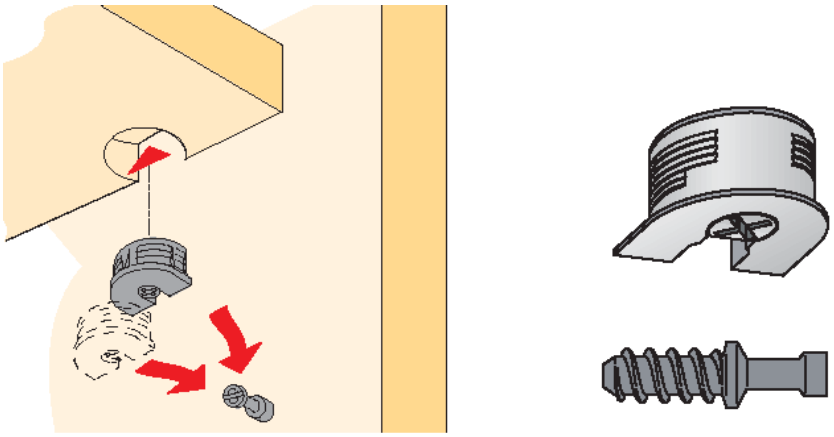
Daha çok tablalarının kapladığı alan çok olan ağır mobilyalarda, elbise dolabı gibi büyük ve ağır mobilyaların köşe bağlantılarında kullanılmaktadırlar. Bağlantı iki tabla birbirine çektirilerek ve yaklaştırılarak sağlanmaktadır.



Şekil 13. Çektirmeler (MEB, 2013)

1.2.2.4. Raf Tutucu (VB) Eksantrik Bağlantı Elemanı

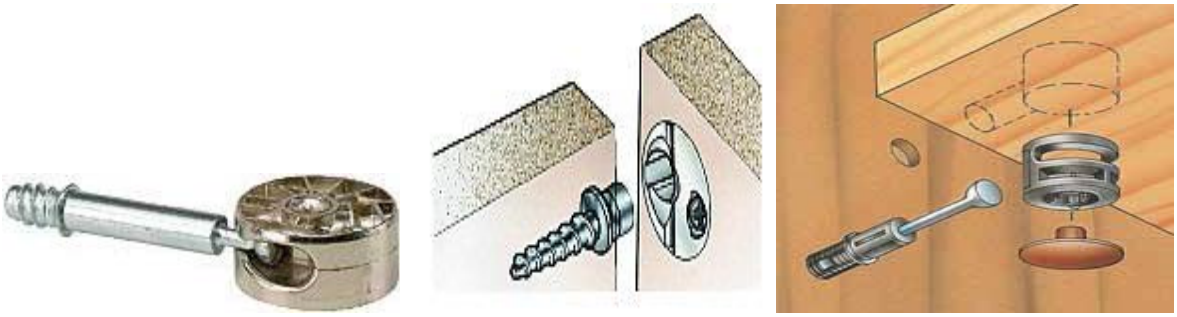
Mobilyada raf montajı için kullanılan temel bağlantı elemanlarındandır. Bu bağlantı elemanları plastik gövde ve vida çelikten üretilmişlerdir. Şekil 14 bu bağlantı elemanını göstermektedir.



Şekil 14. Raf tutucu (VB) eksantrik bağlantı elemanı (MEB, 2013)

1.2.2.5. Minifix (Rastex) Eksantrik Bağlantı Elemanları

Dayanıklı ve pratik bir mekanik bağlantı elemanıdır. Metal alaşımı, metal ve plastik malzemeden üretilmiştir. Merkezi çektirme esasına dayanır. Stabil bir çektirme yapar. Sonradan gevşeme yapmaz. Üretimde 1 milimetreye kadar oluşabilecek milimetrik hataları çektirme kaybı olmaksızın tolere edebilmektedir. Tekrar tekrar sökülüp takılabilirler. Modüler mobilya birleştirmelerinde kullanılan bağlantı sistemleridir.



Şekil 15. Minifix (Rastex) eksantrik bağlantı elemanları (MEB, 2013)

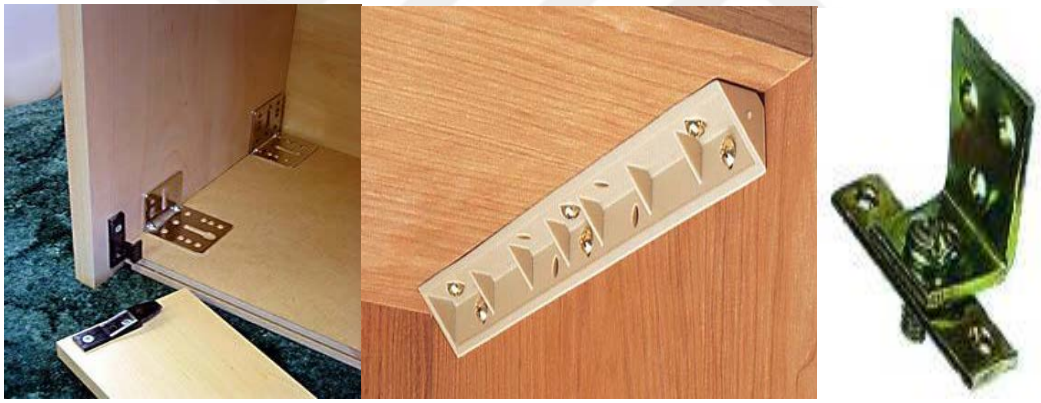
1.2.2.6. Kelebek Somunlar

Kelebek somun bağlantı elemanları mobilya ve mutfak dolaplarının köşe birleştirmelerinin yapılması için kullanılmaktadır. İki parçadan oluşur ve biri dikey tablaya diğeri ise yatay tablaya bağlanmaktadır.

Şekil 16. Kelebek somunlar (MEB, 2013)

1.2.2.7. Bağlantı Köşebentleri

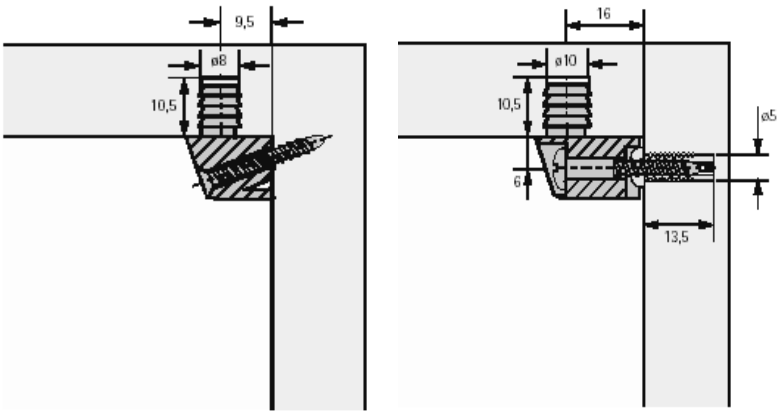
Mobilyada bağlantı köşebentleri daha çok birleştirme yerleri sağlam olmayan mobilyalarda ek yerlerini sağlamlaştırmak amacı ile kullanılmaktadır. Metal veya plastik malzemelerdir .Sökülüp takılabilmesi oldukça kolaydır.



Şekil 17. Bağlantı köşebentleri (MEB, 2013)

1.2.2.8. Gövde (Trapez) Bağlantı Elemanı

Trapez bağlantı elemanları sabitlenecek bir parça ve bu parçayı çektirecek başka bir parçadan oluşur. Bu bağlantı elemanları metal, plastik ve çeşitli alaşımlardan yapılmıştır.



Şekil 18. Gövde (Trapez) bağlantı elemanı (MEB, 2013)

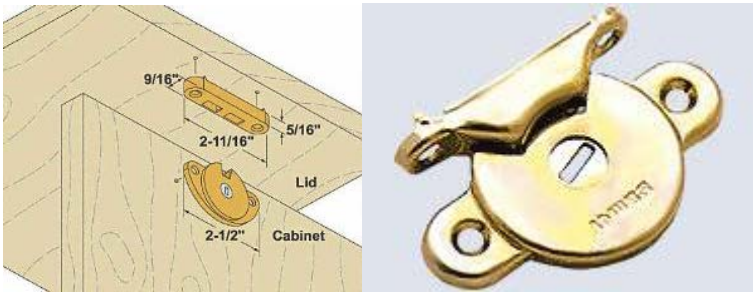
1.2.2.9. Modül Bağlantı Elemanları

Modül bağlantı elemanları büyük yer kaplayan ve taşıması zor olan mobilya ünitelerinin sökülüp taşınacağı durumlarda kullanılan gereçlerdir. Metal veya metal-plastik karışımlı malzemeden üretilmektedirler.

Şekil 19. Modüler bağlantı elemanı (MEB, 2013)

1.2.2.10. Ay Bağlantı Elemanları

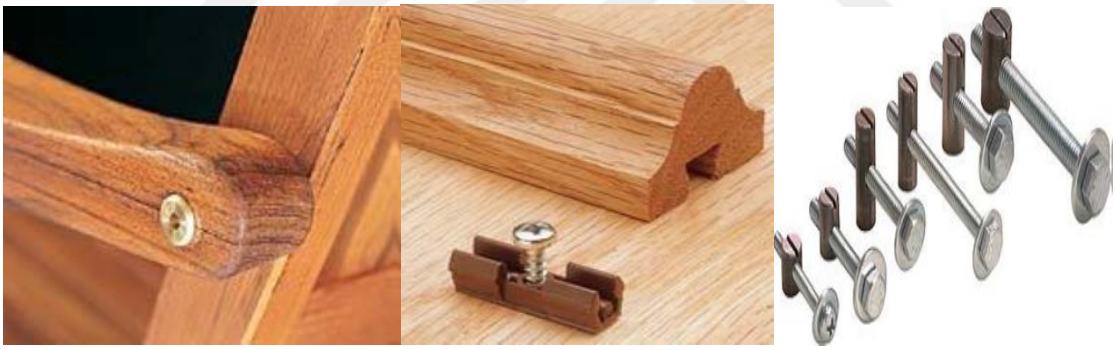
Ay bağlantı elemanları ile daha çok dolap köşeleri ve karyola yan kayıtlarının çektirilerek birleştirmesi sağlanmaktadır. Bu bağlantı elemanları çelik saçtan yapılmaktadır.



Şekil 20. Ay bağlantı elemanları (MEB, 2013)

1.2.2.11. Özel Bağlantı Elemanları

Katlanma özelliğine sahip masa, koltuk, sandalye, kanepe gibi mobilyalarda hareketli bölümleri için üretilmiş olan birleştirme elemanlarıdır. Plastikten ya da paslanmaz metalden üretilmektedirler. Cıvata ve somun olmak üzere iki parçadan meydana gelmektedir.



Şekil 21. Özel bağlantı elemanları (MEB, 2013)

1.2.2.12. Zımbalar

Mobilya üretiminde son yıllarda en çok kullanılan metal bağlayıcılardan biri zımbalardır. Zımbalar hem mekanik hem de pnömatik olarak mobilya iskeletlerine uygulanmaktadır. Pnomatik zımbalar mekanik zımbalara göre daha güçlü ve daha kritik birleştirme yerlerinde kullanılır. Mekanik destekli zımbalar daha çok astarların iskelet altlarını örtme işlemlerinde kullanılırlar. Pnömatik zımba tabancası kullanarak uygulanan zımbalama ile mobilya üretimi diğer bağlayıcılara göre daha hızlı ve kolaydır. Bu zımbalar mobilya parçaları, ahşap esaslı panel kompozitlerle yapılan döşemeli mobilya

çerçevelerinde yapı elemanlarını monte etmek için en sık kullanılan mekanik bağlantı elemanlarıdır (Erdil vd., 2003).

Zımba ve tutkal ile iskelet parçalarının birbirine bağlanması, döşemeli mobilya imalatında en yaygın kullanılan yöntemlerinden biridir (GSA, 1998). Zımbalı yapıştırılmış bağlantıların yük direnci, zımbaların ve tutkalın ilave etkilerinden etkilenebilir (Pellicane, 1991; Wang vd., 2007). Zımba ve tutkalın, mobilya iskeleti yapımında kullanılan ağaç malzemelerinde zımbalanmış bağlantılarının yük direnci üzerindeki etkileri hakkında, özellikle yanal yük direnci ile ilgili veriler hakkında literatürde sınırlı bilgi bulunmaktadır.

1.3. Literatür Araştırması

Zhang vd. (2002a, 2002b); Erdil vd. (2003); Zhang ve Maupin (2004); Zhang vd. (2004); Zhang vd. (2006) kontrplakta sadece zımba ile birbirine bağlı birleştirmelerin yanal ve doğrudan makaslama yükü dayanımları üzerine çalışmalar yapmışken, Yadama vd. (2002); Erdil vd. (2003); Zhang vd. (2006); Demirel ve Zhang (2014); Demirel vd. (2013) OSB malzemesinin sadece zımba ile birleştirilmiş birleştirme yerlerinin yanal ve doğrudan makaslama yükü dayanımları üzerine çalışmalar yapmıştır. Dai vd. (2008), çam kontrplak ve OSB malzemelerinde sadece tutkallı birleştirme yerlerinin yan ve makaslama dayanımlarını araştırmışlardır. Ancak, kayın, sarıçam (çoğunlukla ve yaygın olarak mobilya endüstrisinde kullanılan), kızılağaç (mobilya endüstrisinde son yıllarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmış) gibi masif ahşaptan yapılmış ve zımba ile birleştirilmiş birleştirme yerlerinin yanal makaslama yükü dirençleri üzerine yapılan çalışmalar yok denecek kadar az sayıdadır.

Wang vd. (2007) ana malzemesi OSB olan ve bu malzemelerin bir takoz aracılığıyla zımba ve tutkal kullanılarak birleştirmesi gerçekleşen birleşme yerlerinin moment dirençleri üzerine çalışmışlar ve birleşme yüzeylerine zımba yanında tutkal uygulanmasının birleşme yerinin momentini % 27 artırdığını rapor etmişlerdir.

Pellicane (1991) çivili ve tutkallı odun birleşme yerlerinin yanal yük taşıma kapasitelerini araştırmış olup tutkalın çivi ile birlikte kullanılmasının birleştirme yerinin yük taşıma kapasitesini mükemmel düzeyde artırdığını gözlemlemiştir. Ayrıca tutkallı çivili birleşme yerinin sadece çivili birleşme yerine yük taşıma kapasitesi olarak oranını 3,7 olarak bulmuştur.

Demirel vd. (2013), üç farklı OSB malzemesi kullanarak tek zımba ve tek sıra dikey olarak hizalanmış çoklu zımbalı birleştirme yerlerinin yanal makaslama direnç kapasitelerini araştırmıştır. Genel olarak OSB'lerin (OSB-I, OSB-II ve OSB-III) yoğunlukları sırasıyla 462, 466 ve 563 kg / m3'tür. Sonuçlar, OSB-I'den elde edilen tek sıra zımbalı birleştirme yerlerinin yanal makaslama direnç kapasitesinin OSB-II ve OSB-III den elde edilenlerinkinden daha düşük olduğunu göstermiştir. Birleştirme yerlerinin yanal makaslama direnç kapasitelerinin, zımba sayısı ikiden dörde artması sonucu önemli ölçüde arttığı görülmüştür. Regresyon analizleri, tek sıralı çoklu zımbalarla bağlı OSB birleştirme yerlerinin yanal makaslama direnç kapasitesinin iki alternatif güç denklemi kullanılarak tahmin edilebileceğini göstermiştir. Denklemlerden ilki, OSB malzemesinden elde edilen tek zımbalı birleştirme yerlerinin yanal makaslama direnci yükünün bilinmesini gerektirirken ikinci denklem birleştirme yerlerinin yapıldığı OSB malzemesinin yoğunluğunun bilinmesini gerektirir.

Demirel vd. (2014) farklı yoğunluklardaki üç OSB levhanın çift sıra zımba ile birleştirilmiş birleştirme yerlerinin maksimum yanal makaslama direnci araştırılmıştır. Deneysel sonuçlar, zımba sayısının ikiden sekize yükselmesi ile OSB birleştirme yerlerinin maksimum yanal makaslama direncini önemli ölçüde arttığını göstermiştir. Zımba sayısının sekizden az kullanılması durumunda dikey sıra ve yatay sıra zımbalama biçiminin OSB birleştirme yerlerinin maksimum yanal makaslama direnci üzerine istatistiki anlamda bir fark olmadığı görülmüştür. Yüksek yoğunluklu OSB malzemesi kullanılarak oluşturulan birleştirme yerlerinin maksimum yanal direnci de yüksek çıkmıştır ancak bu artış kullanılan zımba sayısını ve zımbalama doğrultusuna bağlıdır. Birleştirme yerlerinin yoğunluk artışına olan hassasiyeti zımba sayısının altı ve daha yüksek olması durumuna daha fazladır. OSB birleştirme yerlerinin maksimum yanal makaslama direnç değerlerini hesaplamada kullanılan denklemler makul sonuçlar vermiştir.

Demirel vd. (2018) zımba sayısının ve tutkallamanın çok zımbalı ve tutkallı OSB birleştirme yerlerinin yanal makaslama direnci üzerine etkilerini çalışmışlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda birleştirilen iki parçanın dayanımı ve yanal yük direnci zımba sayısı ile alakalı olduğu tespit edilmiştir. OSB birleştirme yerlerine tutkal uygulamak, zımba sayısının etkisini değiştirebilmektedir. Tutkallama işlemi OSB birleştirme yerlerinin yanal yük direncini arttırmaktadır. OSB birleştirme yerlerinin maksimum yanal yük direncinin sırası ile kullanılan zımba sayısı ve tutkala bağlı olduğu görülmüştür. Zımba ile birleştirilmiş OSB malzemesine tutkal uygulamak malzemenin sağlamlığını arttırmıştır. Bu

OSB malzemeleri arasındaki istatistiki fark zımba sayısı altıdan sekize arttığında ortadan kalkmaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı üç farklı ağaç malzemeden yapılmış mobilya birleştirme yerlerinin yanal makaslama direnci değerlerinin ele alınması ve karşılaştırılmasıdır, bu çalışmanın spesifik amaçları: 1) farklı ağaç türü kullanımının sadece tutkallı birleştirmelerin yanal makaslama direnci özelliklerinin incelenmesi 2) zımba sayısının ve farklı ağaç malzeme kullanımının tek ve çift sıra zımbalı, tutkallı tek ve çift sıra sadece zımbalı birleştirme yerlerinin yanal makaslama direnci değerleri üzerine etkisinin incelenmesi zımba sayısının ve ağaç türünün sadece zımbalı birleştirme yerleri üzerindeki etkisini ölçmek 3) tek sıralı ve çift sıralı sadece zımbalı birleştirme yerlerinin yanal makaslama direnci değerlerini tahmin etmek amacı ile denklemler türetilmesi.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Her test örneği iki ana malzemeden oluşturulmuştur. Örnekler ana malzeme ve yan malzeme olmak üzere sadece zımba kullanılarak oluşturulan birleştirmeler, sadece tutkal kullanılarak oluşturulan birleştirmeler ve hem zımba hem tutkal kullanılarak oluşturulan birleştirmeler olmak üzere üç farklı şekilde hazırlanmıştır. Ana malzeme olarak sarıçam, kızılağaç, kayın olmak üzere üç farklı tür ağaç malzeme kullanılmıştır. Yapılan birleştirmelerde ana malzeme yanında yan malzeme olarak 9 tabakalı sarıçam kontrplak kullanılmıştır. Kullanılan kontrplakların merkezindeki ve yüzey tabakalarında kullanılan kaplamaların lif yönü ağaç malzemenin boyuna lif yönüne paraleldir. Ana malzemenin boyutları 292 mm uzunluğunda 178 mm genişliğinde 18 mm kalınlığındadır. Yan malzeme boyutları 152 mm uzunluğunda 51 mm genişliğinde 19 mm kalınlığındadır.

Örnek birleştirmesinde kullanılan zımba, örneklere lif yönüne 45 °' lik açı esas alınarak uygulanmıştır. Zımba, SENCO 16-gauge galvanizli keski-taç genişliği 11 mm ve bacak uzunluğu 38 mm dir. Diğer yandan zımbaların bacak genişliği ve kalınlığı sırasıyla 1,6 mm, 1,4 mm'dir. Zımba Sencote denilen nitroselüloz esaslı bir plastik ile kaplanmıştır. Yapıştırıcı olarak birleştirme yerlerini oluşturan üyeleri bağlamak için % 40 katı madde içerikli Polivinil asetat tutkalı (PVA) kullanılmıştır.

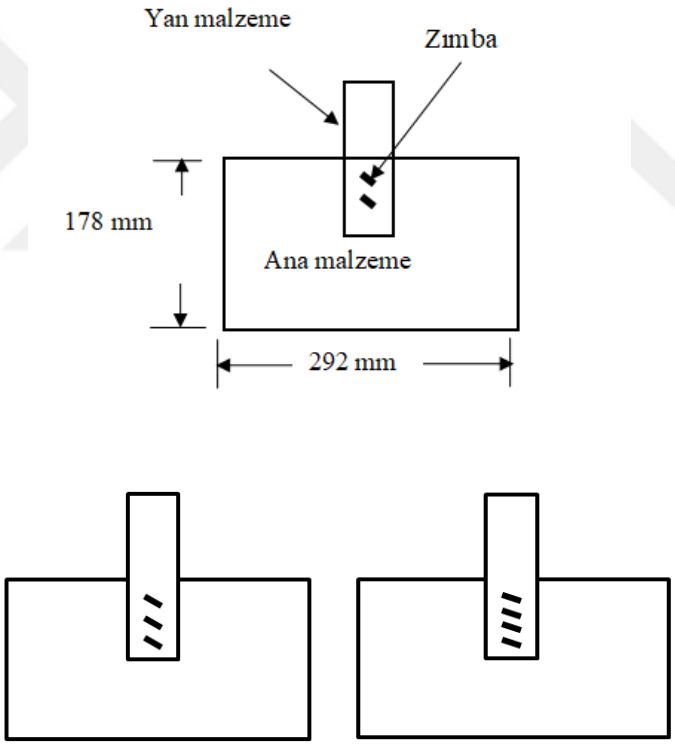
Bu çalışmada kullanılan ağaç malzemelerin rutubetleri ve yoğunlukları gibi fiziksel özellikleri sırası ile TS2471 ve TS2472 isimli Türk standartları baz alınarak belirlenmiştir. Tablo 1 bu çalışmada kullanılan ağaç malzemelerin yoğunluklarını ve rutubet değerlerini göstermektedir.

Tablo 1. Ağaç malzemelerin yoğunluk ve rutubet değerleri

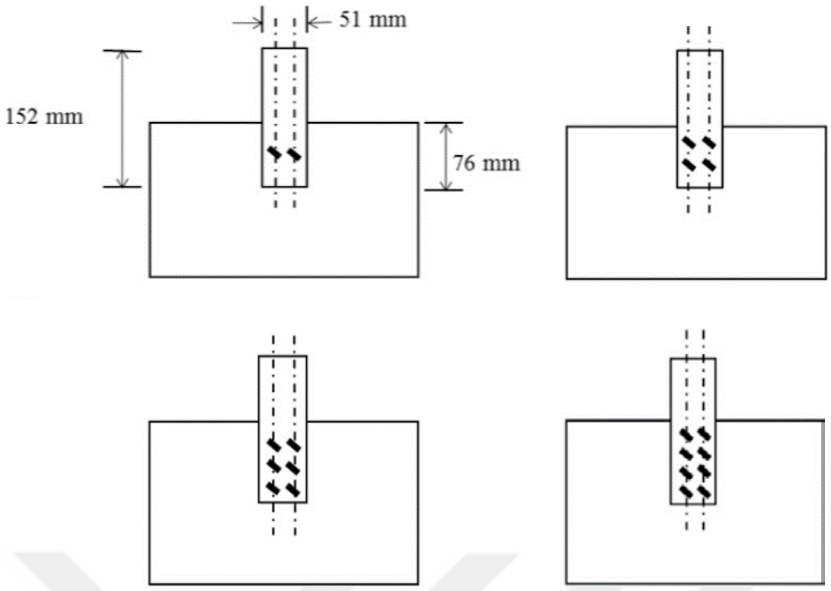
Malzeme Türü	**Yoğunluk (gr/cm^3)**	**Rutubet (%)**
Sarıçam	0,450	12
Kızılağaç	0,510	12
Kayın	0,540	12
Kontrplak	0,635	12

2.1. Deneysel Tasarım

Birleştirme yeri örneklerinin dikey yük dayanımı üzerine zımba sayısı, tutkal ve ağaç türünün etkisini incelemek için, iki tip deneysel tasarım oluşturulmuştur. İlki tek sıra zımbalı birleştirme yerleri için 3×3 olarak 3 tip zımba (2, 3, 4) ve 3 tip ağaç malzeme (sarıçam, kızılağaç, kayın) olarak tasarlanmıştır. İkincisi ise çift sıra zımbalılar için 3×4'lik bir deneysel tasarım şeklinde oluşturulmuş olup faktörler 4 tip zımba sayısı (2, 4, 6, 8) 3 tip ağaç çeşidi (sarıçam, kızılağaç, kayın) olacak şekilde belirlenmiştir. Ayrıca üç ağaç türünden sadece zımbalı birleştirme yerleri ayrı bir parametre olarak ele alınmıştır. Her birinden 10 tekrar olacak şekilde toplamda 280 örnek test edilmiştir. Her zımba numarası için yerleştirme biçimi Şekil 23'de verilmiştir.



