

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KABİN TİPİ DEMONTE MOBİLYA KÖŞE BİRLEŞTİRMELERİNDE  
MUKAVEMET DEĞERLERİ VE OPTİMUM DELGİ PLANLARININ  
ARAŞTIRILMASI

DOKTORA TEZİ

Orm. End. Yük. Müh. Nurdan ÇETİN YERLİKAYA

ŞUBAT 2010  
TRABZON

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KABİN TİPİ DEMONTE MOBİLYA KÖŞE BİRLEŞTİRMELERİNDE  
MUKAVEMET DEĞERLERİ VE OPTİMUM DELGİ PLANLARININ  
ARAŞTIRILMASI

Orman End. Yük. Müh. Nurdan ÇETİN YERLİKAYA

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
“Doktor (Orman Endüstri Mühendisliği)”  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 01.02.2010  
Tezin Savunma Tarihi : 19.02.2010

Tez Danışmanı : Doç Dr. Abdulkadir MALKOÇOĞLU

Jüri Üyesi : Prof Dr. Nurgül AY

Jüri Üyesi : Yrd. Doç Dr. Fevzi Lutfi ÇAKIROĞLU

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Rifat YAZICI

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Yusuf Ziya ERDİL

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Salih TERZİOĞLU

Trabzon 2010

## ÖNSÖZ

Kabin Tipi Demonte Mobilya Köşe Birleştirmelerinde Mukavemet Değerleri ve Optimum Delgi Planlarının Araştırılması konulu bu çalışma, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsünde Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır.

Doktora tezi danışmanlığımı üstlenerek çalışmalarında her türlü yardım ve teşviklerini esirgemeyen Sayın Hocam Doç. Dr. Abdulkadir MALKOÇOĞLU'na, tez izleme komisyonundaki hocalarım Sayın Yrd. Doç Dr. Fevzi Lütfi ÇAKIROĞLU'na ve Sayın Prof. Dr. Nurgül AY'a, tez savunma jürimdeki hocalarım Sayın Prof. Dr. Yusuf Ziya ERDİL'e ve Sayın Prof. Dr. Rıfat YAZICI'ya teşekkür ederim.

Yapay sinir ağlarının uygulanmasında Sayın Yrd. Doç Dr. Şükrü ÖZŞAHİN'e, istatistik değerlendirmede Sayın Prof. Dr. Hakkı YAVUZ'a ve abim Yüksek Tekstil Mühendisi Şansal ÇETİN'e öneri ve katkılarından dolayı, yapıcı katkılarından yararlandığım Sayın Uzman Selahattin YILMAZ'a, deney örneklerinin hazırlanması ve çalışmalar süresince emeği geçen babam İnşaat Teknikeri İsmet ÇETİN'e, Nural ve Ahmet GAYRETLİ'ye, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü laboratuvar görevlilerine, yapay kaplamalı yongalevhalar ve orta sert liflevhaların temininde yardımlarını esirgemeyen Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi ve Ticaret A.Ş. yetkililerine teşekkür ederim.

Maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen eşim Doç. Dr. Gökhan Kürşat YERLİKAYA'ya, anneme ve aileme teşekkür ederim.

Nurdan ÇETİN YERLİKAYA  
Trabzon 2010

## İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa No</u></b>
ÖNSÖZ .....	II
İÇİNDEKİLER .....	III
ÖZET .....	VI
SUMMARY .....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	VIII
TABLolar DİZİNİ .....	X
SEMBOLLER DİZİNİ .....	XII
1. GENEL BİLGİLER .....	1
1.1. Giriş .....	1
1.2. Çalışmanın Kapsamı ve Amacı .....	3
1.3. Mobilyanın Tanımı ve Genel Bilgiler .....	3
1.3.1. Mobilyada Mühendislik Tasarımı .....	7
1.3.2. Mobilya Konstrüksiyonu .....	8
1.3.3. Mobilyada Yükler .....	9
1.3.4. Kabin Tipi Mobilya .....	13
1.3.5. Demonte Mobilya .....	15
1.3.5.1. Demonte Mobilya Birleştirme Elemanları .....	17
1.3.6. Mobilyada Kullanılan Levhalar .....	19
1.3.6.1. Yongalevhalar .....	19
1.3.6.2. Liflevhalar .....	20
1.3.7. Mobilyada Kullanılan Birleştirme Elemanları .....	21
1.3.7.1. Eksantrik Birleştirme Elemanları .....	22
1.3.7.2. Kavela .....	23
1.3.8. Mobilyada Kullanılan Polivinilasetat (PVAc) Tutkalı .....	25
1.4. Delgi Planları .....	26
1.5. Yapay Sinir Ağları Yöntemi .....	31
1.6. Literatür Özeti .....	37
1.6.1. Test Yöntemi ile İlgili Araştırmalar .....	38

1.6.2.	Birleştirme Elemanlarının Parça Kenarı ve Aralarındaki Uzaklıklarla İlgili Araştırmalar .....	39
1.6.3.	Kavelalı-Eksantrik Çektirmeli (Minifiks) Birleştirme Elamanları ile İlgili Araştırmalar.....	42
1.6.4.	Kavelalı Birleştirme Elemanları ile İlgili Araştırmalar .....	43
1.6.5.	Eksantrik Çektirmeli (Minifiks) Birleştirme Elemanları ile Yapılan Araştırmalar.....	45
1.6.6.	Kavelalı-Vidalı Birleştirme Elemanları ile İlgili Araştırmalar .....	46
1.6.7.	Kavelalı-Trapezli Birleştirme Elamanları ile İlgili Araştırmalar .....	48
1.6.8.	Birleştirme Yöntemleri ve Yapay Sinir Ağları ile İlgili Araştırmalar .....	48
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR .....	53
2.1.	Deney Malzemeleri.....	53
2.1.1.	Kavela .....	53
2.1.2.	Metal Birleştirme Elemanı .....	54
2.1.3.	Tutkal .....	55
2.2.	Levhaların Bazı Fiziksel ve Mekaniksel Özelliklerinin Belirlenmesi.....	55
2.2.1.	Yoğunluk ve Rutubet Miktarları .....	55
2.2.2.	Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	56
2.3.	Delgi Planlarının Hazırlanması .....	58
2.4.	Deney Örneklerinin Hazırlanması .....	59
2.5.	Deneylerin Yapılışı.....	60
2.6.	İstatistiksel Yöntemler .....	62
2.7.	Yapay Sinir Ağları (YSA) Yöntemi .....	63
3.	BULGULAR VE İRDELEME.....	65
3.1.	Levhaların Bazı Fiziksel ve Mekaniksel Özellikleri .....	65
3.2.	Moment Değerleri.....	66
3.3.	Elastikiyet Değerleri .....	77
3.4.	Değişkenler Arasındaki Korelasyon Analizi Sonuçları .....	93
3.5.	Yapay Sinir Ağları Yöntemi .....	94
3.5.1.	Yapay Kaplamalı Yongalevhada Moment Değerlerine Göre Yapay Sinir