Şekil 22. Tek sıralı-zımbalı örneklerin yerleşme biçimi

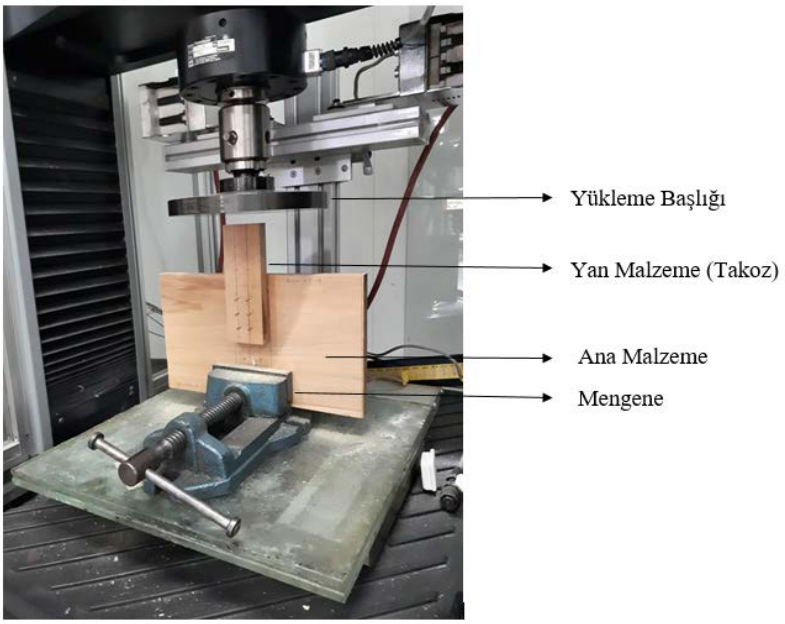


Şekil 23. İki sıralı-zımbalı örneklerin yerleşme biçimi

2.2. Test

Örnekler birleştirilmeden önce yaklaşık bir yıl süre ile 20 ± 3ºC sıcaklıkta ve 65 ± 5% bağıl nem şartlarında dinlendirilmesinin ardından zımba ile birleştirilerek test edilmiştir. Zımba-tutkal birleştirme örnekleri tutkalın sertleşmesini beklemek için 24 saat dinlendirildikten sonra test edilmiştir. Zımbalı birleştirmeler için bir Senco 16-gauge pnömatik zımba tabancası kullanılarak zımbalar ana malzeme ve yan malzemeyi birleştirmek için zımbalanmıştır. Zımba tabanca basıncı 483 kPa da optimum zımbalamaya elverdiği için bu miktarda basınç kullanılmıştır (Demirel vd., 2018). Tutkal-zımba birleştirmeler için, tutkal hem ana hem de yan malzemelerin temas yüzeylerine 646 g/m2 kadar uygulanmış olup daha sonra zımbalanmış ve 24 saat beklemeye bırakılmıştır. Şekil 24 ölçüm sırasında test cihazını gösterir.

Birleştirme yerlerinin yükleme testleri MTS Universal Criterion model 45 test cihazında gerçekleştirilmiştir. Örnekler test cihazında bir mengeneye oturtularak sabitlenmiş ve 2,5 mm / dk yükleme hızında ASTM D 1761-06 standardına bağlı kalınarak gerçekleştirilmiştir (ASTM, 2010).



Şekil 24. MTS Universal test cihazında örneğin test edilişi

2.3. İstatistik Analiz

Verilerin analizinde SAS Software 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, ABD) istatistik paket programı kullanılmıştır. Birleştirme yerlerinin yanal maksimum makaslama direnci değerleri üzerine ağaç malzeme yoğunluğu, zımba sayısı ve tutkal kullanımı gibi parametrelerin etkileri % 5 güven düzeyinde ele alınmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Fiziksel Özellikler

Sarıçam, kızılağaç ve kayın ağaç malzemelerinin yoğunluk değerleri arasında % 5 önem düzeyinde yapılan istatistiksel analiz sonucu en önemli fark değeri (LSD) 0.014 olarak belirlenmiş olup yoğunluk değerleri arasındaki kıyaslama Tablo 2'de verilmiştir. Buna göre yoğunluğu en yüksek ağaç malzeme kayın olup bunu istatistiksel olarak kızılağaç ve sarıçam ağaç malzemeleri takip etmiştir.

Tablo 2. Ağaç malzeme yoğunluk değerlerinin istatistiksel kıyaslanması

	Ağaç Türü		
	Sarıçam	Kızılağaç	Kayın
Yoğunluk	0,451 (C)	0,513 (B)	0,540 (A)

*Parantez içindeki farklı harfler istatistiksel farkları göstermektedir.

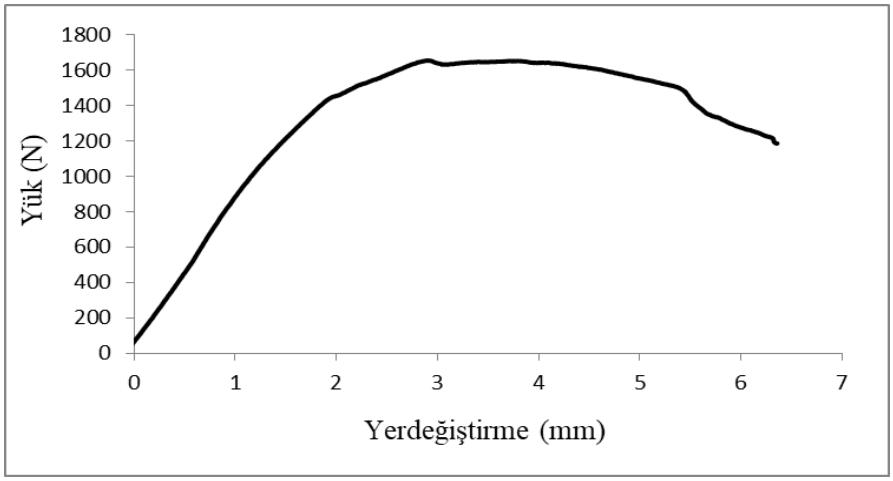
3.2. Tek Sıra Zımbalı Sarıçam Birleştirme Örnekleri

3.2.1. Tek Sıralı İki Zımbalı Sarıçam Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

MTS üniversal test makinesinde dakikada 2,5 mm hızda gerçekleşen bu teste 10 adet tek sıralı iki zımba ile birleştirilmiş sarıçam örneklerinin maksimum direnç değerleri ile ayrılma biçimleri ele alınmıştır. Buna göre örneklerin tamamında birleştirme yerinde zımbanın ana malzemeden çıkması ve zımba tellerinin eğilmesi ile ana malzemede ve takozda ezikler oluşturma şeklinde ayrılma gerçekleştiği gözlenmiştir. Şekil 25 bu gruba ait ayrılma şeklini göstermektedir. Demirel vd. (2013) çalışmasında kullandığı tek sıra zımbalı OSB birleştirme yerlerinin tamamında test sonucu örneklerde oluşan ayrılma biçimi zımbanın ana malzemeden çıkması ve zımba tellerinin eğilmesi ile ana malzemede ve takozda ezikler oluşturarak ayrılma şeklinde tanımlamıştır.

Çalışmamız ayrılma biçimi bakımından söz konusu çalışmayla benzerlik göstermiştir. Bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği Şekil 26'da verilmiştir.

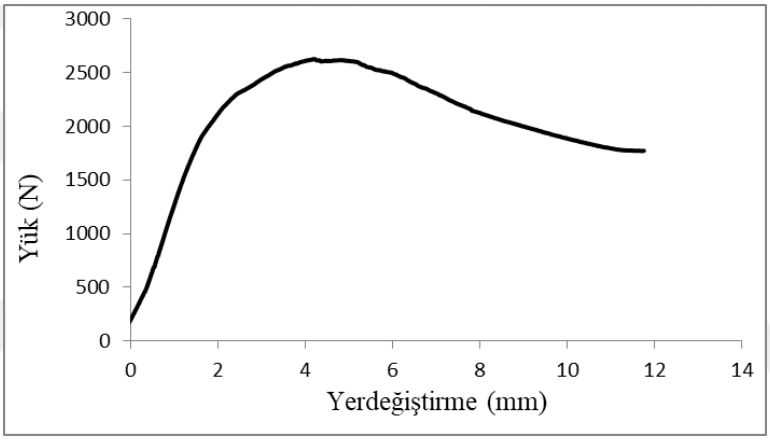
Şekil 25. Zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi



Şekil 26. Tek sıralı iki zımbalı sarıçam örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

3.2.2. Tek Sıralı Üç Zımbalı Sarıçam Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

MTS üniversal test makinesinde dakikada 2,5 mm hızda gerçekleşen bu teste 10 adet tek sıralı üç zımba ile birleştirilmiş sarıçam örneklerinin maksimum direnç değerleri ile ayrılma biçimleri ele alınmıştır. Buna göre örneklerin tamamında birleşme yerinde zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi ile ana malzemede ve takozda ezikler oluşturma şeklinde ayrılma gerçekleştiği gözlenmiştir. Şekil 28 bu gruba ait ayrılma şeklini göstermektedir. Bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği ise Şekil 27' deki gibidir.



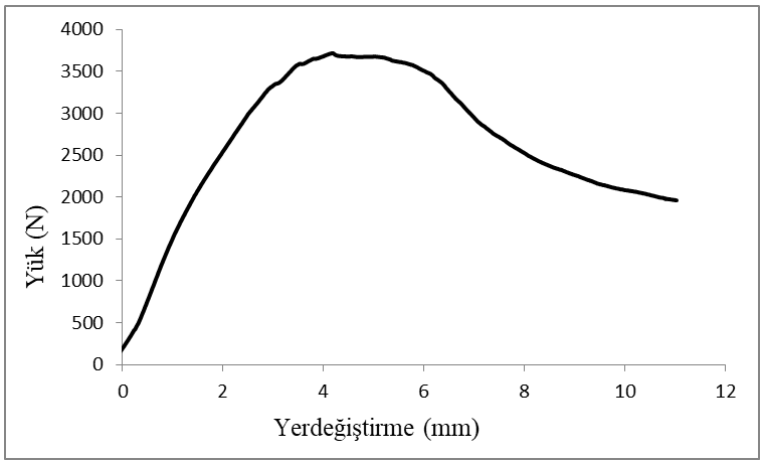
Şekil 27. Tek sıralı üç zımbalı sarıçam örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

Şekil 28. Zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi

3.2.3 Tek Sıralı Dört Zımbalı Sarıçam Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

MTS üniversal test makinesinde dakikada 2,5 mm hızda gerçekleşen bu teste 10 adet tek sıralı 4 zımba ile birleştirilmiş sarıçam örneklerinin maksimum direnç değerleri ile ayrılma biçimleri ele alınmıştır. Test sonucunda yalnızca 9 numaralı örnekte takozu oluşturan tabakalar arasında makaslama oluşmuştur. Diğer örneklerde ise zımbanın ana malzemeden çıkması ve zımba tellerinin eğilmesi ile ana malzemede ve takozda ezikler oluşturma şeklinde ayrılma gerçekleşmiştir. Şekil 29 bu gruba ait ayrılma şeklini göstermektedir. Bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği ise Şekil 30'daki gibidir.

Şekil 29. Takozu oluşturan tabakalar arası makaslama (a), Zımbanın ana malzemeden ayrılması (b)



Şekil 30. Tek sıralı 4 zımbalı sarıçam örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

Tablo 3 tek sıra zımba ile birleştirilmiş her bir sarıçam birleştirme yerlerinin maksimum yanal makaslama direnç değerlerini göstermektedir. Tablo ortalama değerlerine bakıldığından zımba sayısı birer zımba artması birleştirme yerlerinin ortalama maksimum yanal makaslama direnci değerlerinin arttırmıştır.

Tablo 3. Tek sıra sarıçam örneklerinin maksimum direnç değerleri ve ortalama değerleri

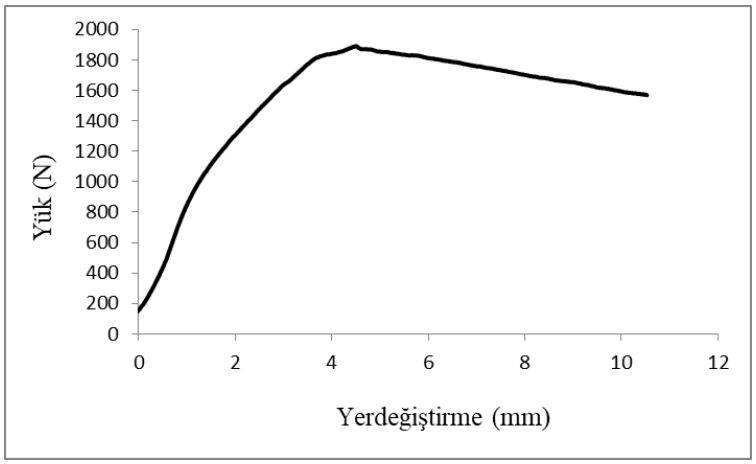
Sarıçam Tek Sıra Örnekler			
Örnek No	Zımba sayısı		
	2	3	4
1	1655,258	2625,82	3455,842
2	1611,868	2496,42	3893,632
3	1642,803	2563,71	3715,700
4	1846,086	2612,08	3501,510
5	1867,251	2456,81	3549,728
6	1794,997	2429,19	3519,012
7	1952,501	2946,96	3273,518
8	1567,645	2563,98	3847,304
9	1610,482	2373,19	2609,656
10	1660,755	2947,12	3615,564
Ortalama	1720,965	2621,53	3498,146

3.3. Tek Sıra Zımbalı Kızılağaç Birleştirme Örnekleri

3.3.1. Tek Sıralı İki Zımbalı Kızılağaç Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

MTS üniversal test makinesinde dakikada 2,5 mm hızda gerçekleşen bu teste 10 adet tek sıralı 2 zımba ile birleştirilmiş kızılağaç örneklerinin maksimum direnç değerleri ile ayrılma biçimleri ele alınmıştır. Buna göre örneklerin tamamı birleştirme yerinde zımbanın ana malzemeden çıkmasıyla ve zımba tellerinin eğilmesi ile ana malzemede ve takozda ezikler oluşturma şeklinde ayrılma gerçekleşmiştir. Şekil 31 bu gruba ait ayrılma şeklini göstermektedir. Bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği ise Şekil 32’ deki gibidir.

Şekil 31. Zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi

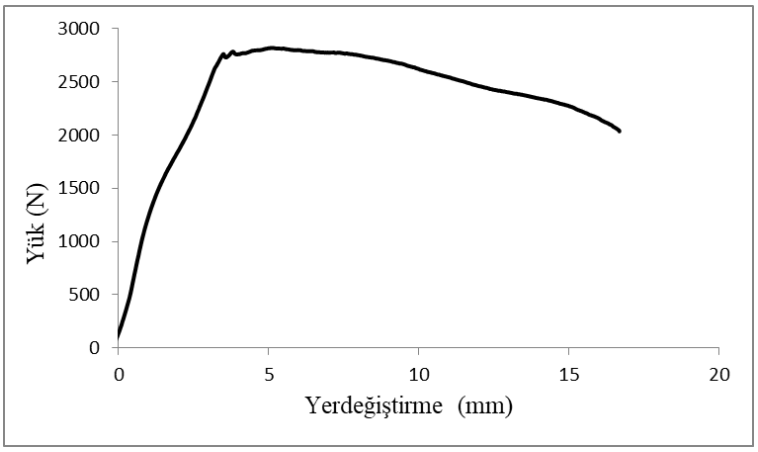


Şekil 32. Tek sıralı iki zımbalı kızılağaç örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

3.3.2. Tek Sıralı Üç Zımbalı Kızılağaç Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

Ana malzemesi kızılağaç olan 10 adet tek sıralı 3 zımba ile birleştirilmiş örnekler MTS üniversal test makinesinde dakikada 2,5 mm hızda test edilmiştir. Test sonucunda örneklerin tamamında birleştirme yerinde zımbanın ana malzemeden çıkması ile zımba tellerinin eğilmesi, ana malzemede ve takozda ezikler oluşturma şeklinde ayrılma gerçekleşmiştir. Şekil 33 bu gruba ait ayrılma şeklini göstermektedir. Bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği ise Şekil 34' deki gibidir.

Şekil 33. Zımbanın ana malzemeden çıkması ve zımba tellerinin eğilmesi

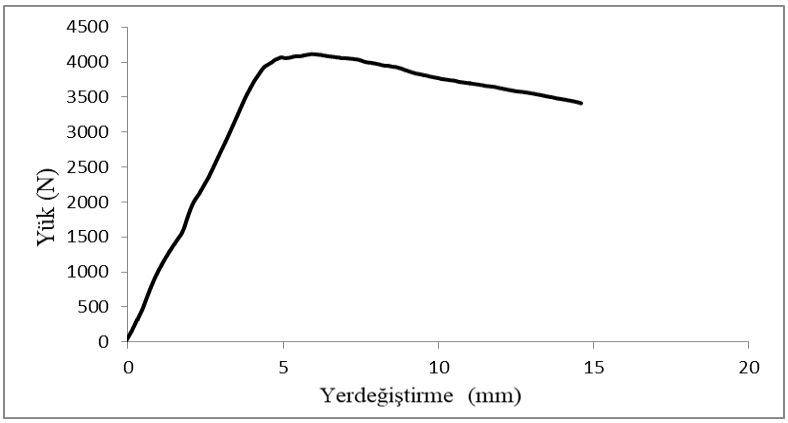


Şekil 34. Tek sıralı üç zımbalı kızılağaç örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

3.3.3. Tek Sıralı Dört Zımbalı Kızılağaç Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

MTS üniversal test makinesinde dakikada 2,5 mm hızda gerçekleşen bu teste 10 adet tek sıralı 4 zımba ile birleştirilmiş kızılağaç örneklerinin maksimum direnç değerleri ile ayrılma biçimleri ele alınmıştır. Test sonucunda yalnızca 9 numaralı örnekte takozu oluşturan tabakalar arasında makaslama gerçekleşirken diğer örneklerde zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi ile ana malzemede ve takozda ezikler oluşturma şeklinde ayrılma gözlenmiştir. Şekil 35 bu gruba ait ayrılma şeklini göstermektedir. Bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği ise Şekil 36' daki gibidir.

Şekil 35. Takozun tabakaları arasında makaslama



Şekil 36. Tek sıralı dört zımbalı kızılağaç örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

Tablo 4 tek sıra zımba ile birleştirilmiş her bir kızılağaç birleştirme yerlerinin maksimum yanal makaslama direnci değerlerini göstermektedir. Tablo ortalama değerlerine bakıldığından zımba sayısı arttıkça birleştirme yerlerinin ortalama maksimum yanal makaslama direnci değerlerinin arttığı gözlemlenmektedir.

Tablo 4. Tek sıra kızılağaç örneklerinin maksimum direnç değerleri ve ortalama değerleri

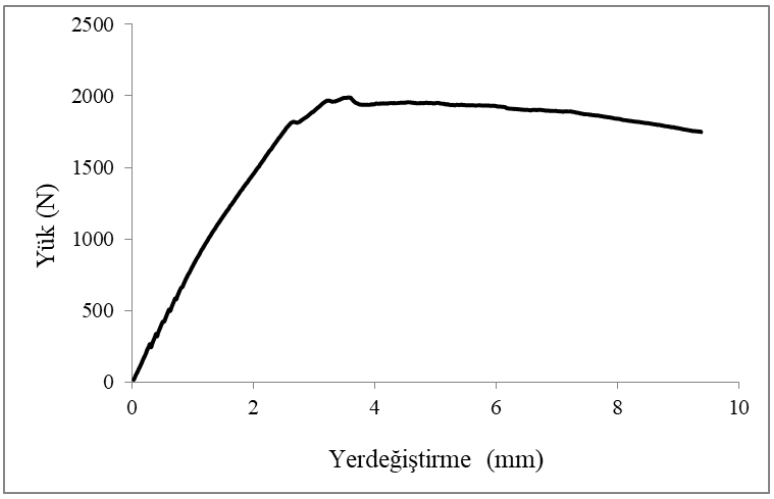
Kızılağaç Tek Sıra Örnekler			
Örnek No	Zımba sayısı		
	2	3	4
1	2156,92	2819,83	4951,32
2	1874,81	3689,75	4448,97
3	1695,22	2810,94	4378,70
4	2088,59	3669,66	4943,38
5	2376,38	3708,10	3880,58
6	1933,75	2725,21	4116,07
7	1997,51	2705,46	5072,58
8	2436,58	3562,32	4065,76
9	1891,01	3591,10	4803,55
10	1817,83	3763,37	4209,25
Ortalama	2026,86	3304,57	4487,02

3.4. Tek Sıralı Zımbalı Kayın Birleştirme Örnekleri

3.4.1. Tek Sıralı İki Zımbalı Kayın Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

MTS üniversal test makinesinde dakikada 2,5 mm hızda gerçekleşen bu teste 10 adet tek sıralı 2 zımba ile birleştirilmiş kayın örneklerinin maksimum direnç değerleri ile ayrılma biçimleri ele alınmıştır. Buna göre örneklerin tamamında zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi ile ana malzemede ve takozda ezikler oluşturma şeklinde ayrılma gerçekleşmiştir. Şekil 37 bu gruba ait ayrılma şeklini göstermektedir. Bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği ise Şekil 38 deki gibidir.

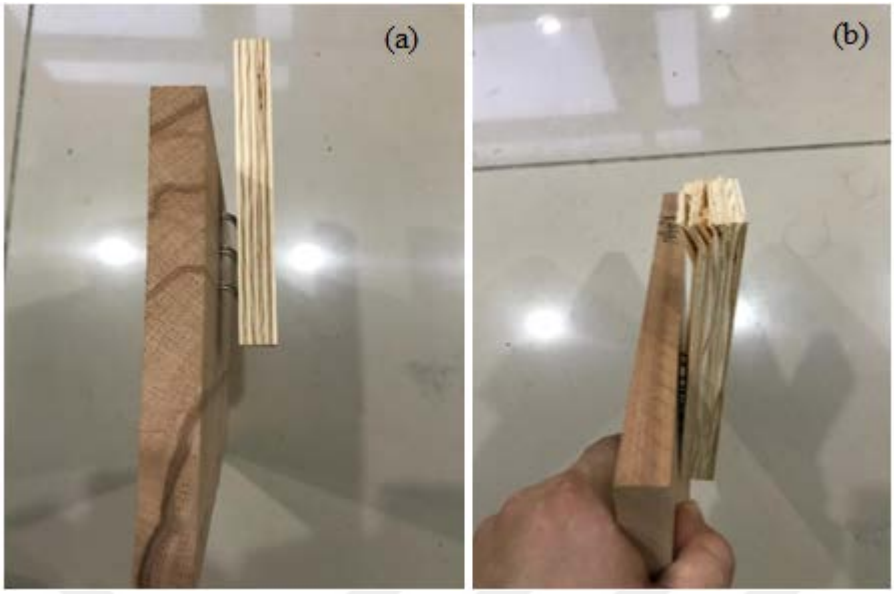
Şekil 37. Zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi



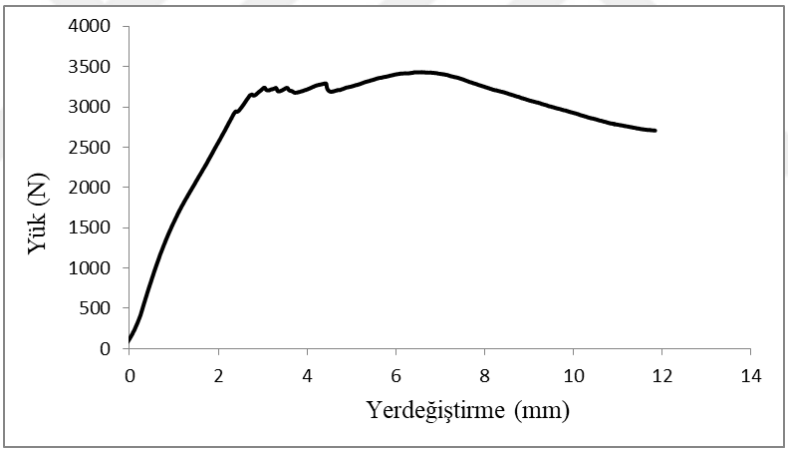
Şekil 38. Tek sıralı iki zımbalı kayın örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

3.4.2. Tek Sıralı Üç Zımbalı Kayın Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

Tek sıralı 4 zımba ile birleştirilen 10 adet kayın birleştirme örneği MTS Universal test cihazında dakikada 2,5 mm hızda test edilmiştir. Birleştirilen bu örneklerin maksimum direnç değerleri ve ayrılma biçimleri ele alınmıştır. Test sonucunda yalnızca 2 numaralı örnekte takozu oluşturan tabakalar arasında makaslama oluşmuştur. Diğer örneklerde ise zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi ile ana malzemede ve takozda ezikler oluşturma şeklinde ayrılma gerçekleşmiştir. Şekil 39 bu gruba ait ayrılma biçimlerini göstermektedir. Bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği ise Şekil 40'daki gibidir.



Şekil 39. Zımbanın ana malzemeden çıkışı zımba tellerinin eğrilmesi (a), Takozda ezik oluşumu (b)

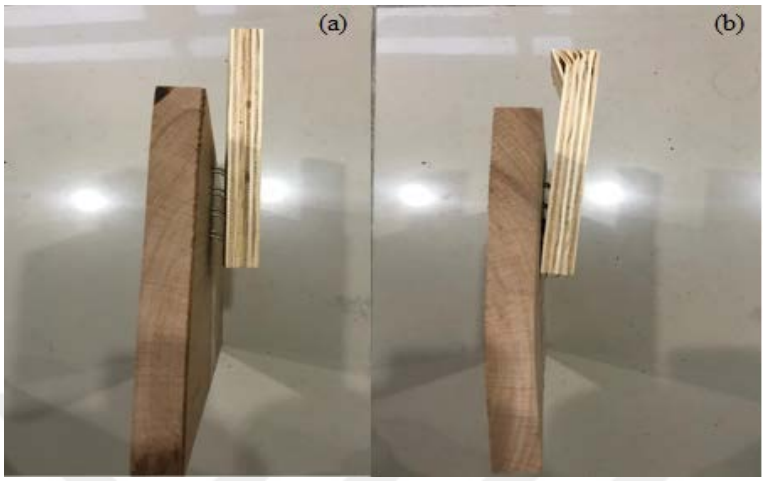


Şekil 40. Tek sıralı üç zımbalı kayın örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

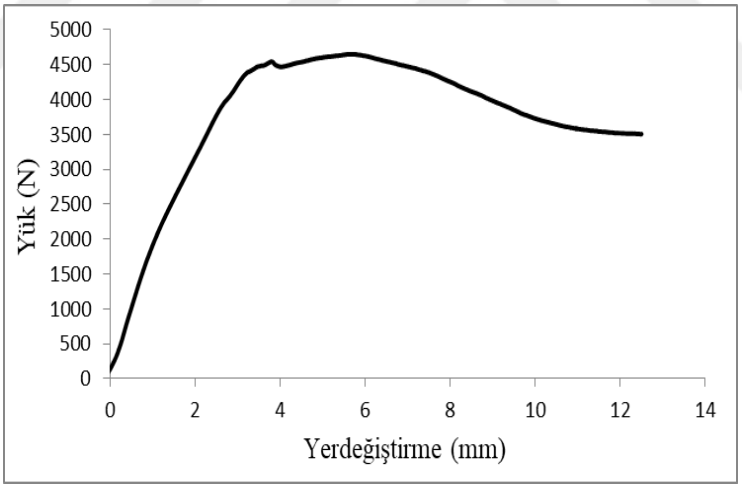
3.4.3. Tek Sıralı Dört Zımbalı Kayın Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

Bu test MTS Üniversal Test makinesinde dakikada 2,5 mm hızda gerçekleştirilmiştir. Tek sıralı 4 zımba ile birleştirilmiş kayın örneklerinin maksimum direnç değerleri ve kırılma biçimleri rapor edilmiştir. Test sonucunda 7 ve 8 numaralı örneklerde takozu oluşturan tabakalar arasında makaslama oluşmuştur. Diğer örneklerde ise zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi ile ana malzemede ve takozda ezikler

oluşturma şeklinde ayrılma gözlenmiştir. Bu örnek gruplarına ait ayrılma şekillerini Şekil 41, tipik yük-yer değiştirme grafiği ise Şekil 42' deki gibidir.



Şekil 41. Zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğrilmesi (a), Ana malzemede ve takozda ezikler oluşma (b)



Şekil 42. Tek sıralı dört zımbalı kayın örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

Tablo 5 tek sıra zımba ile birleştirilmiş her bir kayın birleştirme yerlerinin maksimum yanal makaslama direnci değerlerini göstermektedir. Tablo ortalama değerlerine bakıldığından zımba sayısı arttıkça diğer ağaç türlerinden elde edilenler gibi kayından üretilmiş birleştirme yerlerinin de ortalama maksimum yanal makaslama direnç değerlerinin arttığı gözlemlenmektedir.

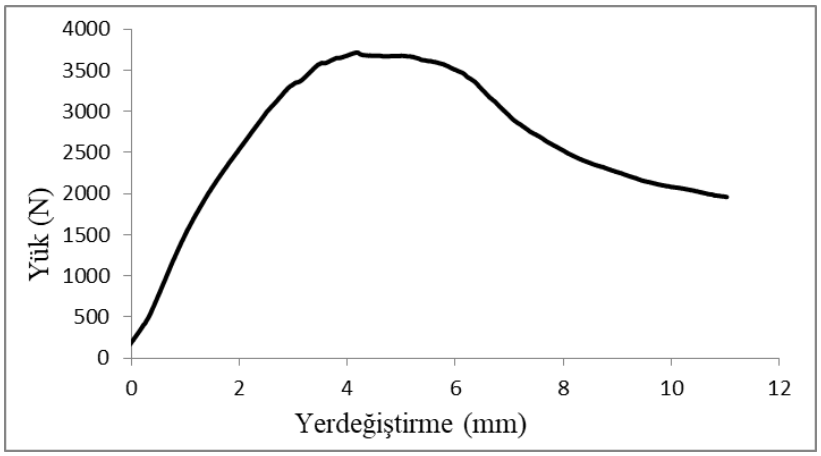
Tablo 5. Tek sıra kayın örneklerinin maksimum direnç değerleri ve ortalama değerleri

Kayın Tek Sıra Örnekler			
Örnek No	Zımba sayısı		
	2	3	4
1	2642,420	3953,21	4933,761
2	2551,538	3411,87	6093,321
3	2477,488	3778,58	4599,927
4	2888,792	3952,16	5127,636
5	1989,580	3331,94	4564,744
6	2910,251	3819,36	5387,675
7	2306,997	3432,50	4679,971
8	2973,680	3404,39	4139,806
9	2136,503	3266,92	4651,735
10	2744,377	3973,66	4755,343
Ortalama	2562,163	3632,46	4893,391

3.5. İki Sıra Zımbalı Sarıçam Birleştirme Örnekleri

3.5.1. İki Sıralı İki Zımbalı Sarıçam Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

Bu test dakikada 2,5 mm hızda MTS Universal test cihazında gerçekleştirilmiştir. Buna göre 2 zımba ile birleştirilmiş 10 adet sarıçam örneklerinin maksimum direnç değerleri ve ayrılma biçimleri değerlendirilmiştir. Test sonuçları örneklerin tamamında tek sıra zımbalı örneklerde olduğu gibi zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi ile ana malzemede ve takozda ezikler oluşturma şeklinde ayrılma gerçekleştiğini göstermektedir. Demirel vd. (2014) çalışmasında kullandığı çift sıra zımbalı OSB birleştirme yerlerinin tamamında test sonucu örneklerde oluşan ayrılma biçiminin zımbanın ana malzemeden çıkması ve zımba tellerinin eğilmesi ile ana malzemede ve takozda ezikler oluşturarak ayrılma şeklinde tanımlamıştır. Çalışmamız çift sıra zımbalı birleştirme yerleri içinde ayrılma biçimi bakımından geçmiş söz konusu çalışmaya ayrılma biçimi bakımından benzerlik göstermiştir. Bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği ise Şekil 43’ deki gibidir.

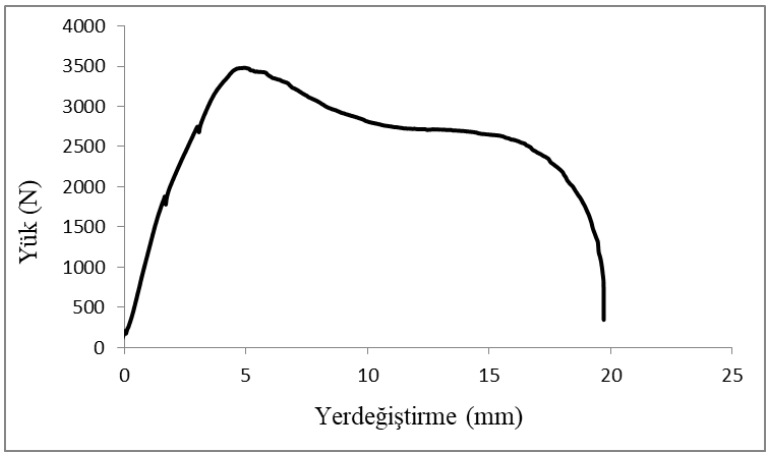


Şekil 43. İki zımbalı sarıçam örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

3.5.2. İki Sıralı Dört Zımbalı Sarıçam Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

MTS üniversal test makinesinde dakikada 2,5 mm hızda gerçekleşen bu teste 10 adet 4 zımba ile birleştirilmiş sarıçam örneklerinin maksimum direnç değerleri ile ayrılma biçimleri ele alınmıştır. Buna göre örneklerin tamamı birleştirme yerinde zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi ile malzemede ve takozda ezikler oluşturma şeklinde ayrılma gerçekleşmiştir. Şekil 44 bu gruba ait ayrılma şeklini göstermektedir. Bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği ise Şekil 45'deki gibidir.

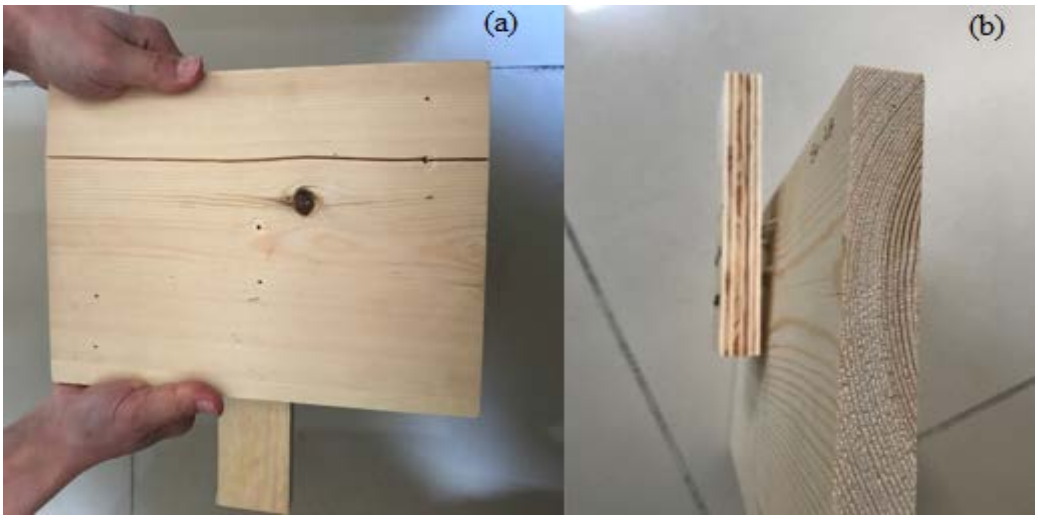
Şekil 44. Zımbanın ana malzemeden ayrılması



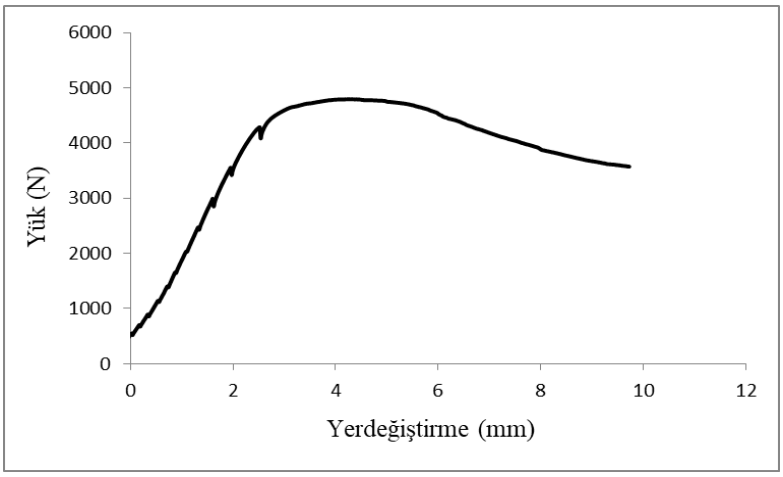
Şekil 45. Dört zımbalı sarıçam örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

3.5.3. İki Sıralı Altı Zımbalı Sarıçam Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

6 zımba ile oluşturulan ve 10 tekrardan oluşan sarıçam birleştirme yerlerinin makaslama direnç değerleri MTS üniversal test makinesinde 2,5 mm/dk. hızda gerçekleştirilmiştir. Ayrılma biçimleri ise örnek numarası 1, 3, 5 ve 10 için ana malzemeden kırılma gerçekleşmiş olup geriye kalan örneklerde birleştirme yerinde zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi ile ana malzemede ve takozda ezikler gözlenmiştir. Şekil 46 bu gruba ait ayrılma şeklini göstermektedir. Bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği ise Şekil 47'deki gibidir.



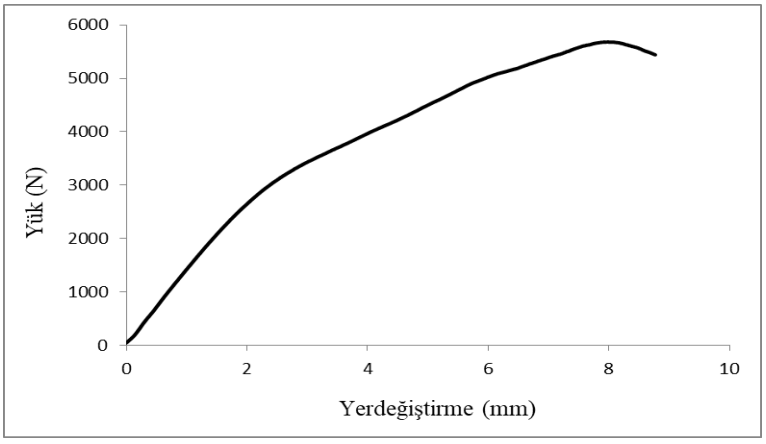
Şekil 46. Ana malzemeden kırılma (a), Zımbanın ana malzemeden ayrılması (b)



Şekil 47. Altı zımbalı sarıçam örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

3.5.4. İki Sıralı Sekiz Zımbalı Sarıçam Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

10 adet 8 zımba ile birleştirilmiş sarıçam örnekleri MTS Universal test cihazında dakikada 2,5 mm hızda test edilmiştir. Test sonucunda 10 adet örneğin tamamı zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilme ile ana malzemede ve takozda ezikler oluşturma şeklinde sonuçlanmıştır. Bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği ise Şekil 48'deki gibidir.



Şekil 48. Sekiz zımbalı sarıçam örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

Tablo 6 çift sıra zımba (2, 4, 6, 8) ile birleştirilmiş her bir sarıçam birleştirme yerlerinin maksimum yanal makaslama direnci değerlerini göstermektedir. Tablo ortalama

değerlerine bakıldığından zımba sayısının ikişerli artması da birleştirme yerlerinin ortalama maksimum yanal makaslama direnci değerlerinin artırmıştır.

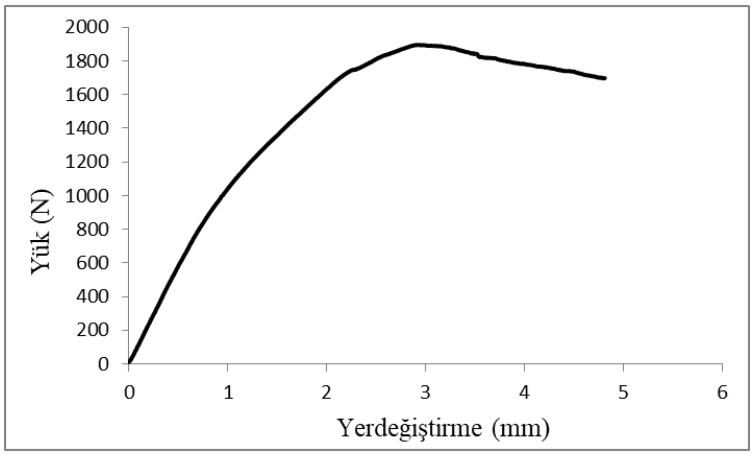
Tablo 6. Tüm sarıçam maksimum direnç değerleri ve ortalama değerleri

Sarıçam				
Örnek No	Zımba sayısı			
	2	4	6	8
1	2097,610	3285,800	2451,114	5325,605
2	1580,190	2843,830	2445,260	5680,900
3	1493,750	2708,570	2753,350	5454,380
4	1576,270	2958,070	2843,660	6274,410
5	1384,730	3481,640	3453,220	4845,100
6	1403,460	3033,120	2966,500	4954,960
7	1389,943	3459,790	2971,900	5435,472
8	1419,712	2526,793	3524,730	5026,380
9	1353,241	3035,572	4793,790	4971,950
10	1382,260	3039,070	3134,410	5300,120
Ortalama	1508,116	3037,225	3133,724	5326,927

3.6. İki Sıra Zımbalı Kızılağaç Birleştirme Örnekleri

3.6.1. İki Sıralı İki Zımbalı Kızılağaç Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

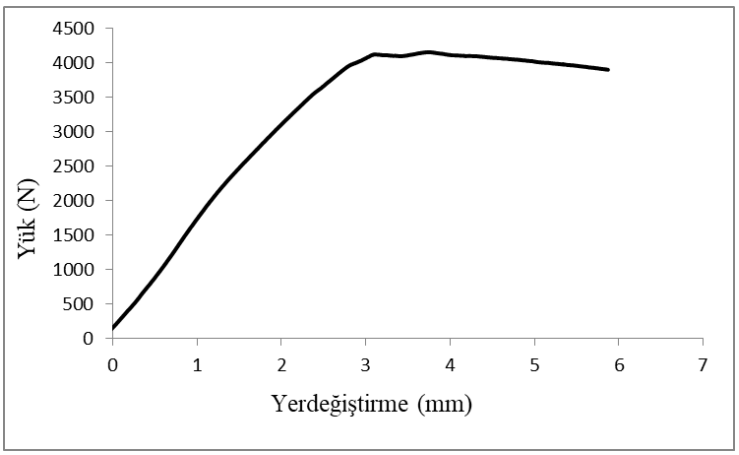
MTS üniversal test makinesinde dakikada 2,5 mm hızda gerçekleşen bu testte 10 adet kızılağaç birleştirme örneği 2 zımba ile birleştirilmiş olup maksimum direnç değerleri ile ayrılma biçimleri ele alınmıştır. Buna göre test edilen örneklerin tamamı zımbanın ana malzemeden ayrılması ve zımba tellerinin eğilmesi ile ana malzemede ve takozda ezikler oluşturma şeklinde sonuç vermiştir. Bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği ise Şekil 49’ deki gibidir.



Şekil 49. İki zımbalı kızılağaç örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

3.6.2. İki Sıralı Dört Zımbalı Kızılağaç Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

MTS üniversal test makinesinde dakikada 2,5 mm hızda gerçekleşen bu teste 10 adet kızılağaç birleştirme örneği zımba ile birleştirilmiş olup maksimum direnç değerleri ile ayrılma biçimleri ele alınmıştır. Test edilen örneklerin tamamı zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi ile ana malzemede ve takozda ezikler oluşturma şeklinde sonuç vermiştir. Bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği ise Şekil 50'deki gibidir.

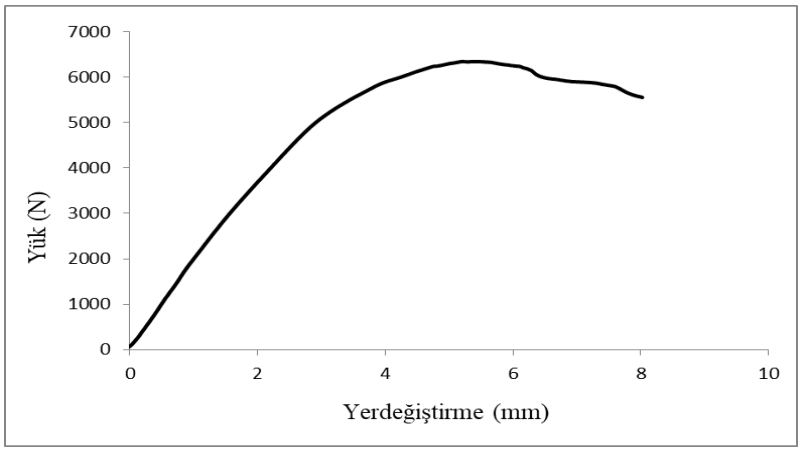


Şekil 50. Dört zımbalı kızılağaç örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

3.6.3. İki Sıralı Altı Zımbalı Kızılağaç Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

Altı zımba ile birleştirilen 10 adet kızılağaç birleştirme örneği MTS Universal test cihazında dakikada 2,5 mm hızda gerçekleştirilmiştir. Zımba ile birleştirilmiş örneklerin maksimum direnç değerleri ve ayrılma biçimleri ele alınmıştır. Test sonucunda örneklerin tamamı zımba ve ana malzemenin ayrılması, zımba tellerinin eğilmesi, ana malzeme ve takozda ezikler oluşturma şeklinde sonuçlanmıştır. Şekil 51 bu gruba ait ayrılma şeklini göstermektedir. Bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği ise Şekil 52'deki gibidir.

Şekil 51. Takozda ezikler oluşma

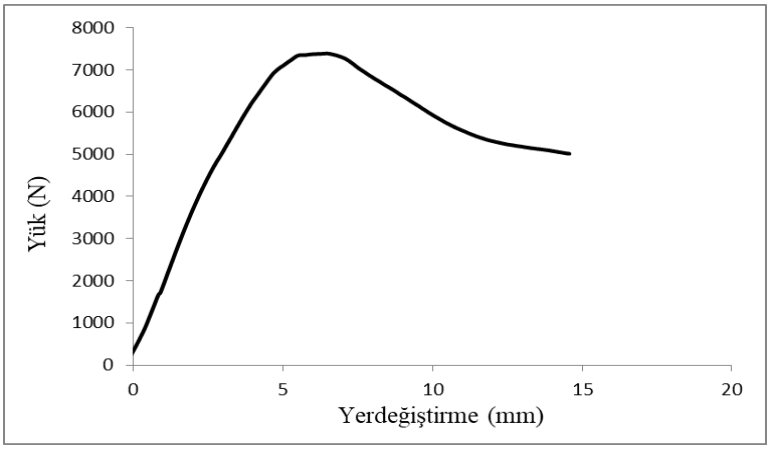


Şekil 52. Altı zımbalı kızılağaç örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

3.6.4. İki Sıralı Sekiz Zımbalı Kızılağaç Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

MTS üniversal test makinesinde dakikada 2,5 mm hızda gerçekleşen bu teste 10 adet kızılağaç birleştirme örneği 8 zımba ile birleştirilmiş olup maksimum direnç değerleri ile ayrılma biçimleri ele alınmıştır. Buna göre birleştirme yerlerinin neredeyse tamamı zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi ile ana malzemede ve takozda ezikler oluşturma şeklinde ayrılmış olup sadece 8 numaralı örnekte takoz malzemesinin tabakaları arasında makaslama görülmüştür. Şekil 53 bu gruba ait ayrılma biçimlerini göstermektedir. Bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği ise Şekil 54'deki gibidir.

Şekil 53. Takoz tabakaları arasında makaslama



Şekil 54. Sekiz zımbalı kızılağaç örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

Tablo 7 çift sıra zımba (2, 4, 6, 8) ile birleştirilmiş her bir kızılağaç birleştirme yerlerinin maksimum yanal makaslama direnci değerlerini göstermektedir. Tablodaki ortalama değerlerine bakıldığından zımba sayısının ikişerli artması da birleştirme yerlerinin ortalama maksimum yanal makaslama direnci değerlerinin artırmıştır.

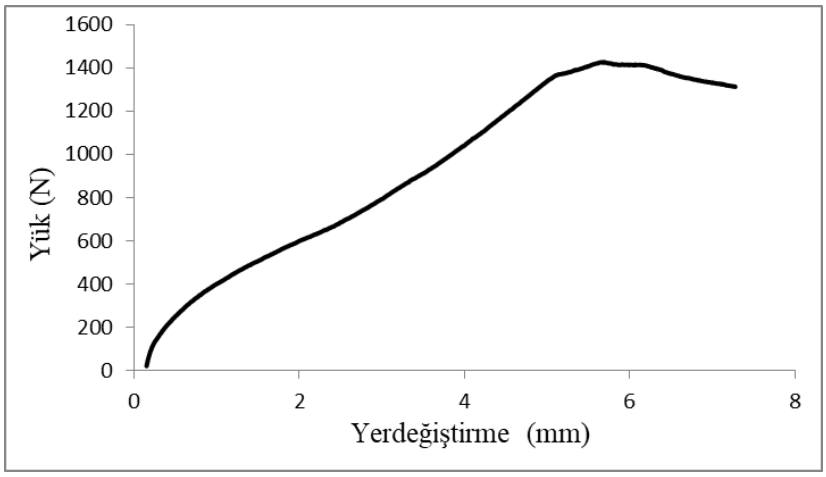
Tablo 7. Tüm kızılağaç örnekleri maksimum direnç değerleri ve ortalama değerler

Kızılağaç				
Örnek No	Zımba sayısı			
	2	4	6	8
1	2167,771	4722,573	5738,125	9209,300
2	1823,044	4155,717	6041,328	7596,290
3	1810,992	4406,084	6709,209	8574,900
4	1895,979	3868,367	6121,671	8225,400
5	1968,992	3943,506	5996,671	8179,220
6	1562,564	3725,644	6344,691	7112,230
7	1921,341	3741,731	6651,506	7386,640
8	1666,352	3901,774	6769,890	5371,940
9	1787,962	3388,255	6935,103	9152,480
10	1897,760	3949,045	6250,823	9190,800
Ortalama	1850,276	3980,270	6355,902	7999,920

3.7. İki Sıra Zımbalı Kayın Birleştirme Örnekleri

3.7.1. İki Sıralı İki Zımbalı Kayın Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

MTS Universal test makinesinde dakikada 2,5 mm hızda gerçekleşmiş olan testte 10 adet 2 zımba ile birleştirilmiş kayın örneklerinin maksimum direnç değerleri ile ayrılma biçimleri ele alınmıştır. Test sonucunda örneklerin tamamında zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi ile ana malzemede ve takozda ezikler oluşturma şeklinde ayrılma durumu gözlenmiştir. Bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği ise Şekil 55’ deki gibidir.

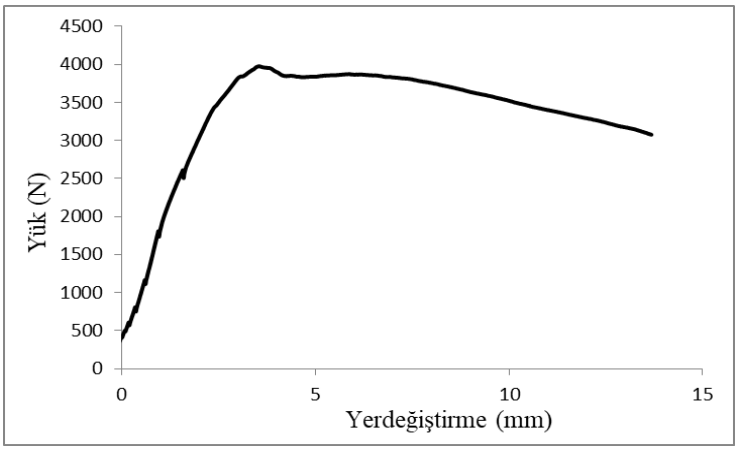


Şekil 55. İki zımbalı kayın örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

3.7.2. İki Sıralı Dört Zımbalı Kayın Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

MTS Universal test makinesinde dakikada 2,5 mm hızda gerçekleşen bu testte 10 adet 4 zımba ile birleştirilmiş kayın örneklerinin maksimum direnç değerleri ile ayrılma biçimleri ele alınmıştır. Buna göre örneklerin neredeyse tamamı zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi ile ana malzemede ve takozda ezikler oluşturma şeklinde ayrılma gözlenmişken yalnızca 4 numaralı örnek ana malzemeden kırılmıştır. Şekil 56 bu gruba ait ayrılma biçimlerini göstermektedir. Bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği ise Şekil 57' deki gibidir.

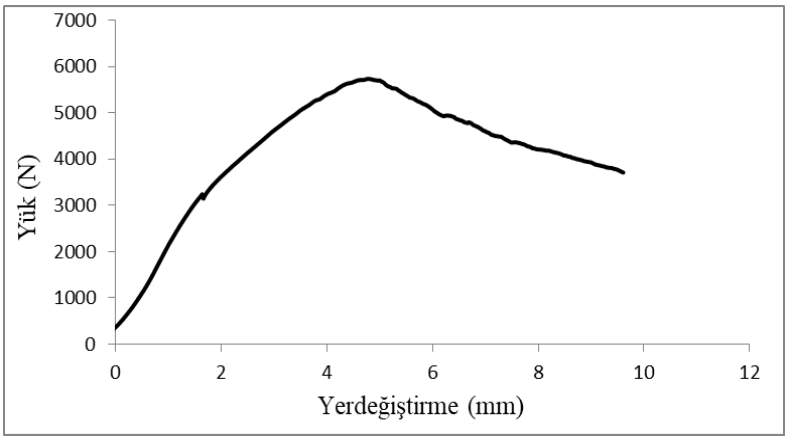
Şekil 56. Ana malzemeden kırılma



Şekil 57. Dört zımbalı kayın örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

3.7.3. İki Sıralı Altı Zımbalı Kayın Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

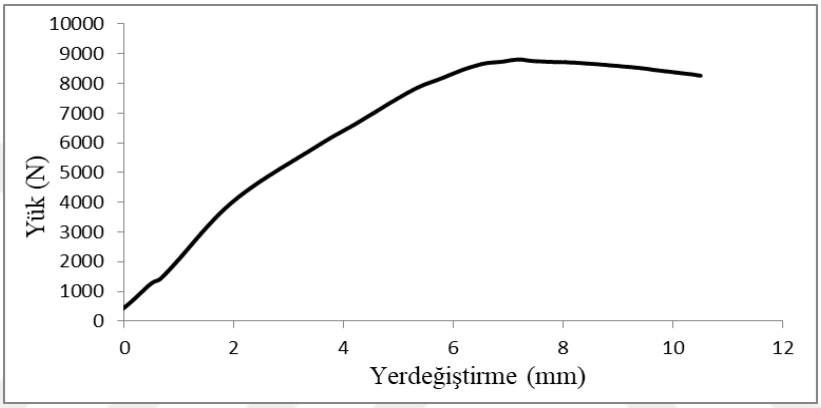
MTS üniversal test makinesinde dakikada 2,5 mm hızda gerçekleşen bu teste 10 adet kayın birleştirme örneği 4 zımba ile birleştirilmiş olup maksimum direnç değerleri ile ayrılma biçimleri ele alınmıştır. Buna göre birleştirme yerlerinin neredeyse tamamı zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi ile ana malzemede ve takozda ezikler oluşturma şeklinde ayrılma gözlenmişken yalnızca 8 numaralı örnekte takozu oluşturan tabakalar arasında makaslama oluşmuştur. Bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği ise Şekil 58' deki gibidir.



Şekil 58. Altı zımbalı kayın örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

3.7.4. İki Sıralı Sekiz Zımbalı Kayın Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

MTS Universal test cihazında dakikada 2,5 mm hızda gerçekleşmiş olup örneklerin maksimum direnç değerleri ile ayrılma biçimleri ele alınmıştır. Test edilen örnek sayısı 10'dur. Test sonucunda ise 10 örneğin tamamında zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi ile ana malzemede ve takozda ezikler oluşturma şeklinde ayrılma gerçekleşmiştir. Bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği ise Şekil 59' daki gibidir.



Şekil 59. Sekiz zımbalı kayın örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

Tablo 8 çift sıra zımba (2, 4, 6, 8) ile birleştirilmiş her bir kayın birleştirme yerlerinin maksimum yanal makaslama direnç değerlerini göstermektedir. Tablodaki ortalama değerlerine bakıldığından zımba sayısının ikişerli artması birleştirme yerlerinin ortalama maksimum yanal makaslama direnci değerlerinin artırmıştır.

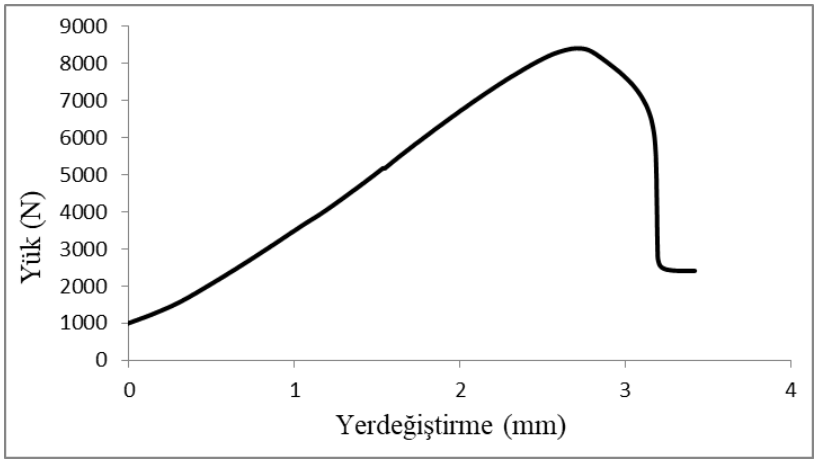
Tablo 8. Tüm kayın maksimum direnç değerleri ve ortalama değerleri

Kayın				
Örnek No	Zımba sayısı			
	2	4	6	8
1	1430,855	3975,64	5734,858	7579,366
2	1639,134	3948,84	5427,265	9083,582
3	1506,938	4556,09	6933,513	8807,932
4	1567,227	3858,83	3228,791	9264,737
5	1554,155	4290,70	6014,630	8556,288
6	1696,512	4908,56	6342,098	9210,953
7	1507,060	4230,31	6218,072	9543,027
8	1758,637	4990,90	4257,348	8741,773
9	1631,303	3332,09	3747,807	8773,189
10	1426,710	4136,84	5776,240	8782,200
Ortalama	1571,853	4222,84	5368,062	8834,318

3.8. İki Sıra Zımba ve Tutkallı Kızılağaç Birleştirme Örnekleri

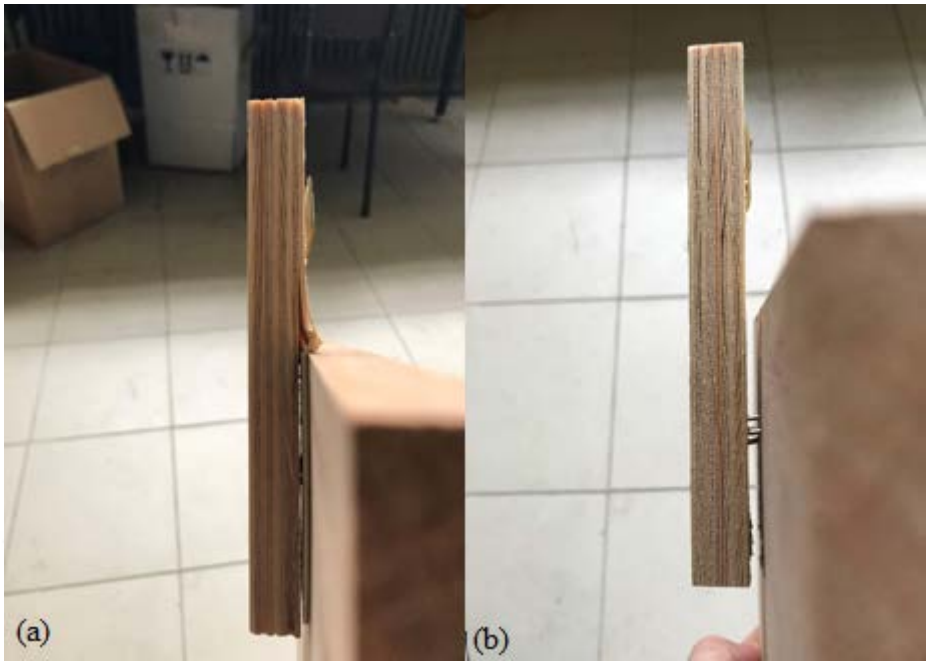
3.8.1. İki Zımbalı ve Tutkallı Kızılağaç Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

Bu test MTS Üniversal Test makinesinde dakikada 2,5 mm hızda makaslama yüklemesi yapılarak gerçekleştirilmiştir. Bu grup için 10 tekrar yapılmış olup örneklerin maksimum direnç değerleri ve kırılma biçimleri rapor edilmiştir. Bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği Şekil 60'daki gibidir.



Şekil 60. İki zımbalı tutkallı kızılağaç örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

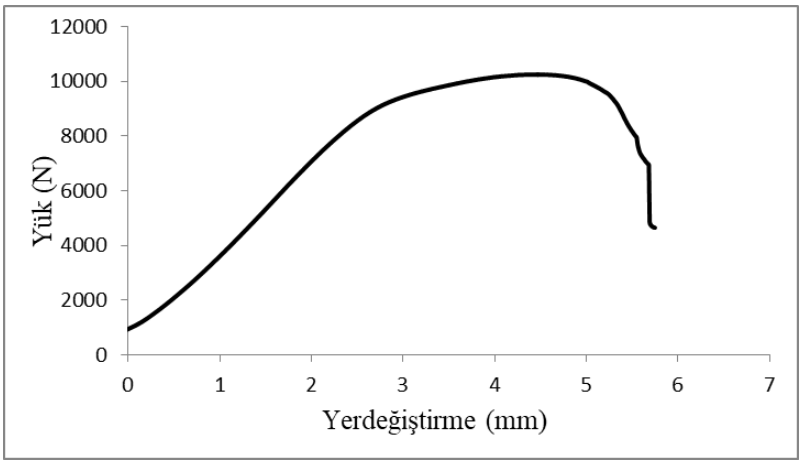
Buna göre 1, 3, 4, 7, 8, 10 nolu test örneklerinde tabakalı ağaç malzeme olan takoz malzemesinin katmanları arasında makaslama gözlemlenmiş olup zayıflık bu noktalarda görülmüştür ve birleştirme yerinde kopma olmamıştır. Diğer taraftan 2, 5, 6 ve 9 numaralı örneklerde birleştirme yerinden kopmalar görülmüştür. Şekil 61 ayrılma biçimlerini göstermektedir. Her iki kırılma biçiminden çıkan maksimum direnç değerleri birbirine yakın değerlerdir.



Şekil 61. Tabakalar arası makaslama (a), Birleştirme yerinden kopma (b)

3.8.2. Dört Zımbalı Tutkallı Kızılağaç Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

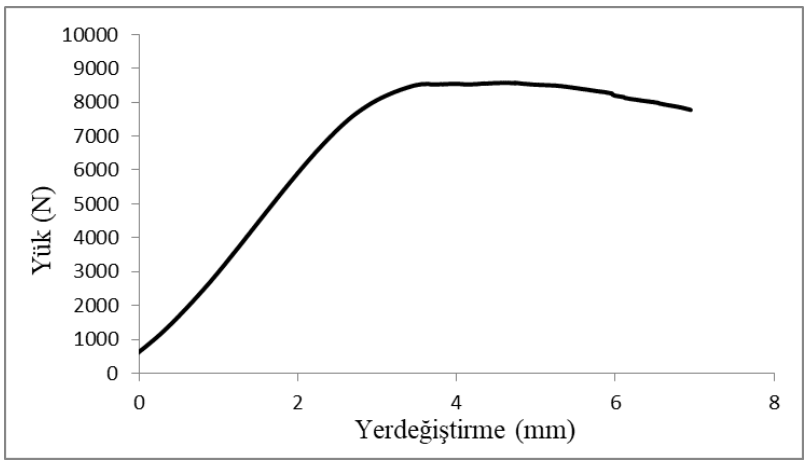
Bu test MTS Üniversal Test makinesinde dakikada 2,5 mm hızda makaslama yüklemesi yapılarak gerçekleştirilmiştir. Bu grup için 10 tekrar yapılmış olup örneklerin maksimum direnç değerleri ve kırılma biçimleri rapor edilmiştir. Buna göre 1, 2, 4, 6, 8 numaralı test örneklerinde tabakalı ağaç malzeme olan takoz malzemesinin katmanları arasında makaslama gözlemlenmiş olup zayıflık bu noktalarda görülmüştür ve birleştirme yerinde kopma olmamıştır. Diğer taraftan 3, 5, 7 numaralı örneklerde birleştirme yerinden kopma gerçekleşmiştir. Son olarak 9 ve 10 numaralı örneklerde ise ana malzemede kırılma gözlenmiştir. Bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği Şekil 62’ deki gibidir.



Şekil 62. Dört zımbalı tutkallı kızılağaç örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

3.8.3. Altı Zımbalı Tutkallı Kızılağaç Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

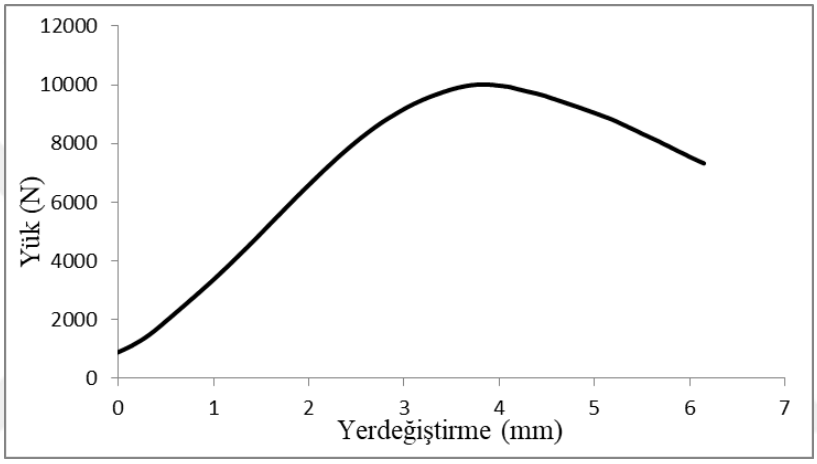
Altı zımbalı ve tutkallı kızılağaç birleştirme yerleri her birinden 10 tekrar olacak şekilde MTS Universal test makinesinde 2,5 mm/dk. hızda test edilmiştir. Test sonucunda 1, 4 numaralı örneklerde zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi ile ana malzemede ve takozda ezikler oluşturma şeklinde ayrılma görülmüştür. 2, 3, 6, 7, 8, 10 numaralı örneklerde ise takoz malzemesinin kırılması ve belden bükülmesi gözlenmiştir. Son olarak 5 ve 9 numaralı örneklerde ise ana malzemeden kırılma gözlenmiştir. Bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği Şekil 63' deki gibidir.



Şekil 63. Altı zımbalı tutkallı kızılağaç örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

3.8.4. Sekiz Zımbalı Tutkallı Kızılağaç Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

MTS Universal test makinesinde dakikada 2,5 mm hızda gerçekleşen bu testte 10 adet 8 zımba ve tutkal ile birleştirilmiş kızılağaç örneklerinin maksimum direnç değerleri ile ayrılma biçimleri ele alınmıştır. Buna göre 1, 3, 4, 7, 8, 9, 10 numaralı örneklerde takoz kırılması gözlenmiş olup 2,5 ve 6 numaralı örneklerde ana malzemeden kırılma gözlenmiştir. Bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği ise Şekil 64' deki gibidir.



Şekil 64. Sekiz zımbalı tutkallı kızılağaç örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

Tablo 9 bütün tutkallı zımbalı ilk test edilen kızılağaç örneklerine ait maksimum direnç değerlerini ve ortalama değerleri göstermektedir.

Tablo 9. Tüm kızılağaç örnekleri maksimum direnç değerleri ve ortalama değerleri

Tutkallı Zımbalı Kızılağaç Örnekleri (Kontrplak Takoz)				
Örnek No	Zımba Sayısı			
	2	4	6	8
1	9337,750	10190,90	9654,940	9660,36
2	3861,223	9386,590	10592,70	9522,77
3	8115,512	8304,710	9134,690	9650,93
4	7647,840	10243,50	7744,400	10140,4
5	10373,70	11175,70	11162,10	9367,00
6	6991,430	8333,760	9679,940	9739,60
7	8689,412	9074,800	9669,260	8478,41
8	5995,760	8299,600	10818,40	7422,86
9	9226,960	11607,00	11047,80	10013,6
10	6693,640	10121,50	8573,340	8850,73
Ortalama	8323,317	9673,800	9807,730	9284,67

Test edilen bu grup örneklerinde Tablo 9'daki sonuçlara bakıldığında, ortalama değerlerin birbirine yakın olduğu ve zımba sayısının artmasının biraz etki ettiği görülmüştür. Bir birleştirme yerlerinin gerçek performansını görmek için test edilen örnekler test sonucu birleştirme yerinde ayrılması beklenerek gerçek performansı tespit edilir. Ancak bu gruptaki örneklerin çoğu, takoz malzemesinden kırılarak test sonlanmış ve daha yüksek olması beklenen değerler daha düşük çıkmıştır. Diğer bir ifade ile tabakalı ağaç malzemeden üretilen takozlar yükleme esnasında birleştirme yerinin gerçek değerini gösterecek kadar dayanıklı olmayıp test esnasında belden bükülme ya da tabakalar arası makaslama sonucu ayrılmalar oluşmuş ve test beklenen maksimum değere ulaşmadan daha düşük bir maksimum değerde kalmıştır. Bu da birleştirme yerinin gerçek performans değerini görmeye engel olmuştur. Bu sebeple daha güçlü bir takoz malzemesi kullanılarak testler tekrar edilmiştir.

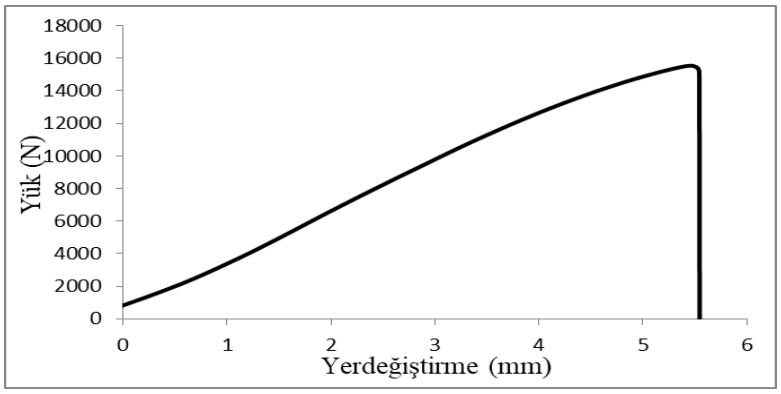
Kızılağaç tutkallı ve 2, 4, 6, 8 zımbalı örnekler en güçlü malzeme olan kayın takoz kullanılıp yeniden hazırlanıp test edilmiştir. Ayrıca diğer kayın ve sarıçam birleştirme yerleri de kayın takoz kullanarak tutkal ve zımba yardımıyla birleştirilmiş ve test edilmiştir.

3.9. Tutkallı Zımbalı Kızılağaç Birleştirme Örnekleri (Kayın Takozlu Birleştirme Yerleri)

3.9.1. İki Zımbalı Tutkallı Kızılağaç Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

MTS üniversal test cihazında dakikada 2,5 mm hızda gerçekleşen testte 10 adet 2 zımba ve tutkal ile birleştirilmiş kızılağaç örneklerinin maksimum direnç değerleri ile kırılma biçimleri incelenmiştir. Test sonucunda örneklerin tamamında zımbanın ana malzemeden bazı lif parçacıklarının takoza yapışık olarak kopması ve bununla birlikte zımba tellerinin eğilmesi ile ana malzemede ve takozda ezikler oluşturma şeklinde ayrılma gözlenmiş olup Şekil 65'de gösterilmiştir. Ayrıca, test edilen örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği Şekil 66'daki gibidir.

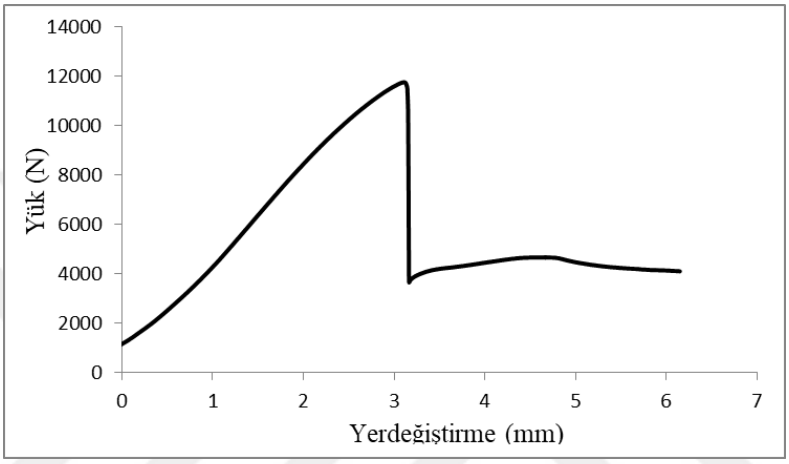
Şekil 65. Zımbanın ana malzemeden ayrılması



Şekil 66. İki zımbalı tutkallı kızılağaç örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

3.9.2. Dört Zımbalı Tutkallı Kızılağaç Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

MTS üniversal test cihazında dakikada 2,5 mm hızda gerçekleşen bu teste 10 adet tutkallı ve 4 zımba ile birleştirilmiş kızılağaç örneklerinin maksimum direnç değerleri ile kırılma biçimleri incelenmiştir. Bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği Şekil 67' deki gibidir.



Şekil 67. Dört zımbalı tutkallı kızılağaç örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

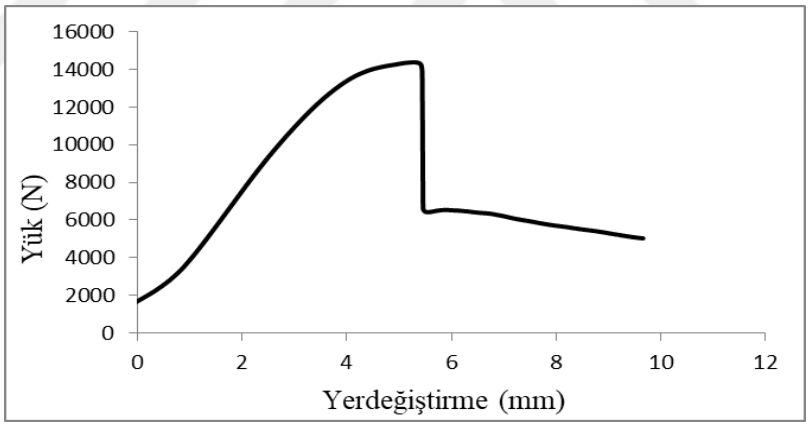
Buna göre örneklerin neredeyse tamamı birleştirme yerinden ayrılma ve ana malzemeden kopan liflerin takoza yapışık halde kalması ve zımba tellerinin eğilmesi ile ana malzemede ve takozda ezikler oluşturma şeklinde ayrılma gerçekleşmiştir. Fakat 10 numaralı örnekte ana malzemede kırılma ile takoz malzemesinde kırılma ve belden bükülme görülmüştür.

3.9.3. Altı Zımbalı Tutkallı Kızılağaç Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

MTS üniversal test makinesinde direnç değerleri ölçülen 6 zımbalı tutkallı 10 tekrar olacak şekilde test edilen her bir birleştirme yerinin maksimum direnç değerleri ve ayrılma biçimleri gözlemlenmiştir. Test sonucunda örneklerin tamamında birleştirme yerinden ayrılma ve ana malzemeden kopan liflerin takoza yapışık halde kaldığı, zımba tellerinde eğilme görülmüş olup ana malzemede ve takozda ezikler oluşmuştur. Şekil 68 zımbalı ve

tutkallı birleştirme örneklerinde meydana gelen ayrılma biçimini göstermektedir. Bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği Şekil 69'daki gibidir.

Şekil 68. Zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi

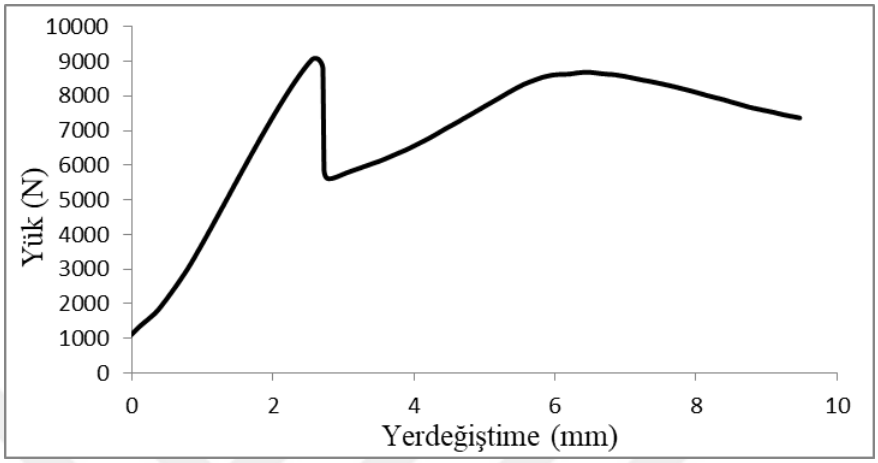


Şekil 69. Altı zımbalı tutkallı kızılağaç örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

3.9.4. Sekiz Zımbalı Tutkallı Kızılağaç Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

Sekiz zımbalı ve tutkallı kızılağaç birleştirme yerleri her birinden 10 tekrar olacak şekilde MTS Üniversal test makinesinde 2,5 mm/dk. hızda test edilmiştir. Bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği Şekil 70' deki gibidir. Şekilde görüldüğü gibi test esnasında daha önceki eğrilerden farklı olarak burada iki tepecik oluşmuştur. Bu tepeciklerden ilki tutkal hattına aitken ikincisi zımba sayesinde oluşan direnci göstermiştir.

Demirel vd. (2018) 6 ve 8 çift sıra zımbalı OSB birleştirme yerlerinin testi esnasında elde ettiği grafiklerde de iki tepecik gözlemlemiştir. İlk tepecik tutkal tarafından oluşturulan direnci gösterirken ikinci tepecik ise zımba tarafından oluşturulan direnci göstermiştir.



Şekil 70. Sekiz zımbalı tutkallı kızılağaç örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

Test sonucunda örneklerin tamamı birleştirme yerinden ayrılması ile zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi ile ana malzemede ve takozda ezikler oluşmuştur ayrıca ana malzemeden kopan liflerin takoza yapışık halde kaldığı gözlenmiştir.

Şekil 71. Zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi

Tablo 10 bütün tutkallı zımbalı kızılağaç örneklerine ait maksimum direnç değerlerini ve ortalama değerleri göstermektedir.

Tablo 10. Tüm kızılağaç maksimum direnç değerleri ve ortalama değerleri

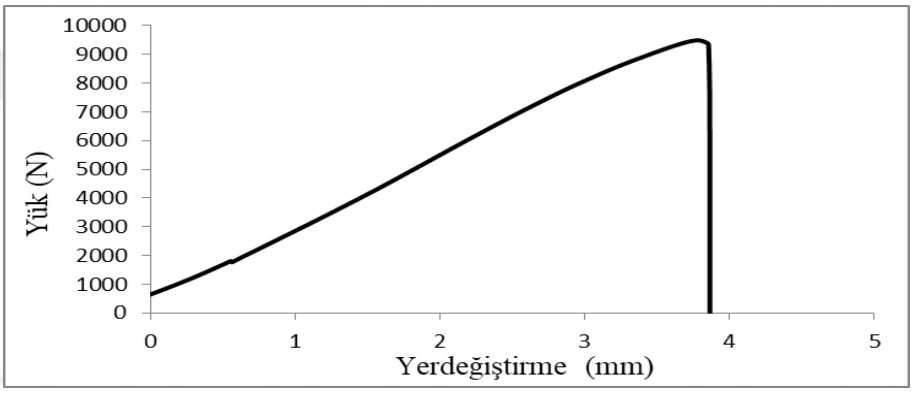
Tutkallı Zımbalı (Yeniden) Kızılağaç Örnekleri				
Örnek No	Zımba sayısı			
	2	4	6	8
1	11243,07	15142,61	12174,42	14164,64
2	15546,21	11208,25	8823,012	10387,68
3	14056,48	12468,20	12458,24	14060,13
4	13877,41	12828,47	11435,77	13214,81
5	20869,72	7297,980	11360,57	9093,350
6	16583,35	11766,28	14317,08	11439,03
7	12138,16	14956,38	14381,66	15154,33
8	9040,970	12087,06	13556,41	14155,77
9	14916,27	15084,02	12246,45	12315,14
10	15341,84	13414,12	12161,41	13115,60
Ortalama	14361,35	12625,34	12291,50	12710,05

3.10. Tutkallı ve Zımbalı Sarıçam Birleştirmeler

3.10.1. İki Zımbalı Tutkallı Sarıçam Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

MTS üniversal test makinesinde dakikada 2,5 mm hızda gerçekleşen bu testte 2 zımba ve tutkal ile birleştirilmiş 10 adet sarıçam örneklerinin maksimum direnç değerleri ile ayrılma biçimleri ele alınmıştır. Buna göre yapılan test sonucunda örneklerin tamamında birleştirme yerinden ayrılma gerçekleşmiştir. Zımbanın ana malzemeden çıkışı ile zımba tellerinin eğildiği, ana malzemede ve takozda ezikler olduğu, ayrıca ana malzemeden kopan liflerin takoza yapışık halde kaldığı gözlenmiştir. Şekil 72 bu gruba ait ayrılma şeklini göstermektedir. Bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği Şekil 73'de gösterildiği gibidir.

Şekil 72. Zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi

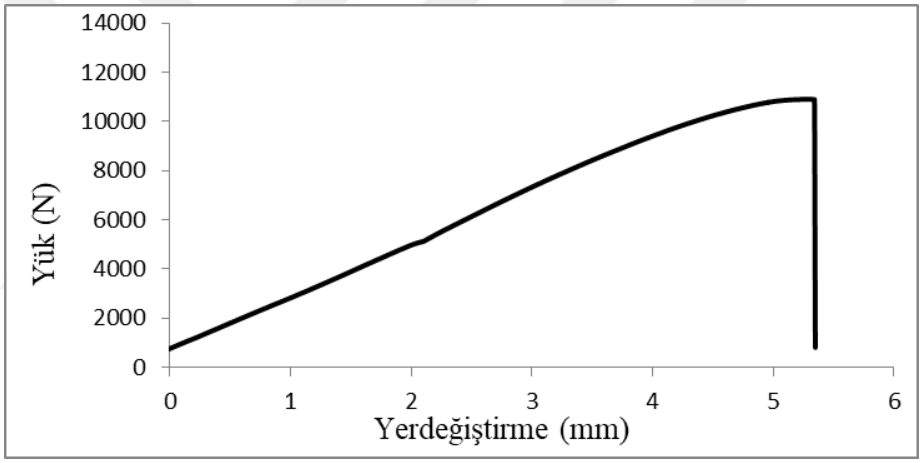


Şekil 73. İki zımbalı tutkallı sarıçam örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

3.10.2. Dört Zımbalı Tutkallı Sarıçam Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

MTS üniversal test makinesinde dakikada 2,5 mm hızda gerçekleşen bu teste 4 zımba ve tutkal yardımı ile birleştirilmiş 10 adet sarıçam örneklerinin maksimum direnç değerleri ile ayrılma biçimleri ele alınmıştır. Buna göre örneklerin tamamı zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi ile ana malzemede ve takozda ezikler oluşturma şeklinde ayrılma biçimi gözlenmiştir. Bu gruba ait ayrılma biçimi de Şekil 74' de gösterilmektedir. Ayrıca ana malzemeden kopan lifler takoza yapışık halde kalmıştır. Bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği Şekil 75'deki gibidir.

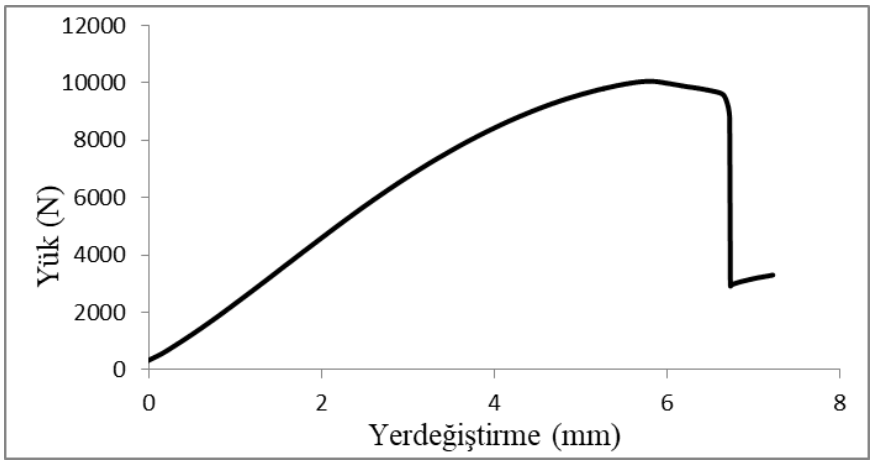
Şekil 74. Birleştirme yerinden ayrılma



Şekil 75. Dört zımbalı tutkallı sarıçam örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

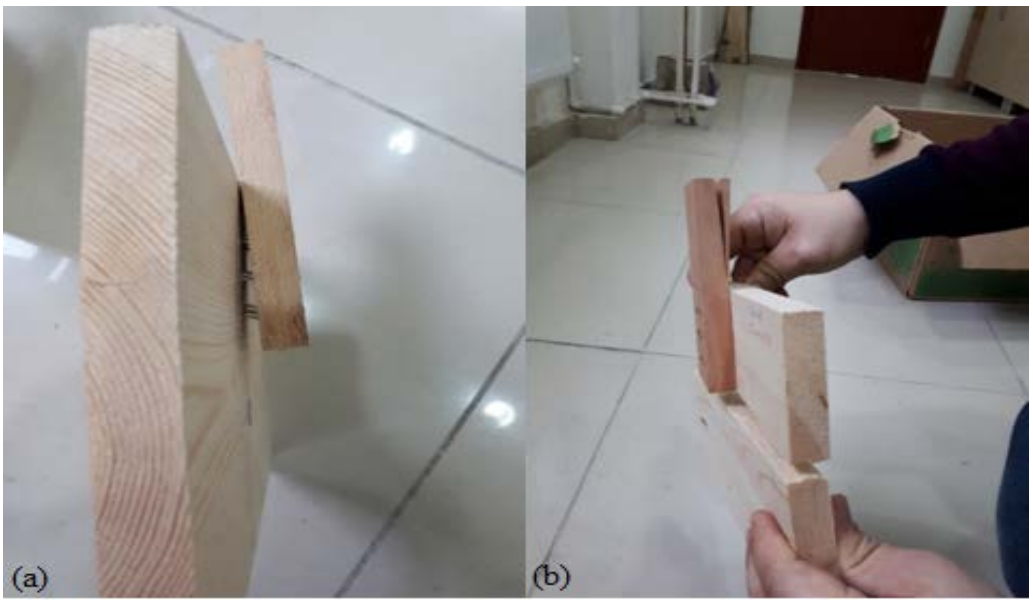
3.10.3. Altı Zımbalı Tutkallı Sarıçam Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

MTS üniversal test makinesinde dakikada 2,5 mm hızda gerçekleşen bu teste 6 zımba ve tutkal yardımı ile birleştirilmiş 10 adet sarıçam örneklerinin maksimum direnç değerleri ile ayrılma biçimleri ele alınmıştır. Bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği Şekil 76'daki gibidir.



Şekil 76. Altı zımbalı tutkallı sarıçam örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

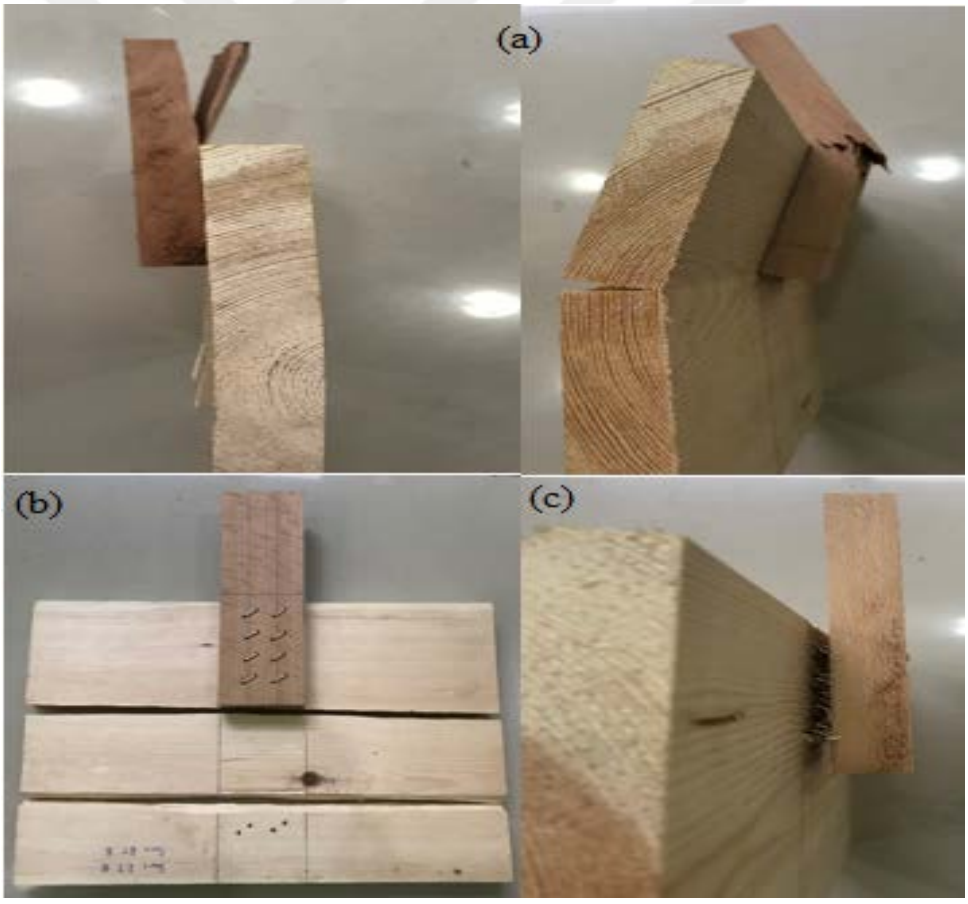
Yapılan test sonucunda örneklerin neredeyse tamamı birleştirme yerinde tutkalın ve zımbanın ana malzemeden çıkışı, zımba tellerinin eğilmesi ile ana malzemede ve takozda ezikler oluşturma şeklinde ayrılma biçimi göstermiştir. Ayrıca ana malzemeden kopan lifler takoza yapışık halde kalmıştır. Bu örnek grubunda yalnızca 5 numaralı örnek takoz malzemesi ve ana malzemeden kırılmıştır. Şekil 77 bu gruba ait ayrılma şeklini göstermektedir.



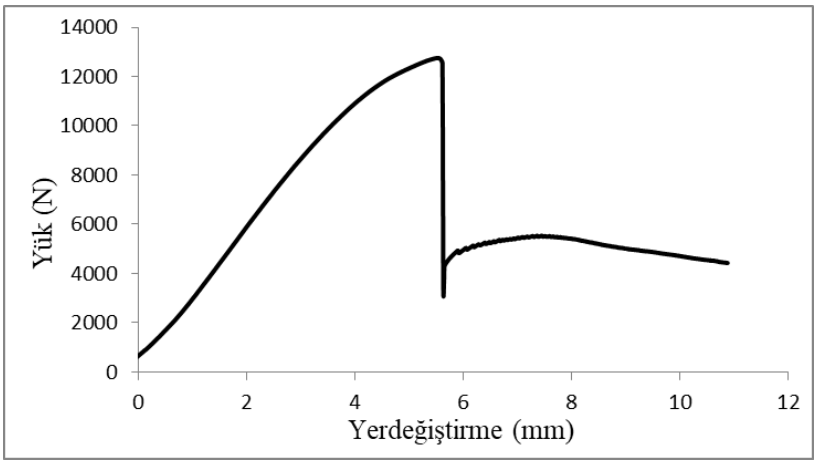
Şekil 77. Zımbanın ana malzemeden ayrılması ve zımba tellerinin eğilmesi (a), Ana malzeme ve takozda kırılma (b)

3.10.4. Sekiz Zımbalı Tutkallı Sarıçam Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

Sekiz zımbalı ve tutkallı sarıçam birleştirme yerleri her birinden 10 tekrar olacak şekilde MTS Universal test makinasında 2,5 mm/dk. hızda test edilmiştir. Test sonucu 9 numaralı örnekte takoz malzemesi kırılmıştır. 3 ve 4 numaralı örneklerde hem takoz malzemesi kırılmış hem de ana malzemede kırılma gerçekleşmiştir. 8 numaralı örnek ise sadece ana malzemeden kırılmıştır. Diğer örneklerin ayrılma biçimi ise zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi ile ana malzemede ve takozda ezikler oluşturma şeklindedir. Ayrıca ana malzemeden kopan lifler takoza yapışık halde kalmıştır. Şekil 78'de ayrılma biçimleri gösterilmiştir. Bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği Şekil 79'daki gibidir.



Şekil 78. Hem takozun belden bükülmesi hem de ana malzemeden kırılma (a), Sadece ana malzemeden kırılma (b), Birleştirme yerinden tutkalın kopması ve zımbanın çıkması (c)



Şekil 79. Sekiz zımbalı tutkallı sarıçam örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

Tablo 11 bütün tutkallı zımbalı sarıçam örneklerine ait maksimum direnç değerlerini ve ortalama değerleri göstermektedir. Tablodan görüldüğü üzere zımba sayısının artması ortalama direnç değerlerini artırmıştır.

Tablo 11. Tüm sarıçam maksimum direnç değerleri ve ortalama değerleri

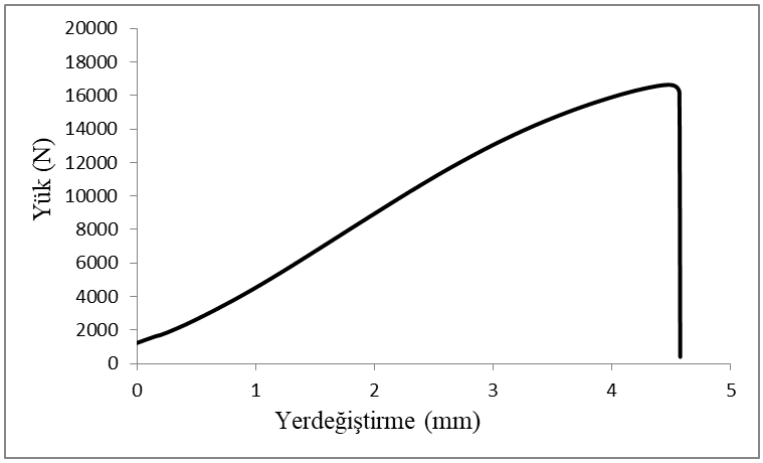
Tutkallı Zımbalı Sarıçam örnekleri				
Örnek No	Zımba sayısı			
	2	4	6	8
1	9060,188	8330,197	10063,15	11544,6
2	8781,671	10462,59	11846,31	11078,2
3	13089,64	11512,37	13437,97	13034,7
4	9301,089	10908,93	10204,38	13292,8
5	7064,322	10684,03	12404,18	12581,6
6	9202,053	10378,94	12054,05	12751,5
7	9493,347	11767,13	10902,38	14188,5
8	10867,37	10587,30	11911,64	11779,3
9	8538,880	11715,10	12134,92	10336,3
10	8890,016	11832,05	11466,81	12825,1
Ortalama	9428,857	10817,86	11642,52	12341,3

3.11. Tutkallı Zımbalı Kayın Birleştirme Örnekleri

3.11.1. İki Zımbalı Tutkallı Kayın Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

Bu test MTS Universal Test makinesinde dakikada 2,5 mm hızda makaslama yüklemesi yapılarak gerçekleştirilmiştir. Bu grup için 10 tekrar yapılmış olup örneklerin maksimum direnç değerleri ve kırılma biçimleri rapor edilmiştir. Test edilen birleştirme yerlerinin hepsi kırılma biçimi zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi ile ana malzemede ve takozda ezikler oluşturma şeklindedir. Ayrıca ana malzemeden kopan lifler takoza yapışık halde kalmıştır. Bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği Şekil 81' deki gibidir.

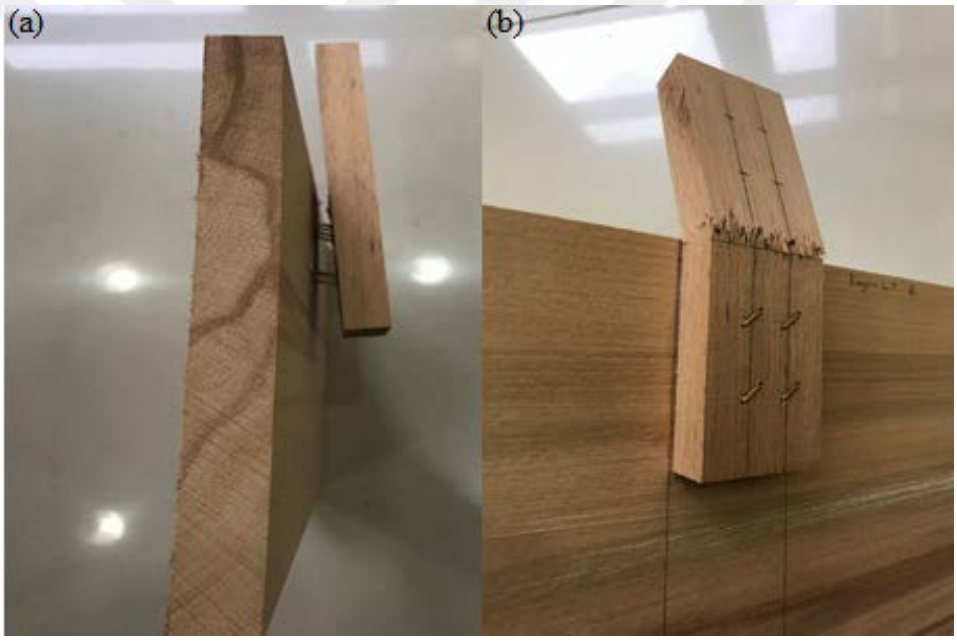
Şekil 80. Zımbanın ana malzemeden ayrılması



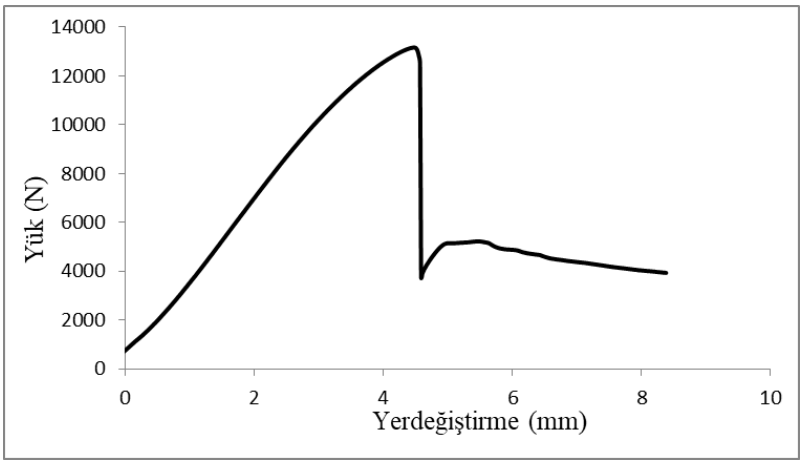
Şekil 81. İki zımbalı tutkallı kayın örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

3.11.2. Dört Zımbalı Tutkallı Kayın Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

MTS Universal test makinasında dakikada 2,5 mm hızda gerçekleşen bu testte 10 adet tutkallı ve 4 zımba ile birleştirilmiş kayın örneklerinin maksimum direnç değerleri ile kırılma biçimleri incelenmiştir. Buna göre örneklerin neredeyse tamamında zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi ile ana malzemede ve takozda ezikler oluşturma şeklinde ayrılma gözlenmiş olup ana malzemeden kopan lifler takoza yapışık halde kalmıştır. Yalnızca 10 numaralı birleştirme yerinin takoz malzemesi kırılmış ve belden bükülmüştür. Şekil 82 ayrılma biçimlerini göstermektedir. Diğer taraftan bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği Şekil 83'deki gibidir.



Şekil 82. Birleştirme yerinden tutkal hattının kopması ve zımbanın ana malzemeden çıkması (a), Takozun (yan malzeme) belden bükülmesi (b)

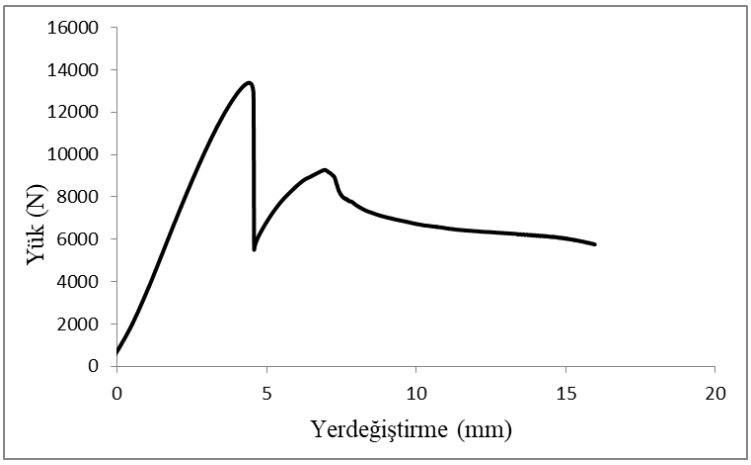


Şekil 83. Dört zımbalı tutkallı kayın örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

3.11.3. Altı Zımbalı Tutkallı Kayın Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

MTS Universal test makinesinde direnç değerleri ölçülen 6 zımbalı tutkallı birleştirme yerinin 10 tekrarla test edilen her bir örneğin maksimum direnç değerleri ölçülmüş ve kırılma biçimleri gözlenmiştir. Buna göre tüm örnekler ayrılma biçimi olarak zımbanın ana malzemeden çıkışı, zımba tellerinin eğilmesi ile ana malzemede ve takozda ezikler oluşturma, ana malzemeden kopan liflerin takoza yapışık halde kalması şeklindedir. Şekil 84 bu gruba ait örneğin ayrılma biçimini göstermektedir. Bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği ise Şekil 85' deki gibidir.

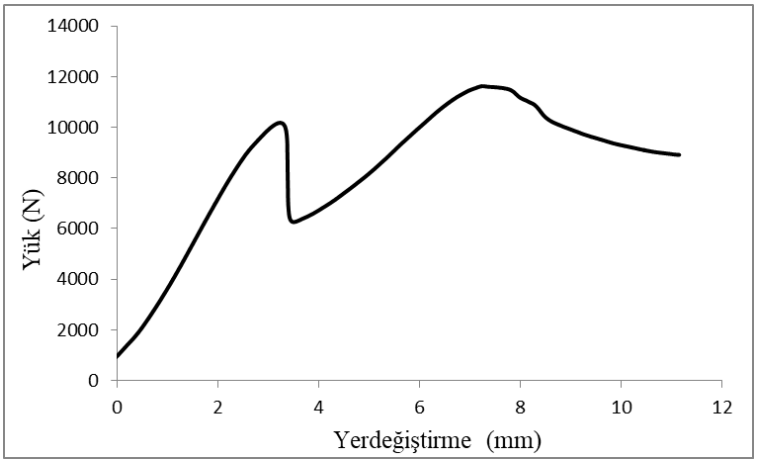
Şekil 84. Birleştirme yerinden tutkal hattının kopması ve zımbanın ana malzemeden çıkması



Şekil 85. Altı zımbalı tutkallı kayın örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

3.11.4. Sekiz Zımbalı Tutkallı Kayın Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

Sekiz zımbalı ve tutkallı kayın birleştirme yerleri her birinden 10 tekrar olacak şekilde MTS Universal test makinasında 2,5 mm/dk. hızda test edilmiştir. Bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği Şekil 86'deki gibidir. Şekil 87 ise bu gruba ait ayrılma biçimini göstermiştir.



Şekil 86. Sekiz zımbalı tutkallı kayın örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

Şekil 87. Sekiz zımbalı tutkallı kayın birleştirmeleri ayrılma biçimi

Sonuçlar incelendiğinde tüm örnekler ayrılma biçimi olarak zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi ile ana malzemede ve takozda ezikler oluşturma şeklindedir. Ayrıca birleştirme yerinden ayrılma ve ana malzemeden kopan liflerin takoza yapışık halde kaldığı gözlenmiştir. Tablo 12 bütün tutkallı zımbalı kayın örneklerine ait maksimum direnç değerlerini ve ortalama değerleri göstermektedir. Burada zımba sayısının 2 zımbadan 4 zımbaya artması direnç değerlerini artırırken 6 zımbadan 8 zımbaya artması değerleri azaltmıştır.

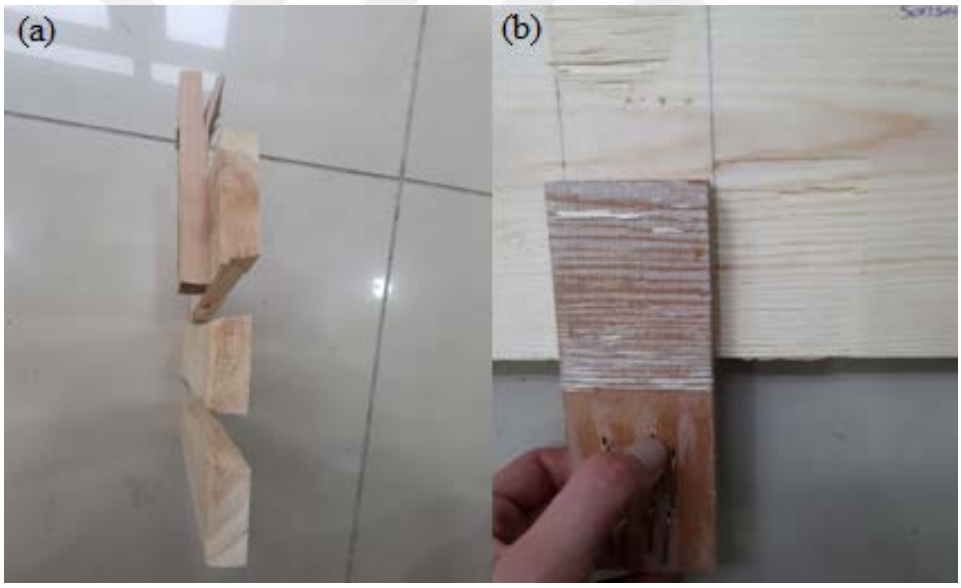
Tablo 12. Tüm tutkalı kayın örneklerinin maksimum direnç değerleri ve ortalama değerleri

Tutkallı Zımbalı Kayın örnekleri				
Örnek No	Zımba sayısı			
	2	4	6	8
1	16635,11	17224,0	13858,6	13449,7
2	14376,77	9385,88	14724,6	9958,61
3	15547,92	14410,6	11895,0	13198,8
4	5032,385	15606,4	18411,1	12425,8
5	10661,65	16134,0	15243,4	14616,3
6	13943,60	14944,5	13504,9	11626,3
7	12555,77	13161,3	14841,5	13802,3
8	16336,82	18184,0	8078,60	13059,8
9	7305,764	11113,2	13389,5	12058,3
10	16111,22	14362,6	17391,9	14339,2
Ortalama	12850,70	14452,7	14133,9	12853,5

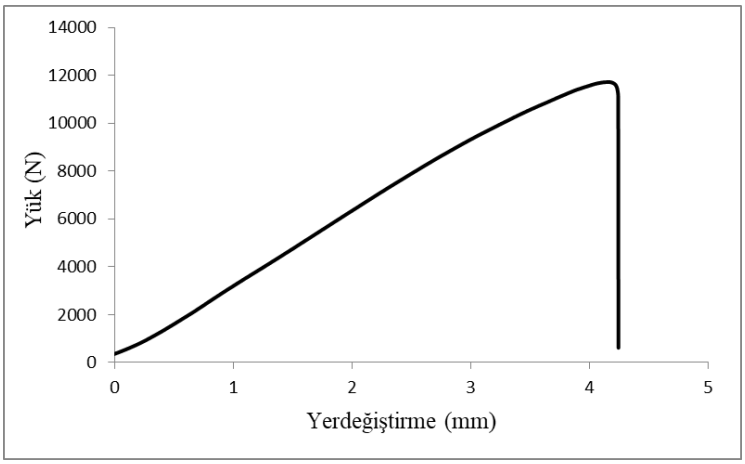
3.12. Sadece Tutkallı Birleştirme Örnekleri

3.12.1. Sadece Tutkallı Sarıçam Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

MTS Universal test makinesinde dakikada 2,5 mm hızda gerçekleşen bu testte 10 adet sadece tutkal kullanılarak kayın takozu ile birleştirilmiş sarıçam örneklerinin maksimum direnç değerleri ile ayrılma biçimleri ele alınmıştır. Yapılan test sonucunda sadece 2, 10 numaralı örneklerde takoz malzemesinin kırılarak belden bükülmesi ve ana malzemede kırılma söz konusu olurken geriye kalan diğer örneklerin hepsi birleştirme yerinden ayrılma ve ana malzemeden kopan liflerin takoza yapışık halde kalması şeklinde ayrılma gerçekleşmiştir. Şekil 88 bu gruba ait ayrılma şeklini göstermektedir. Bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği ise Şekil 89'daki gibidir.



Şekil 88. Ana malzeme ve takoz kırılması (a), Birleştirme yerinden ayrılma (b)

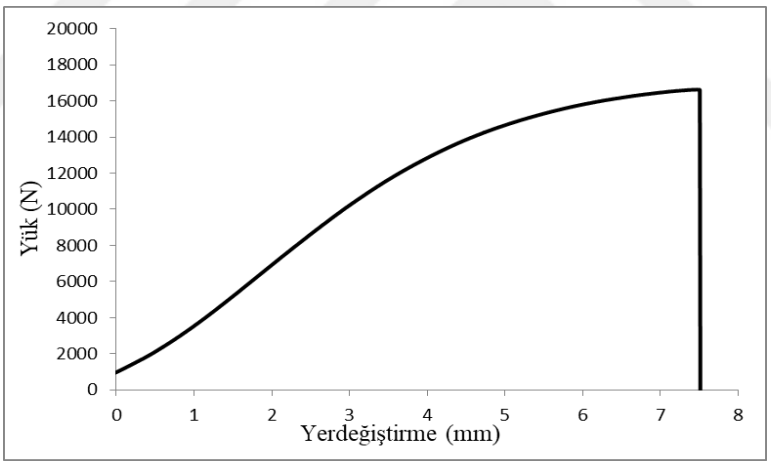


Şekil 89. Sadece tutkallı sarıçam (kayın takoz) örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

3.12.2. Sadece Tutkallı Kızılağaç Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

MTS Universal test makinesinde dakikada 2,5 mm hızda gerçekleşen bu testte 10 adet sadece tutkal kullanılarak kayın takozu ile birleştirilmiş kızılağaç örneklerinin maksimum direnç değerleri ile ayrılma biçimleri ele alınmıştır. Yapılan test sonucunda örneklerden 1, 2, 3, 4, 7, 9 numaralılar ana malzemenin kırılması ve takoz malzemenin kırılması ile belden bükülmesi şeklinde sonuçlanmıştır. Diğer taraftan 5, 6, 8, 10 numaralı örneklerde ise birleştirme yerinden ayrılma ve ana malzemeden kopan liflerin takoza yapışık halde kalması şeklinde ayrılma gözlenmiştir. Şekil 90 bu gruba ait ayrılma şeklini göstermektedir. Bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği ise Şekil 91’ deki gibidir.

Şekil 90. Takoz malzemesinin ve ana malzemenin kırılması (a), Birleştirme yerinden ayrılma (b)



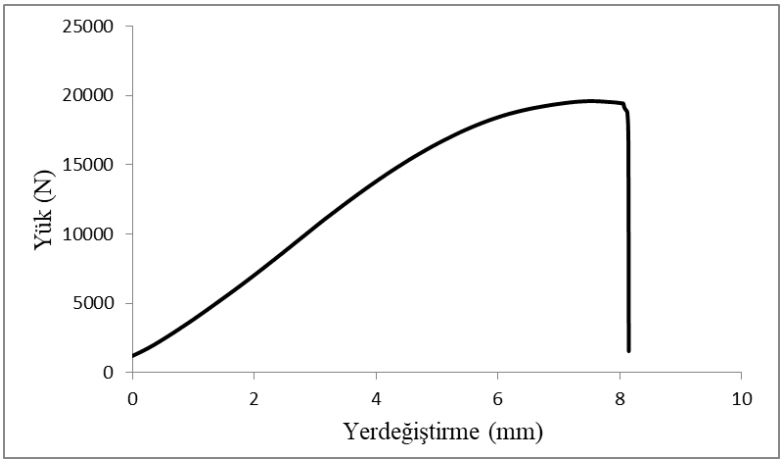
Şekil 91. Sadece tutkallı kızılağaç örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

3.12.3. Sadece Tutkallı Kayın Birleştirmeleri İçin Makaslama Testi

MTS Universal test makinesinde dakikada 2,5 mm hızda gerçekleşen bu testte 10 adet sadece tutkal kullanılarak kayın takozu ile birleştirilmiş kayın örneklerinin maksimum direnç değerleri ile ayrılma biçimleri ele alınmıştır. Yapılan test sonucunda örneklerden 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9 numaralı örneklerde ana malzemede kırılma ve takozda belden bükülerek

kırılma gerçekleşmiştir. 1 ve 7 numaralı örneklerde sadece takozda belden bükülerek kırılma gözlenmiştir. Geriye kalan 10 numaralı örnekte ise test birleştirme yerinden ayrılma ve ana malzemeden kopan liflerin takoza yapışık halde kalması şeklinde sonuçlanmıştır. Şekil 92 bu gruba ait ayrılma şeklini göstermektedir. Bu örnek gruplarına ait tipik yük-yer değiştirme grafiği ise Şekil 93' deki gibidir.

Şekil 92. Takoz malzemesinin kırılması ve belden bükülmesi (a), Birleştirme yerinden ayrılma (b), Ana malzemenin ve takoz malzemesinin kırılması (c)



Şekil 93. Sadece tutkallı kayın (kayın takoz) örneklerine ait tipik yük yer değiştirme grafiği

Tablo 13 Sadece tutkallı sarıçam, kızılağaç ve kayın ana malzemesiyle kayın takozdan elde edilen birleştirme yerlerinin maksimum direnç değerlerini ve ortalama değerlerini göstermektedir. Tablodan görüleceği üzere özgül ağırlık sarıçamdan kayına doğru arttıkça masif birleştirme yerlerinin ortalama maksimum direnç değerleri artmıştır.

Tablo 13. Kayın takozlu sadece tutkallı sarıçam kızılağaç ve kayın örneklerinin maksimum direnç değerleri ve ortalama değerleri

Örnek No	Ağam Malzeme Türü		
	Sarıçam	Kızılağaç	Kayın
1	10861,2	16618,5	16497,8
2	13816,7	19230,7	19061,5
3	12223,4	15867,6	24164,3
4	10967,0	17944,3	19599,7
5	11634,9	16324,0	19329,4
6	12036,8	16627,7	19697,9
7	9252,47	18294,8	19434,7
8	10205,3	20242,7	20292,7
9	11724,0	16218,3	16951,5
10	13056,9	16012,2	21585,7
Ortalama	11577,9	17388,1	19661,5

3.13. Birleştirme Yeri Ayrılma Biçimleri

Tablo 14 Tüm birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimlerini göstermektedir. Birleştirme biçimleri şu şekildedir. Zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi ile ana malzemede ve takozda ezikler oluşturma (AÇ), takoz malzemesinin (yan malzeme) tabakaları arasında makaslama (TM), ana malzeme kırılması (AK), takoz malzemesinin kırılması ve belden bükülmesi (TB), birleştirme yerinden ayrılma ve ana malzemeden kopan liflerin takoza yapışık halde kalması (BA) şeklinde belirlenmiştir. Buna sadece tutkallı birleştirme yerlerinde TB-AK çoğunlukla birlikte görülmüş olup bu tür örnek sayısı 15'tir. Diğer sadece tutkallı birleştirme yerlerinde 13 adet BA ayrılma biçimi gözlemlenmişken ve 2 adette TB gözlemlenmiştir.

Sadece zımbalı tek sıra ve çift örneklerin neredeyse tamamında AÇ ayrılma biçimi gözlemlenmiş olup bu 196 örneğe tekabül etmiştir. Ayrıca bu tip birleştirme yerlerinde 7 adette TM tipi ayrılma biçimi gözlemlenmiştir. AK ayrılma biçimi sayısı ise 6 adettir.

Tutkallı ve zımbalı örneklerde ayrılma biçimi olarak çoğunlukla BA-AÇ tipi ayrılma biçimi gözlemlenmiş olup bunların sayısı 113'tür. Bu tip birleştirme yerlerinde 4 adet AK-TB tipi ayrılma gözlemlenirken, 1 adet AK, 2 adette TB tipi ayrılma biçimi gözlemlenmiştir.

Tablo 14. Birleştirme yerlerine ait ayrılma biçimleri

Ağaç Türü		Birleştirme Yerinde Ayrılma Biçimleri											
		Tek sıra Zımba				Çift Sıra Zımba				Tutkal ve Çift Sıra Zımba			
		Zımba Sayısı											
		0*	2	3	4	2	4	6	8	2	4	6	8
Sarıçam	1	BA	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AK	AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ
	2	TB-AK	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ
	3	BA	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AK	AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	AK-TB
	4	BA	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	AK-TB
	5	BA	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AK	AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	AK-TB	BA-AÇ
	6	BA	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ
	7	BA	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ
	8	BA	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	AK
	9	BA	AÇ	AÇ	TM	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	TB
	10	TB-AK	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AK	AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ
Kızılağaç	1	TB-AK	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ
	2	TB-AK	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ
	3	TB-AK	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ
	4	TB-AK	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ
	5	BA	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ
	6	BA	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ
	7	TB-AK	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ
	8	BA	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	TM	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ
	9	TB-AK	AÇ	AÇ	TM	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ
	10	BA	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	BA-AÇ	AK-TB	BA-AÇ	BA-AÇ
Kayın	1	TB	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ
	2	TB-AK	AÇ	TM	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ
	3	TB-AK	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ
	4	TB-AK	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AK	AK	AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ
	5	TB-AK	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ
	6	TB-AK	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ
	7	TB	AÇ	AÇ	TM	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ
	8	TB-AK	AÇ	AÇ	TM	AÇ	AÇ	TM	AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ
	9	BA	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ	BA-AÇ
	10	TB-AK	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	AÇ	BA-AÇ	TB	BA-AÇ	BA-AÇ

*Sadece tutkallı birleştirme yerleri

Demirel vd. (2013) çalışmasında tek sıra zımbalı birleştirme yerlerinin tamamında ve Demirel vd. (2014 ve 2018) çift zımbalı birleştirme yerlerinin tamamının test edilmesi sonucunda AÇ tipi ayrılma biçimi gözlemlenmiştir. Demirel vd. (2018) çalışmasında tutkallı ve zımbalı örneklerin tamamında BA ve AÇ ayrılma biçimleri birlikte gözlemlenmiştir. Bu sayede mevcut çalışmadaki ayrılma biçimleri literatür

çalışmalarındaki ayrılma biçimleriyle gerek birleştirme tipi ve gerekse ayrılma tipi olarak örtüşmektedir.

4. TARTIŞMA

4.1. Tek Sıra Zımbalı Birleştirmeler

Üç farklı ağaç türü kullanarak tek sıra zımba ile birleştirilmiş mobilya birleştirme yerlerine ait ortalama maksimum yanal makaslama direnci değerleri Tablo 15' de verilmiştir. Her ortalama değer 10 test tekrarına tekabül eder.

Tablo 15. Tek sıra zımba ile birleştirilmiş mobilya birleştirme yerlerine ait ortalama yanal makaslama direnci değerleri ve varyans sabiti değerleriyle birlikte.

Zımba Sayısı	Ağaç Türü		
	Sarıçam	Kızılağaç	Kayın
2	1721 (8)	2027 (12)	2562 (13)
3	2602 (8)	3305 (14)	3632 (8)
4	3498 (10)	4487 (10)	4893 (11)

*Parantez içindeki sayılar varyans sabit değerlerini göstermektedir.

Ortalama maksimum yanal makaslama değerleri üzerine zımba sayısının, ağaç türünün ve bunların etkileşimlerinin etkisini incelemek üzere iki faktör varyans analizi (ANOVA) genel doğrusal model uygulanmış ve sonuçlar Tablo 16' daki ANOVA tablosunda özetlenmiştir.

Tablo 16. Her bir 10 tekrarlı her bir örnek grubuna ait 3'e 3 tek sıra zımbalı birleştirme yerlerinin ana etkileri ve etkileşimleri için genel doğrusal model değerleri

Source	**DF**	**F Değeri**	**Pr > F**	
AT	2	87.09	**<.0001**	Ö
ZS	3	596.22	**<.0001**	Ö
AT*ZS	6	May.31	**0.0338**	Ö

Ö= Önemli; AT= Ağaç Türü; ZS=Zımba Sayısı.

ANOVA sonuçları göstermiştir ki, ağaç türü ve zımba sayısı arasındaki istatistiki etkileşim 0.05' ten küçük olduğu için (0,0338) bu etkileşim istatistiki anlamda önemli bulmuştur. Tablo 17 ve 18 tek sıra zımbalı birleştirme yerlerine ait ortalama maksimum yanal makaslama direnç değerlerini sırasıyla ağaç türü ve zımba sayısına göre vermiştir. İstatistik analiz sonucu 9 sonuç elde edilmiştir. Yüzde 5 anlamlılık düzeyinde korunan en az önemli fark (LSD) çoklu karşılaştırma prosedürü sonucu 279 Newton' luk tek LSD değerini ile ortalama sonuçlar karşılaştırılarak istatistiki farklar belirlenmiştir.

Tablo 17. Tek sıra zımbalı birleştirmelere ait ortalama yanal makaslama değerlerinin ağaç türüne göre kıyaslanması

Zımba Sayısı	Ağaç Türü		
	Sarıçam	Kızılağaç	Kayın
2	1721 (B)	2027 (B)	2562 (A)
3	2602 (C)	3305 (B)	3632 (A)
4	3498 (C)	4487 (B)	4893 (A)

*Parantez içindeki farklı harfler istatistiksel farkları göstermektedir.

Tablo 18. Tek sıra zımbalı birleştirmelere ait ortalama yanal makaslama değerlerinin zımba sayısına göre kıyaslanması

Ağaç Türü	Zımba Sayısı		
	2	3	4
Sarıçam	1721 (C)	2602 (B)	3498 (A)
Kızılağaç	2027 (C)	3305 (B)	4487 (A)
Kayın	2562 (C)	3632 (B)	4893 (A)

*Parantez içindeki farklı harfler istatistiksel farkları göstermektedir.

4.1.1. Ağaç Malzeme Türü Etkisi

Tablo 17'de görüldüğü gibi üç faklı ağaç malzemeden elde edilen tek sıra zımbalı birleştirme yerlerinin ortalama yanal makaslama direnci değerleri arasında istatistiki olarak fark bulunmuştur. Buna göre kayın ağacından üretilmiş tek sıralı 2, 3 ve 4 zımbadan oluşturulmuş birleştirme yerlerinin ortalama yanal makaslama değerleri diğer ağaç türlerinden elde edilenlerinkinden istatistiki olarak daha fazla çıkmıştır. Yine kızılağaç kullanarak tek sıralı 2, 3 ve 4 zımbadan oluşturulmuş birleştirme yerlerinin ortalama yanal

makaslama direnç değerleri istatistiki olarak kayın ağacından üretilenlerinkinden küçük, sarıçamdan üretilenlerinkinden büyük çıkmıştır. Sadece kızılağaç kullanarak tek sıralı 2 zımbadan oluşturulmuş birleştirme yerlerinin ortalama yanal makaslama direnç değerlerinin 2 zımbalı sarıçamdan üretilen örnekler ile ortalama yanal makaslama değerleri arasında istatistiki olarak bir fark bulunmamıştır. Burada yoğunluğu en yüksek ağaç olan kayın ağacından üretilen birleştirme yerlerinin ortalama direnç değerleri kızılağaç ve sarıçamdan üretilenlerinkinden istatistiki olarak daha fazla çıkarken en düşük yoğunluklu sarıçam ağacından üretilen birleştirme yerlerinin ortalama yanal makaslama direnç değerleri en düşük çıkmıştır. Bu farklar ağaç malzemelerin özgül ağırlıklarının farklı olmasından kaynaklanabilir. Keza Demirel vd. (2013) tek sıra zımbalı OSB birleştirme yerlerinin yanal makaslama direnci değerleri üzerine çalışmış ve yoğunlukları birbirinden farklı üç OSB malzemesi kullanmıştır. OSB III en fazla yoğunluğa sahipken bunu OSB II ve OSB I takip etmiştir. Sonuçlar OSB III ve OSB II'den üretilen birleştirme yerlerinin ortalama maksimum yanal makaslama direnci değerlerinin OSB I'den üretilenlerinkinden istatistiki olarak daha fazla olduğu belirlenmiş ve bunun nedeni olarak OSB direncinin malzemenin orta tabaka yoğunluğuna karşı hassas olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar bizim çalışmamızın sonucuyla örtüşmektedir.

4.1.2. Zımba Sayısı Etkisi

Tablo 18'de görüldüğü üzere tek sıra 4 zımbalı birleştirme yerlerinin ortalama maksimum yanal makaslama direnç değerleri tek sıra 3 ve 2 zımbalı birleştirme yerlerininkinden istatistiki anlamda daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde tek sıra 3 zımbalı birleştirme yerlerinin ortalama maksimum yanal makaslama direnç değeri, tek sıra 2 zımbalı birleştirme yerlerinkinden istatistiki anlamda daha fazla olduğu görülmüştür. Demirel vd. (2013) çalışmasında üç farklı OSB malzemesinden elde edilen tek sıralı birleştirme yerlerinin ortalama maksimum yanal makaslama direnç değerlerinin zımba sayısının 2 den 4 e artmasıyla istatistiki olarak arttığı gözlemlenmiştir. Genel itibariyle sonuçlarda net olarak görülmüştür ki zımba sayısının artması ile tek zımbalı birleştirme yerlerinin ortalama maksimum direnç değerlerini artırdığı gözlemlenmiştir.

4.2. Çift Sıra Zımbalı Birleştirmeler

Üç farklı ağaç türü kullanarak çift sıra zımba ile birleştirilmiş mobilya birleştirme yerlerine ait ortalama maksimum yanal makaslama direnç değerleri ve bu değerlerin varyans sabitleri Tablo 19'da verilmiştir. Tablodaki her ortalama değer 10 test örneği sonucunun ortalamasıdır.

Tablo 19. Çift sıra zımba ile birleştirilmiş mobilya birleştirme yerlerine ait ortalama maksimum yanal makaslama direnci değerleri ve varyans sabiti değerleriyle birlikte

Zımba Sayısı	Ağaç Türü		
	Sarıçam	Kızılağaç	Kayın
2	1508 (15)	1850 (9)	1572 (7)
4	3037 (10)	3980 (9)	4223 (12)
6	3134 (22)	5368 (23)	6356 (6)
8	5327 (8)	8000 (15)	8834 (6)

*Parantez içindeki sayılar varyans sabit değerlerini göstermektedir.

Ortalama maksimum yanal makaslama direnç değerleri üzerine zımba sayısının, ağaç türünün ve bunların etkileşimlerinin etkisini incelemek üzere iki faktör varyans analizi (ANOVA) genel doğrusal model uygulanmış ve sonuçlar Tablo 20'daki ANOVA tablosunda özetlenmiştir.

Tablo 20. Her bir 10 tekrarlı örnek grubuna ait 3'e 3 çift sıra zımbalı birleştirme yerlerinin ana etkileri ve etkileşimleri için genel doğrusal model prosedür değerleri

Kaynak	**DF**	**F Değeri**	**Pr > F**	
AT	2	109.96	**<.0001**	Ö
ZS	3	453.09	**<.0001**	Ö
AT*ZS	6	20.33	**<.0001**	Ö

Ö= Önemli; AT= Ağaç Türü; ZS=Zımba Sayısı.

Tablo 20'deki ANOVA sonuçlarına göre ağaç türü ve zımba sayısı arasındaki etkileşim istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Tablo 21 ve 22 çift sıra zımbalı birleştirme yerlerine ait ortalama maksimum yanal makaslama direnci değerlerini sırasıyla

ağaç türü ve zımba sayısına göre vermiştir. İstatistik analiz sonucu 9 sonuç elde edilmiştir. Yüzde 5 güven düzeyinde korunan en az önemli fark (LSD) çoklu karşılaştırma prosedürü sonucu 547 Newton' luk tek LSD değerini ile ortalama sonuçlar karşılaştırılarak istatistiki farklar belirlenmiştir.

Tablo 21. Çift sıra zımbalı birleştirmelere ait ortalama maksimum yanal makaslama değerlerinin ağaç türüne göre kıyaslanması

Zımba Sayısı	Ağaç Türü		
	Sarıçam	Kızılağaç	Kayın
2	1508 (A)	1850 (A)	1572 (A)
4	3037 (B)	3980 (A)	4223 (A)
6	3134 (C)	5368 (B)	6356 (A)
8	5327 (C)	8000 (B)	8834 (A)

*Parantez içindeki farklı harfler istatistiksel farkları göstermektedir.

Tablo 22. Çift sıra zımbalı birleştirmelere ait ortalama maksimum yanal makaslama değerlerinin zımba sayısına göre kıyaslanması

Ağaç Türü	Zımba Sayısı			
	2	4	6	8
Sarıçam	1508 (C)	3037 (B)	3134 (B)	5327 (A)
Kızılağaç	1850 (D)	3980 (C)	5368 (B)	8000 (A)
Kayın	1572 (D)	4223 (C)	6356 (B)	8834 (A)

*Parantez içindeki farklı harfler istatistiksel farkları göstermektedir.

4.2.1. Ağaç Malzeme Türü etkisi

Tablo 21' den gözlemleneceği üzere 6 ve 8 zımba kullanarak oluşturulan çift sıra birleştirme yerlerinin, ortalama maksimum yanal makaslama direnci değerleri kayın ağacından üretilenlerde istatistiki olarak en yüksek çıkarken, bunu kızılağaç takip etmiş ve en düşük değer yine tek sıralı zımbalı birleştirmelerde olduğu gibi çift sıra zımbalı sarıçam birleştirme yerlerinde gözlemlenmiştir. Söz konusu ilişki 4 zımbalı çift sıra birleştirmelerde farklı olup kayın ve kızılağaçtan yapılan çift sıra 4 zımbalı birleştirme yerlerinin ortalama maksimum direnç değerlerinde istatistiki bir fark bulunmayıp bu sonuçlar sarıçam odunundan elde edilmiş 4 zımbalı birleştirme yerlerinkinden istatistiki

olarak daha yüksek çıkmıştır. Oysa 2 zımbalı çift sıra zımbalı birleştirme yerlerinde ortalama yanal makaslama direnç değerleri arasında istatistiki bir fark bulunamamıştır. Buradan anlaşılacağı üzere ağaç türü farklılıkları arasında zımba sayısının etkisi gözlemlenmiş olup zımba sayısı arttıkça farklı ağaç malzemelerden elde edilen birleştirme yerlerinin direnç değerleri arasında istatistiki olarak fark çıkmaktadır. Demirel ve Zhang (2014) çalışmasında üç farklı OSB malzemesinden elde edilen çift sıra zımbalı birleştirme yerlerinin yanal makaslama direnç değerlerini incelemiş ve sonuçlar göstermiştir ki yüksek yoğunluklu OSB III birleştirme yerleri en yüksek direnci gösterirken bunu OSB II (orta yoğunluklu) ve OSB I (düşük yoğunluklu) takip etmiştir. Ancak burada tıpkı bizim çalışmamızda olduğu gibi farklı yoğunluklu OSB türlerinden elde edilen birleştirme yerlerinin ortalama maksimum yanal makaslama direnci değerleri arasındaki istatistiki olarak önemli olup olmadığı kullanılan zımba sayısına bağlı olmuştur. Zımba sayısının 2 den 8 artması ağaç malzemeler arasındaki farkın önemsizlikten önemliye doğru meylettiği görülmektedir. Zımba sayısının 4 ten az olması durumunda birleştirme yerinin direncinin OSB yoğunluğuna olan hassasiyeti az iken bu hassasiyet zımba sayısının 6 dan fazla olması durumunda artmaktadır. Bu çalışmanın sonucu bizim çalışmamızda çıkan sonuçla birebir örtüşmektedir. Keza bizim çalışmamızda da zımba sayısının 4 ten az olması durumunda birleştirme yerinin direncinin ağaç malzeme yoğunluğuna olan hassasiyeti az iken bu hassasiyet zımba sayısının 6 dan fazla olması (6 ve 8) durumunda artmaktadır.

4.2.2. Zımba Sayısı Etkisi

Tablo 22 de görüldüğü üzere kayın ve kızılağaç kullanılarak yapılmış çift sıra zımbalı birleştirme yerlerinin ortalama maksimum yanal makaslama direnç değerleri 8 zımbalı birleştirmelerde istatistiki olarak en büyük olup bunu 6 zımbalı, 4 zımbalı ve 2 zımbalı birleştirme yerleri takip etmektedir. Sarıçamdan üretilmiş çift sıra zımbalı birleştirme yerlerinde benzer durum gözlenirken sadece 6 zımbalı sarıçam birleştirme yerleriyle 4 zımbalı sarıçam birleştirme yerleri arasında istatistiki bir fark bulunamamıştır. Ancak genel itibariyle zımba sayısının artması çift sıra zımbalı birleştirme yerlerinin yanal makaslama direncini artırmıştır. Bu sonuç literatürle de örtüşmektedir. Keza Demirel ve Zhang (2014) çift sıra zımbalı OSB birleştirme yerlerinin ortalama maksimum direnç

değerlerinin zımba sayısının ikiden sekize ikişerli artması sonucu istatistiki olarak arttığını tespit etmişlerdir.

4.3. Tahmin Denklemleri

4.3.1. Tek Sıralı Zımba Birleştirmeleri İçin

Zımba sayısının, farklı ağaç malzemelerden tek sıra olarak hizalanmış çoklu zımbalarla oluşturulan birleştirme yerlerinin yanal makaslama direnci üzerindeki etkisini ölçmek için, Zhang ve Quin in çalışmasında kullanılan denklem (2010) bu çalışmaya adapte edilmiştir (Zhang ve Quin 2010).

$$P_{TS} = K \times N^{a} \quad (1)$$

Burada ki P_{TS} = dikey olarak hizalanmış çoklu zımba birleştirmeleri (N) tek sıra zımbalı maksimum yanal makaslama yükü; N = zımba sayısı; K ve a = regresyon sabitleri.

Regresyon sabitlerini türetmek için, denklem (1)' in her iki tarafının log 10'u alınarak aşağıdaki denklemi elde edilmiştir:

$$\log_{10} P_{TS} = \log_{10} K + a \log_{10} N \quad (2)$$

Daha sonra denklem 2 $Y = \log10\ P_{TS}$; $b = \log10\ K$; ve $x = \log10\ N$, olacak şekilde doğrusal bir denkleme dönüştürülmüştür:

$$y = b + a\,x \quad (3)$$

Doğrusal regresyon analizi yapmak için, her bir zımba sayıları belirtilerek ağaç türü için 60'ar adet test sonucunu kullanılır. Tablo 23'de gösterildiği gibi, üç sütuna test örnek sayısı, örnekte kullanılan zımba sayısı ve maksimum yük değerleri sırasıyla yazılır. Daha sonra, zımbasının ve maksimum yük değerlerinin bulunduğu ikinci ve üçüncü sütunlardaki değerlerin, Tablo 24'de gösterildiği gibi logaritmik 10 (log10) değerleri alınır.

Tablo 23. Her bir ağaç türü materyali için, (buradaki değerler Sarıçam içindir) 60 yanal makaslama testi sonucu elde edilen maksimum yük değerlerinin regresyon analizi için düzenleniş şekli

Örnek Sayısı	Zımba Sayısı (*N*)	Maksimum Yük (*P*)
1	1	790
2	1	796
3	1	912
.	.	.
.	.	.
.	.	.
60	4	3616

Tablo 24. Zımba sayısının ve maksimum yanal yük değerlerinin sarıçam için Log 10 değerine çevrilmesi

Örnek Sayısı	Log10 *N* (x)	Log10 *P* (y)
1	0	2,897627
2	0	2,900913
3	0	2,959995
.	.	
.	.	
.	.	
60	0.602059991	3,558228

Değerlerin Logaritması alındıktan sonra, her ağaç malzeme grubu için lineer regresyon analizi yapılmıştır. Tablo 25, Sarıçam verilerinin doğrusal regresyon analizinin sonuçlarını vermektedir.

Tablo 25. Sarıçam verilerinin doğrusal regresyon analizi sonuçları

Değişken	DF	Parametre Tahmin	Pr > |t|
Sabit Sayı	1	**2,90636**	< .0001
a	1	**1,06**	< .0001

Since b = 2,90636 olduğu için K değeri hesaplanırken log10 K= 2,90636 şeklinde yazılır ve K = $10^{2,90636}$ = 806 olarak hesaplanır.

Sarıçam kullanılarak tek sıra olarak hizalanmış çoklu zımba birleştirme yerlerinin yanal makaslama direnç yükünü tahmin etmek için elde edilen denklem, aşağıdaki şekilde ifade edilebilmiştir:

$$P = 806 \times N^{1.06}$$ (Sarıçam için)

Kızılağaç ve Kayın için K ve "a" regresyon sabitleri, Sarıçam için yukarıda uygulanan benzer adımlarla elde edilmiştir. Tablo 26, üç farklı ağaç malzemeden üretilmiş zımbalı birleştirme yerleri için regresyon analizi sonucu elde edilmiş denklemleri oluşturan K,a katsayılarını özetlemektedir. Resgresyon sonucu söz konusu tahmin denklemleri kızılağaç ve kayın için sırasıyla şu şekildedir;

$$P = 1028 \times N^{1.05}$$ (Kızılağaç için)

$$P = 1235 \times N^{0.99}$$ (Kayın için)

Tablo 26'daki K değerleri 6. sütundaki, tek zımbalı birleştirme yerlerinin maksimum yanal direnci değerleri (F0) ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 26. Üç farklı ağaç malzemede dikey bir sıra olarak hizalanmış çoklu zımba ile bağlanmış birleştirme yerlerine ait ortalama maksimum yanal direnç yüklerinin ortalama değerleri ile tahmin denklemleri için türetilmiş denklemler için regresyon sabitleri, r^2 ve p değerleri

Ağaç Türü	K	a	r^2	p değeri	F_0	K/F_0
Sarıçam	806	1,06	0,97	< .0001	809	1,00
Kızılağaç	1028	1,05	0,97	< .0001	1043	0,99
Kayın	1235	0,99	0,97	< .0001	1233	1,00

Tablodan görüldüğü gibi K değerlerinin her bir ağaç türü için tek zımbalı birleştirme yerlerinin maksimum direnç değerlerine oranı sarıçam ve kayında 1, kızılağaçta ise 0,99 çıkmıştır. Söz konusu değerler birbirlerine çok yakın olduğu için denklem (1) 'deki regresyon sabiti K, her bir ağaç türü için tek zımbalı birleştirme yerlerinin direnç yükü ile değiştirilmiştir. Buna göre denklem aşağıdaki şeklini almıştır:

$$P_{TZ} = F_O \times N^{1,03} \tag{4}$$

Buradaki F_0 = her bir ağaç malzemeye ait tek zımbalı birleştirme yerlerinin maksimum yanal makaslama yükü (N); N = zımba sayısını ifade etmektedir.

Buna göre her bir ağaç türü için türetilen denklemler şu şekildedir:

$P_{TZ} = 809 \times N^{1,03}$ Sarıçam

$P_{TZ} = 1043 \times N^{1,03}$ Kızılağaç

$P_{TZ} = 1233 \times N^{1,03}$ Kayın

Daha sonra her üç ağaç türüne ait sonuçların logaritmasının alındığı ve bir araya getirildiği Tablo 27'deki verilere dayanan bir regresyon analizi daha yapılarak, a sabiti 1,03 olarak r^2 değeri ise 0,97 olarak elde edilmiştir. Buna göre, farklı ağaç malzemelerde tek sıra dikey hizalanmış çoklu zımba ile oluşturulan birleştirme yerlerinin yanal

makaslama direnci, a sabiti 1,03 olarak tek bir sayıya indirgenerek denklemi (4) oluşturulmuş ve sonuçları tahmin etmede kullanılmıştır. Bu denklem, bir tek sıralı zımbalardan oluşan birleştirme yerlerinin yanal makaslama direncini tahmin etmek için her bir ağaç türüne ait tek zımbalı birleştirme yerlerinin ortalama maksimum yanal makaslama direnci değerinin bilinmesini gerektirir.

Tablo 27. Her bir ağaç türüne ait tek zımba maksimum yanal makaslama değerlerinin, zımba sayısının ve tek sıralı çok zımba maksimum yanal makaslama değerlerinin regresyon analizi için logaritmalarının alınmış halleri

Örnek Sayısı	$\text{Log}_{10} F_O$ (Log_{10} 226)	$\text{Log}_{10} N$ (Log_{10} 1)	$\text{Log}_{10} P$
1	2,90795	0	2,89789
2	2,90795	0	2,9011
3	2,90795	0	2,95997
.	.	.	.
60	.	.	.
	(Log_{10} 268)	(Log_{10} 1)	(Log_{10} P)
61	3,01828	0	2,99633
.	.	.	.
.	.	.	.
	(Log_{10} 303)	(Log_{10} 1)	(Log_{10} P)
120	3,09096	0	3,14251
.	.	.	.
180	3,09096	0,60206	3,67718

Zımba sayısının ve ağaç malzeme yoğunluğunun sarıçam, kızılağaç ve kayın kullanarak tek sıra zımba ile oluşturulmuş birleştirme yerlerinin yanal yük direnci üzerindeki etkilerini ölçmek için, güç denklemi (5) bir diğer tahmin denklemi olarak bu çalışmaya adapte edilmiştir:

$$P_{TS} = K \times D^{a} \times N^{b} \tag{5}$$

Burada P_{TS} = tahmin edilen ortalama tek sıra dikey sıralı çoklu zımba birleştirme yerlerinin maksimum yanal makaslama direnci (N); N = zımba sayısı; D = ağaç malzeme yoğunluğu (gr/cm^3); a ve b = regresyon sabitleri.

Her üç ağaç türünden elde edilmiş birleştirme yerine ait verilerden birleştirilmesi ve Tablo 28 'de logaritmalarının alınmasıyla yürütülen regresyonun sonucu, K, a, b regresyon sabitleri sırasıyla 4490, 2.15 ve 1.03 olarak belirlenmiştir.

Tablo 28. Üç farklı ağaç malzemenin yoğunluğu, zımba sayısı ve çoklu zımba maksimum yanal yükünün logaritmik dönüşümleri

Örnek Sayısı	$\text{Log}_{10}\ D$	$\text{Log}_{10}\ N$	$\text{Log}_{10}\ P$
	(Log_{10} 0,45)	(Log_{10} 1)	
1	-0,3449	0	2,89789
2	-0,3449	0	2,9011
3	-0,3449	0	2,95997
.	.	.	.
60	.	.	.
	(Log_{10} 0,51)	(Log_{10} 1)	(Log_{10} P)
61	-0,2924	0	2,99633
.	.	.	.
.	.	.	.
	(Log_{10} 0.54)	(Log_{10} 1)	(Log_{10} P)
120	-0,2676	0	3,14251
.	-0,2676	0	.
180	-0,2676	0,60206	3,67718

Buna, sarıçam kızılağaç veya kayından herhangi birinden üretilmiş ve tek sıra zımbadan oluşan bir birleştirme yerinin yanal makaslama direnci aynı zamanda yoğunluğu biliniyorsa denklem (6) kullanılarak da tahmin edilebilir. Bu regresyon analizi sonucu elde edilen K, a, b değerine göre bu çalışma için elde edilen denklem şu şekildedir.

$$P_{TS} = 4490 \times D^{2,15} \times N^{1,03} \qquad (6)$$

4.3.2. Tahmin Denklemleri Karşılaştırmaları

Tablo 29, sırasıyla 5, 6 ve 7 sütunlarındaki denklemler (1), (4) ve (5) 'den hesaplanan, sarıçam, kızılağaç ve kayın odunu kullanarak tek sıralı zımbalardan oluşturulmuş birleştirme yerlerinin yanal makaslama direnci yük değerlerini ve ayrıca sırasıyla sütun 8, 9 ve 10'da da bu değerlerin gerçek test sonucu değerlerine oranlarını göstermektedir. Bu söz konusu oran aralığı denklem (1), (4) ve (5) için sırasıyla 0.98 ila 1.09, 0.96 ila 1.05 ve 0.95 ila 1.02 olarak elde edilmiştir. Gerçek sonuçlarla tahmin sonuçlarının neredeyse aynı olması bu üç tahmin denkleminin farklı ağaç malzemelerden elde edilen tek sıra dikey olarak hizalanmış çoklu zımba birleştirme yerlerinin yanal makaslama direnç yüklerini tahmini olarak hesaplamada kullanılabileceğinin makul olduğunu göstermiştir. Demirel (2012) çalışmasında üç farklı OSB malzemesinden elde edilen birleştirme yerleri için tahmin denklemleri türetmiş ve elde ettiği tahmini değerlerin gerçek test sonucu değerlerine oranı her bir denklem için sırasıyla 0.92 ila 1.06, 0.90 ila 1.12, 0.90 ila 1.09 olarak bulmuş ve tahmin denklemlerinin doğruluğunu 1'e çok yakın oranlarla desteklemiştir.

Tablo 29. Üç farklı ağaç malzemede tek sıra dikey hizalanmış çoklu zımba birleşme yerlerinin tahmini maksimum yanal makaslama direnç yüklerinin, gözlemlenen değerler ile denklemler (1), (4), (5) kullanılarak karşılaştırılması

				Tahmin Edilen Mak. Yük.			**Oran**		
Ağaç Malzeme	***Y***	***ZS***	**Ger. Son.**	**D 1**	**D 4**	**D5**	**D 1/ Ger.Son.**	**D 4/ Ger.Son.**	**D 5/ Ger.Son.**
Sarıçam	0,45	1	809,09	806	809,09	806,59	**1,00**	**1,00**	**1,00**
	0,45	2	1720,96	1680,45	1652,00	1647,08	**0,98**	**0,96**	**0,96**
	0,45	3	2601,53	2582,76	2508,32	2500,85	**0,99**	**0,96**	**0,96**
	0,45	4	3498,15	3503,63	3373,42	3363,37	**1,00**	**0,96**	**0,96**
Kızılağaç	0,51	1	1043,02	1028,00	1043,02	1055,66	**0,99**	**1,00**	**1,01**
	0,51	2	2026,86	2143,31	2129,83	2155,67	**1,06**	**1,05**	**1,06**
	0,51	3	3304,57	3294,14	3233,85	3273,08	**1,00**	**0,98**	**0,99**
	0,51	4	4487,02	4468,65	4349,17	4401,94	**1,00**	**0,97**	**0,98**
Kayın	0,54	1	1233,43	1235,00	1233,43	1193,69	**1,00**	**1,00**	**0,97**
	0,54	2	2562,16	2574,89	2517,82	2437,55	**1,00**	**0,98**	**0,95**
	0,54	3	3632,46	3957,45	3822,94	3701,07	**1,09**	**1,05**	**1,02**
	0,54	4	4893,39	5368,47	5141,44	4977,54	**1,10**	**1,05**	**1,02**

*D: Denklem, Ger. Son.: Gerçek Sonuçlar

4.4. Çift Sıralı Zımba Birleştirmeleri İçin

Tablo 30 çift sıralı zımba ile birleştirilmiş birleştirme yerlerinin ortalama maksimum değerlerinin tek sıralı zımba ile birleştirilmiş birleştirme yerlerinin ortalama maksimum değerlerine oranını göstermektedir. Tabloya göre bu iki tip birleştirme yeri için genel oran 1,7 belirlenmiştir.

Tablo 30. Çift sıralı zımba ile birleştirilmiş birleştirmenin tek sıralı zımba ile birleştirilmiş birleştirmelerin karşılaştırılması

Zımba Sayısı	Sarıçam Zımba sayısı				Genel Ortalama
	1	2	3	4	
Tek Sıra	809	1721	2602	3498	
	2	4	6	8	
İki Sıra	1508	3037	3134	5327	
Oran	**1,9**	**1,8**	**1,2**	**1,5**	1,6
	Kızılağaç Zımba sayısı				
	1	2	3	4	
Tek Sıra	1043	2027	3305	4487	
	2	4	6	8	
İki Sıra	1850	3980	6356	8000	
Oran	**1,8**	**2,0**	**1,9**	**1,8**	1,9
	Kayın Zımba sayısı				
	1	2	3	4	
Tek Sıra	1233	2562	3632	4893	
	2	4	6	8	
İki Sıra	1572	4223	5368	8834	
Oran	**1,3**	**1,6**	**1,5**	**1,8**	1,6
Genel Ortalama					**1,7**

Bu sonuçlara göre sarıçam, kızılağaç, kayın ağaçlarının kullanarak elde edilen çift sıralı zımba ile oluşturulmuş birleştirme yerlerinin yanal makaslama direncini tahmin etmek için denklem 6 türetilmiştir.

$$F_{ÇS} = 1.7 P_{TS} \tag{7}$$

Burada $F_{ÇS}$ = çift sıralı zımba ile oluşturulmuş birleştirme yerlerinin yanal makaslama direncini; P_{TS} = tek sıralı zımba ile oluşturulmuş birleştirme yerlerinin tahmini yanal makaslama direnci

Denklem 7 de P_{TS} değerleri yerine denklem 2, 4 ve 5 ile elde edilmiş sonuçları koyarak çift sıra zımbalı birleştirme yerleri için tahmini yanal makaslama direnç değerleri elde edilmiştir. Tablo 31 tek sıra zımbalı birleştirme yerleri için daha önceden türetilmiş tahmin denklemlerini kullanarak çift sıralı zımba birleştirme yerleri için ortalama maksimum yanal makaslama direnç değerleri tahmini olarak hesaplanmış olup bu değerler gerçek ortalama maksimum yanal makaslama direnci değerleriyle kıyaslanmıştır.

Tablo 31. Ortalama maksimum yanal makaslama direnç değerleri tahmini olarak hesaplanmış olup bu değerler gerçek ortalama maksimum yanal makaslama direnci değerleriyle kıyaslanması

			Tahmin Edilen Mak. Yük.				**Oran**		
Ağaç Malzeme	***Y***	***ZS***	**Ger. Son.**	**D 1**	**D 4**	**D5**	**D 1/ Ger.Son.**	**D 4/ Ger.Son.**	**D 5/ Ger.Son.**
Sarıçam	0,45	2	1508	1370	1375	1371	**0,91**	**0,91**	**0,91**
	0,45	4	3037	2857	2808	2800	**0,94**	**0,92**	**0,92**
	0,45	6	3134	4391	4264	4251	**1,40**	**1,36**	**1,36**
	0,45	8	5327	5956	5735	5718	**1,12**	**1,08**	**1,07**
Kızılağaç	0,51	2	1850	1748	1773	1795	**0,94**	**0,96**	**0,97**
	0,51	4	3980	3644	3621	3665	**0,92**	**0,91**	**0,92**
	0,51	6	6356	5600	5498	5564	**0,88**	**0,86**	**0,88**
	0,51	8	8000	7597	7394	7483	**0,95**	**0,92**	**0,94**
Kayın	0,54	2	1572	2100	2097	2029	**1,34**	**1,33**	**1,29**
	0,54	4	4223	4377	4280	4144	**1,04**	**1,01**	**0,98**
	0,54	6	5368	6728	6499	6292	**1,25**	**1,21**	**1,17**
	0,54	8	8834	9126	8740	8462	**1,03**	**0,99**	**0,96**

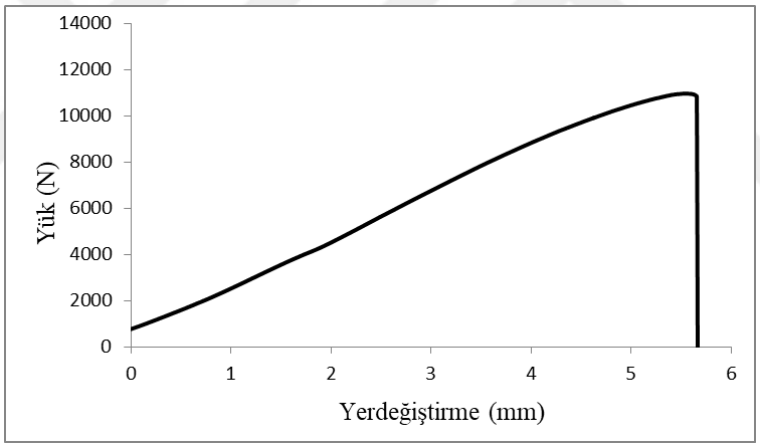
*D: Denklem, Ger. Son.: Gerçek Sonuçlar

Tablo 31’ deki 8. 9. ve 10. sütunlara bakıldığında tahmini denklem sonuçlarının gerçek değerlere oranı (kıyas değerleri) görülmektedir. Sonuçlar genel itibariyle 1’e yakın olup tahmin denklemleri 2, 4 ve 5’in çift sıralı zımbalı mobilya birleştirme yerlerinin tahmini ortalama maksimum yanal makaslama direnci değerlerini hesaplamada makul olduğu saptanmıştır. Demirel ve Zhang (2014) çalışmalarında tek sıra ve çift sıra zımbalı OSB birleştirme yerlerinin ortalama maksimum yanal makaslama direnci değerlerini araştırmışlar ve aynı zamanda tek sıra zımbalı birleştirme yerleri için ortalama direnç değerlerinin tahmin etmek için 3 farklı denklem türetmişler. Çift sıra zımbalı birleştirme

yerlerine ait ortalama direnç değerlerini tek sıra ortalama direnç değerlerine oranlayarak 2 sayısını elde etmişler. Bu 2 sayısı tek sıra zımba tahmini denklemlerinin çift sıra zımba birleştirme yerlerinin ortalama maksimum direnç değerlerini tahmin etmede kullanmışlar. Söz konusu çalışmada oran 2 iken bizim çalışmamızda bu oran 1,7 bulunmuş her iki oran da makul değerler tahmin etmiştir.

4.5. Sadece Tutkallı Birleştirme Yerleri

Sadece tutkal ile oluşturulan sarıçam kızılağaç ve kayın ağacına ait birleştirme yerlerine ait tipik yük-yer değiştirme grafiği Şekil 94' dedir. Şekildeki grafiğe göre test edilen sadece tutkallı birleştirme yerinin ayrıldığı noktada keskin bir yük düşüşü gözlemlenmiştir.



Şekil 94. Tipik bir sadece tutkallı birleştirme yerlerine ait yük-yer değiştirme grafiği.

4.6. Ortalama Maksimum Yanal Yük Değerleri ve Karşılaştırması

Sarıçam, kızılağaç ve kayından oluşan sadece tutkallı birleştirme yerlerine ait maksimum yanal yük değerleri ve bu değerlerin varyans sabitleri Tablo 32'de özetlenmiştir. Her bir değer 10 tekrarın ortalamasıdır.

Tablo 32. Sadece tutkallı birleştirme yerlerine ait maksimum yanal yük değerleri ve bu değerlerin varyans sabitleri

Bağlayıcı	Ağaç Türü		
	Sarıçam	Kızılağaç	Kayın
Tutkal	11578 (12)	17338 (9)	19662 (11)

*Parantez içindeki sayılar varyans sabit değerlerini göstermektedir.

Sadece tutkallı birleştirme yerleri için yapılan istatistiksel analiz sonucu, sarıçam-kızılağaç-kayından oluşan sadece tutkallı birleştirme yerlerine ait ortalama maksimum yanal makaslama direnci değerlerinin kıyaslanması 1568 en küçük önemli fark (LSD) değeri ile Tablo 33' de listelenmiştir.

Tablo 33. Sadece tutkallı birleştirme yerlerine ait ortalama maksimum yanal makaslama direnci değerlerinin kıyaslanması

Bağlayıcı	Ağaç Türü		
	Sarıçam	Kızılağaç	Kayın
Tutkal	11578 (C)	17338 (B)	19662 (A)

*Parantez içindeki farklı harfler istatistiksel farkları göstermektedir.

Tablo 33'de gözlemlendiğine göre, sadece tutkallı birleştirme yerlerinin sarıçamdan üretilenlerinin ortalama maksimum yanal makaslama direnci değerleri istatistiki olarak en düşük kayın ağacından üretilenlerinki ise istatistiki olarak en yüksek olup kızılağaçtan üretilenler diğer iki ağaçtan üretilenlerin arasında çıkmıştır. Keza bu ağaçların yoğunluk değerlerine bakıldığında benzer ilişkiye rastlanmıştır. Yani yoğunluğu en düşük sarıçam, sonra kızılağaç ve en yüksek değeri ise kayın ağacı olduğu önceden rapor edilmiştir. Dolayısıyla sadece tutkallı birleştirme yerlerinin direnç değerlerinin sarıçamdan kayına doğru artması yoğunluk farklılığından yani yoğunluğun sarıçamdan kayına doğru artmasıyla ilişkilendirilebilir.

4.7. Sadece Tutkallı Birleştirme Yerleriyle Tutkallı Çift Sıra Zımbalı Birleştirme Yerlerinin İstatistiksel Kıyaslanması

Tablo 34'de sadece tutkallı birleştirme yerleri ile tutkallı zımbalı birleştirme yerlerinin ortalama maksimum yanal makaslama direnci değerleri kıyaslanmıştır. Buna

göre Sarıçamdan yapılmış birleştirme yerlerinde sadece tutkallı, tutkallı 8 zımbalı, tutkallı 6 zımbalı ve tutkallı 4 zımbalı birleştirme yerlerinin ortalama maksimum direnç değerleri arasında istatistiki olarak fark bulunmamış yalnızca tutkallı iki zımbalı birleştirme yerlerinin ortalama maksimum direnç değerleri istatistiksel olarak daha düşük çıkmıştır. Sarıçam örnekleri için zımba sayısının etkisi sadece 8 zımbalı tutkallı birleştirme yerlerinde görülmüş olup istatistiki öneme sahip olmayan miktarda sadece tutkallı birleştirme yerlerine göre biraz daha yüksek çıkmıştır. Öte yandan kızılağaçtan üretilen birleştirme yerlerinde en yüksek değeri sadece tutkallı birleştirme yerleri verirken bunu 8 zımbalı tutkallı, 6 zımbalı tutkallı ve 4 zımbalı tutkallı birleştirme yerleri takip eder. Bu birleştirme yerlerinin ortalama maksimum direnç değerleri istatistiki olarak sadece tutkallı birleştirmelerden küçük, tutkallı 2 zımbalı birleştirmelerden büyük çıkmıştır. Ayrıca tutkallı 2 zımbalı ve tutkallı 4 zımbalı birleştirme yerleri arasında istatistiki olarak bir fark bulunmamıştır. Kayından üretilen birleştirme yerlerinde ise sadece tutkallı birleştirme yerlerinin ortalama maksimum direnç değerleri tutkallı ve zımbalı birleştirme yerlerinkine göre istatistiki olarak büyük iken tutkallı zımbalı birleştirme yerlerinde istatistiksel olarak bir fark gözlemlenmemiştir. Bu sonuçlara göre genel itibariyle sadece tutkallı birleştirme yerleri tutkallı zımbalı birleştirme yerlerine göre daha iyi sonuç vermiştir. Bunun sebebi olarak kayın gibi yüksek yoğunluklu ağaç malzemelere tutkal yanında zımba uygulanması tutkalın tutunma yüzeyini bozundurduğu ve bu direnci düşürdüğü tahmin edilmektedir. Demirel vd. (2018) çalışmasında bizim çalışmamızda olduğu gibi çift sıra 2, 4, 6, 8 zımbalı farklı yoğunlukta üç OSB kullanarak oluşturduğu birleştirme yerlerinde en büyük değerleri 8 zımbalı tutkallı birleştirme yerlerinde elde etmiştir. Bizim çalışmamızda ise sarıçamdan ürettiğimiz 8 zımbalı tutkallı birleştirme yerleri 6, 4 ve 2 zımbalı tutkallı ve sadece tutkallı birleştirme yerlerine göre en yüksek değeri vermiştir. Ancak diğer ağaç türlerinde ise sadece tutkallı birleştirme yerlerinin maksimum direnç değerleri diğer zımbalı tutkallı birleştirme yerlerine göre daha yüksek sonuç vermiştir. Oysa Demirel vd. (2018) her bir OSB türünde üretilen birleştirme yerlerinden en yüksek ortalama maksimum direnç değerlerini 8 zımbalı tutkallı daha sonra sırasıyla 6 zımbalı tutkallı, 4 zımbalı tutkallı, 2 zımbalı tutkallı ve en son sadece tutkallı birleştirme yerleri göstermiştir. Demirel vd. (2018) çalışmasında sadece tutkallı birleştirme yeri örneklerin tamamı birleştirme yerinden ayrılma gözlemlenmiştir. Bizim çalışmamızda ise sarıçamdan üretilen sadece tutkallı birleştirme yeri örneklerinin çoğu birleştirme yerinden ayrılmış olup çalışmamız sarıçam bakımından literatür çalışmasıyla örtüşmektedir. Diğer taraftan kayın ve kızılağaçtan

üretilmiş sadece tutkallı birleştirme yeri örneklerinin çoğu ya ana malzeme kırılması ya da takoz malzemesi belden bükülmesi ya da kırılması şeklinde oluşmuştur. Bu şekilde meydana gelen ayrılma modları birleştirme yerinin gerçek direnç değerinin ortaya çıkmasına engel olduğundan bizim çalışmamız ile literatür çalışması arasında böyle bir fark olduğu düşünülmektedir.

Tablo 34. Sadece tutkallı ve tutkallı zımbalı birleştirme yerlerinin kıyaslanması

Ağaç Malzeme	Zımba Sayısı				
	Sadece Tutkal	Tutkal ve 2 Zımba	Tutkal ve 4 Zımba	Tutkal ve 6 Zımba	Tutkal ve 8 Zımba
Sarıçam	11578 (A)	9429 (B)	10818 (AB)	11343(A)	12341 (A)
Kızılağaç	17338 (A)	7693 (C)	9674 (B)	9808 (B)	9285 (BC)
Kayın	19662 (A)	12851 (B)	14453 (B)	14134 (B)	12854 (B)

*Parantez içindeki farklı harfler istatistiksel farkları göstermektedir.

Tablo 35. Ağaç türleri arası kıyaslama

Zımba Sayısı	Ağaç Türü		
	Sarıçam	Kızılağaç	Kayın
Sadece Tutkal	11578 (C)	17338 (B)	19662 (A)
Tutkal ve 2 Zımba	9429 (B)	7693 (C)	12851 (A)
Tutkal ve 4 Zımba	10818 (B)	9674 (B)	14453 (A)
Tutkal ve 6 Zımba	11343 (B)	9808 (C)	14134 (A)
Tutkal ve 8 Zımba	12341 (A)	9285 (B)	12854 (A)

*Parantez içindeki farklı harfler istatistiksel farkları göstermektedir.

Tablo 35'den görüleceği üzere en yüksek ortalama maksimum yanal makaslama direnci değerlerini en yüksek yoğunluklu kayın ağacı vermiştir. Sadece tutkallı birleştirme yerlerinde ortalama maksimum direnç değerleri istatistiki olarak en yüksek kayın ağacında daha sonra kızılağaçta ve en az olarak sarıçamdan oluşan birleştirme yerlerinde gözlemlenmiştir. Bu durum tutkallı ve 2 zımbalı ile tutkallı ve 6 zımbalı birleştirme yerlerinde en yüksek direnç değeri kayın ağacında en düşük direnç değeri ise kızılağaçta gözlemlenmiştir. Tutkallı ve 4 zımbalı birleştirme yerlerinde kayın ağacından üretilen birleştirme yerlerinin direnç değerleri yine en yüksek olmuş bunu kızılağaç ve sarıçam takip etmiştir. Tutkalı ve 8 zımbalı birleştirme yerlerinde ise en yüksek yine kayın ağacı birleştirme yerlerinde çıkmış ancak istatistiki olarak sarıçamdan üretilenlerle fark

bulunmamış olup kızılağaçtan üretilenler istatistiki olarak daha düşük çıkmıştır. Burada bazı sonuçlarda sarıçam birleştirme yerlerinin kızılağaç birleştirme yerlerine göre daha iyi sonuç verdiği gözükmekte olup bunu sarıçamda oluşan tutkal yapışma yüzeyinin daha iyi olduğu sonucuna bağlanabilir. Genel itibariyle en yüksek yoğunluklu ağaç malzemeden yapılan birleştirme yerleri en yüksek direnç değeri vermiştir. Demirel 2012 çalışmasında birleştirme yerleri arasında en yüksek direnç değerini en yüksek yoğunluklu OSB III' ün verdiğini gözlemlemiştir. Sadece tutkal kullanılarak oluşturulan birleştirme yerlerinde istatistiki olarak ağaç türleri arasında fark varken, birleştirme yerine 2 den 8 e zımba desteği sonucu özellikle sarıçam birleştirme yerinde giderek artan bir direnç göstermiş ve 8 zımbalı tutkallı sarıçam birleştirme yerlerinin direnç değerleri ile kayın ağacı direnç değerleri arasında istatistiki bir fark bulunmamıştır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında tek zımbalı, tek sıra (2, 3, 4) çoklu zımbalı, çift sıra (2, 4, 6, 8) çoklu zımbalı, sarıçam kızılağaç ve kayından üretilen birleştirme yerlerinin maksimum yanal makaslama direnç değerleri araştırılmış ve söz konusu değerler için tahmin denklemleri türetilmiş ve tahmini sonuçlar elde edilmiştir. Tek sıra zımbalı örneklerde 4 ve 3 zımbalı birleştirme yerlerinden kayın ağacından üretilenler en yüksek değeri verirken bunu kızılağaçtan üretilen birleştirme yerleri takip eder ve en düşük değer sarıçamdan elde edilen birleştirme yerlerinde gözlemlenmiştir. Tek sıra 2 zımbalı sarıçam birleştirme yerlerinde ise benzer ağaç ilişkisi söz konusu olup, kayın en yüksek değeri verirken kızılağaç birleştirme yerleri marjinal olarak sarıçam birleştirme yerlerinin direnç değerlerinden farklı iken istatistiki olarak bir fark görülmemiştir. Tek sıra zımbalı birleştirme yerlerinden zımba sayısı 2' den 4' e birer artarak gitmesi her bir ağaç türünden üretilen birleştirme yerlerinin maksimum yanal makaslama direncini istatistiki olarak artırmıştır. Çift sıra zımbalı birleştirme yerlerinde ise, her üç ağaç türünden üretilen 2 zımbalı birleştirme yerlerinin maksimum yanal makaslama direnç değerleri arasında istatistiki bir fark bulunmamıştır. Sarıçamdan üretilen çift sıra 4 zımbalı birleştirme yerlerinin maksimum direnci kızılağaç ve kayından üretilenlere göre istatistiki anlamda küçük iken kayın ve kızılağaçtan üretilenler arasında istatistiki bir fark gözlemlenmemiştir. Oysa 6 ve 8 zımbalı birleştirme yerlerinde en yüksek değeri istatistiki olarak kayın, sonra kızılağaç ve en düşük değeri ise sarıçamdan üretilen birleştirme yerleri göstermiştir. Ağaç türleri arasındaki istatistiki direnç farkı üzerine zımba sayısının artması etkili olmuştur. Yani zımba sayısı arttıkça ağaç türü arasında istatistiki bir fark oluşmaktadır. Diğer taraftan çift sıra zımbalı birleştirme yerlerinin zımba sayısının 2'den 8'e ikişer artarak gitmesi her bir ağaç türünden elde edilen birleştirme yerlerinin yanal makaslama direncini istatistiki olarak artırmıştır. Sadece burada sarıçamdan üretilen 4 zımbalı ve 6 zımbalı birleştirme yerleri arasında istatistiki bir fark yoktur. Ancak yine 6 zımbalı olan birleştirme yerlerinin yanal makaslama direnci değerleri 4 zımbalı olana göre marjinal olarak yüksektir.

Genel olarak, zımba sayısının artması birleştirme yerlerinin yanal makaslama direnç değerlerini pozitif yönde etkilemiştir. Tek sıra zımbalı birleştirme yerlerinin yanal makaslama direnci değerleri zımba sayısının 2'den 4' e birer olarak artması sonrası artarken yine çift zımbalı birleştirme yerlerinin yanal makaslama direnci değerleri zımba sayısının 2'den 8'e ikişerli olarak artması sonucu artmıştır.

Bu çalışmada tek sıra zımbalı birleştirme yerlerinin maksimum yanal makaslama direnç değerlerini tahmin etmede 1, 4 ve 5 numaralı denklemler türetilmiştir. 1 numaralı denklemde K ve a regresyon sabitleri kullanılmıştır. 4 numaralı denklemde K değerleri ile tek zımbalı birleştirme yerlerinin ortalama maksimum yanal makaslama direnç değerlerine (F0) çok yakın olduğu için K değerleri ile tek zımbalı birleştirme yerlerinin ortalama maksimum direnç değerleri yer değiştirilmiş ve regresyon sonucu elde edilen ortak bir a değeri kullanılmıştır. Denklem 5 ise diğer denklemlerden farklı olarak ağaç malzemeleri için yoğunluk değerini de hesaba katmış ve buna göre direnç değerlerini tahmin etmiştir. Bu çalışma için türetilen her bir denklem test sonucu elde edilen gerçek değerlere çok yakın değerler tahmin etmiştir. Burada bazı denklemler diğerlerine göre daha avantajlıdır. Mesela 5 numaralı denklemde sadece kullanılan zımba sayısını ve ağaç malzeme yoğunluğu bilmeyi gerektirir. Oysa 4 numaralı denklemde söz konusu ağaç malzeme için tek zımbalı birleştirme yeri için ortalama maksimum direnç değerini bilmeyi gerektirir. 4 numaralı denklemin 1 numaralı denkleme göre avantajı ise her bir ağaç türü için 3 tane farklı a değeri yerine tek a değeri kullanılmasıdır.

Bu çalışmada çift sıra zımbalı birleştirme yerlerinin ortalama maksimum direnç değerlerinin tek sıra zımbalı birleştirme yerlerine oranı 1,7 çıkmıştır. Buna göre çift zımbalı birleştirme yerlerinin ortalama maksimum yanal makaslama direnci değerleri tek sıra zımba birleştirme yerlerinin 1,7 katıdır. Bu sebeple 1, 4 ve 5 numaralı denklemler 1,7 ile çarpılarak 6 numaralı denklem elde edilmiştir. 6 numaralı denklemden elde edilen sonuçların çoğu çift sıra zımbalı birleştirme yerlerinin gerçek değerlerine yakın çıkmıştır. Dolayısıyla çift sıra zımbalı birleştirme yerlerinin yanal makaslama direnç değerlerini hesaplamada 6 numaralı denklem makul sonuçlar vermiştir.

Her bir ağaç türünden elde edilen sadece tutkallı birleştirme yerlerinin ortalama maksimum direnç değerleri kıyaslandığından yoğunluğu en yüksek ağaç türü olan kayın birleştirme yerleri en yüksek değer verirken bunu yoğunluğu daha az olan kızılağaç takip etmiş ve en düşük direnç değeri en düşük yoğunluklu sarıçam birleştirme yerlerinde elde edilmiştir. Sadece tutkallı birleştirme yerleri ile tutkallı çift sıra zımbalı birleştirme

yerlerinin ortalama maksimum yanal makaslama direnci değerleri kıyaslanmış ve kıyaslanma sonucu sadece tutkallı ve tutkallı 4, 6 ve 8 zımbalı birleştirme yerlerinde sarıçam gibi düşük yoğunluklu ağaç malzemelerde istatistiki bir fark çıkmamıştır. Hatta burada istatistiki olarak önemsiz ancak sarıçamdan üretilen tutkallı 8 zımbalı birleştirme yerlerinde en yüksek değer çıkmıştır. Ancak kızılağaç ve kayından üretilen birleştirme yerlerinde sadece tutkallı birleştirme yerleri tutkallı ve zımbalı birleştirme yerlerine göre istatistiki olarak yüksek çıkmış olup bunun sebebi olarak uygulanan zımbanın tutkalın yapışma hattını deforme ettiğinden direnci düşürdüğü düşünülmektedir. Ayrıca sarıçam, kızılağaç ve kayından üretilen sadece tutkallı birleştirme yerlerinin ortalama maksimum direnç değerleri arasında istatistiki olarak fark varken bu fark birleştirme yerlerine 2 den 8'e ikişerli artarak eklenen zımba sayısına bağlı olarak azalmış olup bu azalış tutkallı ve 8 zımbalı birleştirme yerlerinin direnç değerleri arasında istatistiki olarak fark oluşturmayacak seviyeye ulaşmıştır. Oysa Demirel vd. (2018) çalışmalarında OSB ile üretilen birleştirme yerlerinin davranışında sadece tutkallı OSB örnekleri arasında istatistiksel olarak fark yokken bu fark zımba etkisiyle istatistiksel fark yaratacak bir etki kazanmıştır. Bu çalışma sonrası öneri olarak başka ağaç malzemeler kullanılarak tutkal zımba arasındaki ilişki incelenebilir.

Bu çalışmada test edilen birleştirme yerlerinin test sonucu oluşan ayrılma modları zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi ile ana malzemede ve takozda ezikler oluşturma, takoz malzemesinin (yan malzeme) tabakaları arasında makaslama, ana malzeme kırılması, takoz malzemesinin kırılması ve belden bükülmesi, birleştirme yerinden ayrılma ve ana malzemeden kopan liflerin takoza yapışık halde kalması şeklinde ifade edilmiştir. Sadece tutkallı birleştirme yerlerinin çoğunda ana malzemenin belden kırılması ve takozun belden kırılması modu birlikte gözlemlenirken, sadece zımbalı birleştirme yerlerinin neredeyse tamamında zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi ile ana malzemede ve takozda ezikler oluşması ayrılma modu gözlemlenmiştir. Diğer taraftan tutkallı ve zımbalı birleştirme yerlerinde çoğunlukla zımbanın ana malzemeden çıkışı ve zımba tellerinin eğilmesi ile ana malzemede ve takozda ezikler oluşması modu ile birleştirme yerinden ayrılma ve ana malzemeden kopan liflerin takoza yapışık halde kalması modu birlikte gözlemlenmiştir. Diğer ayrılma modları olan takoz malzemesinin (yan malzeme) tabakaları arasında makaslama, takoz malzemesinin kırılması ve belden bükülmesi çok az sayılarda gözlemlenmiştir.

Günümüzde mobilya endüstrisinde zımba ile koltuk iskeleti oluşturma en yaygın birleştirme metotlarından biridir. Dolayısıyla bu çalışma da kullanılan birleştirme yeri koltuk iskeletinin ön alt kayıtı ile kol ön dikmesi arasındaki birleştirme yerini temsil etmiş olup farklı zımba sayılarındaki ve tutkal ilavesiyle maruz kaldığı direnç karşısında nasıl davrandığının incelendiği bir çalışmadır.

6. KAYNAKLAR

Akyüz, M., 1988. Kızılağacın Odun Özellikleri ve Kullanım Özellikleri, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Orman Mülkiyet Sorunları Sempozyumu, Ekim, Trabzon (Poster Bildiri).

Anonim, 1992. Der Grobe Hafele GmbH Co Beschlogtechnik Freudenstöder str.70. 74 Fostfack 1234, D-7270 Nagold, Germany.

ASTM, 2010. D 1761-06. Standard test method for mechanical fasteners in wood. American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA.

Berkel, A., 1970. Ağaç Malzeme Tekonolojisiǁ, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları 1448-147, 75-87, 174-191, 413-418, İstanbul.

Burdurlu, E., 1994. Ahşap Kökenli Kaplama ve Levha Üretim-Kullanım Teknolojisi, HÜ. Mesleki Teknoloji Yüksek Okulu, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği, Ankara, 252-253.

Dai, L., Zhang, J. and Quin, F., 2008. Lateral and tensile resistances of glued face-to-face and end-to-face joints in pine plywood and oriented strandboards. Forest Products Journal, 58, 3, 50-54.

Demirel, S., 2012. Static and fatigue performance of oriented strandboard as upholstered furniture frame stock. PhD dissertation, Mississippi State University, Starkville, MS.

Demirel, S., Zhang J., 2014. Face lateral resistance of oriented strandboard joints connected with two rows of 16-gauge coated staples. Wood and Fiber Science, 46, 2, 280-290.

Demirel, S., Zhang J, Jones D, Kitchens S, Martin W.V. and Yu H., 2013. Face lateral shear resistance of one-row multi-staple joints in oriented strandboard. Forest Products Journal, 63, 5-6, 207-212.

Demirel, S., Tor, O., Yu, X and Zhang, J., 2018. Lateral Loads Of Stapled–Glued Surface To-Surface Joınts In Orıented Strandboard For Furnıture, Wood and Fiber Science, 50-3, 280-290

Dizel, T., 2005. "Lamine Elemanlarla Tasarlanan Çerçeve Tipi Mobilya Birleştirmelerinin Mekanik Davranış Özellikleri", Yüksek Lisans Tezi, GÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1–17.

Efe, H., 1994. Modern Mobilya Çerçeve Konstrüksiyon Tasarımında Geleneksel v Alternatif Bağlantı Tekniklerinin Mekanik Davranış Özellikleri, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Erdil, Y.Z., Zhang, J. and Eckelman C.A., 2003. Staple holding strength of furniture frame joints constructed of plywood and oriented strandboard. Forest Products Journal, 53, 1, 70-75.

GSA, 1998, FNAE-80-214A. Upholstered furniture test method. General Services Administration. Furniture Commodity Center, Federal Supply Service, Washington, DC.

Kasal, A., Erdil, Y.Z., Zhang, J., Efe, H. ve Avcı., E. 2008. Estimation Equations for Moment Resistance of L-type Screw Corner Joints in Case Goods Furniture, Forest Products Journal, 58, 9.

Kastamonu Üni., 2012., Orman Fakültesi Dergisi, Efe ve ark. Kastamonu Univ., Journal of Forestry Faculty, 12, 2, 251-260

Malkoçoğlu, A., 1989. Mobilya Endüstrisi Ders Notu, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Orm.End.Müh., Trabzon.

MEB, 2013. Mobilya Ve İç Mekân Tasarımı, Ankara.

Örs, Y., Efe, H. ve Kasal, A., 1999. "Effect Of Corner Wooden Wedge Geometry On Bending Strength İn Demontable Leg And Table Joints Of Furniture", I. International Furniture Congress And Exhibition, 457 - 471.

Özen, R., 1988. "Genel Hatlarıyla Türkiye Mobilya Sanayi", GÜ. Teknik Eğitim Fakültesi Dergisi, 1, 3, 3–4, 3, 9.

Pellicane, P.J., 1991. Nail/glue joints in wood. Forest Products Journal, 41, 11-12, 33-35.

Perçin, A., 2009. Kutu Konstrüksiyonlu Mobilyalarda Kullanılan Vidalı Düz Köşe Birleştirmelerde Kılavuz Deliği Çapının Çekme ve Eğilme Dirençleri Üzerine Etkisinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, , Bartın.

TMÜM, 2012, Sektör Raporu.

URL-1, 2019. http://ahsapteknolojisi.blogspot.com/2012/10/ahsap-birlestirmeler.html. 15 Mart 2019

Wang, X., Salenikovich, A., Mohammad, M., Echavarria, C. and Zhang, J., 2007. Moment capacity of oriented strandboard gusset-plate joints for upholstered furniture. Part I: Static load. Forest Products Journal, 57, 7-8, 39-45.

Yadama, V., Zhang, J., Syed, B.M. and Steele, P.H., 2002. Experimental analysis of multiple staple joints in selected wood and wood-based materials Journal of Testing and Evaluation, 30, 5, 400-407.

Zhang, J., Han, N. and Maupin, M., 2006. Lateral edge resistance of single-fastener furniture joints in wood-based panel products. Forest Products Journal, 56, 2, 33-39.

Zhang, J. and Maupin, M., 2004. Face lateral and withdrawal resistances of staple joints in furniture-grade pine plywood. Forest Products Journal, 54, 6, 40-46.

Zhang, J., Quin, F. and Tackett, B., 2002b. Direct withdrawal strength of multi-staple joints in pine plywood. Forest Products Journal, 52, 5, 61-66.

Zhang, J., Quin, F., Tackett, B. and Park, S., 2002a. Direct withdrawal strength of single-staple joints in pine plywood. Forest Products Journal, 52, 2, 86-91.

Zhang, J. and F. Quin., 2010. Mechanical properties of five different commercially available OSB products for potential upholstery furniture frame stock. Franklin Furniture Institute Publication. Mississippi State University, 33-34.

ÖZGEÇMİŞ

13.04.1992 tarihinde Zonguldak' ta doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Kocaeli'de tamamladı. 2011 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'nü kazandı, aynı bölümden 2015 yılında mezun oldu. Aynı yıl içinde Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başlayan Gamze KALAYCI, İngilizce bilmektedir.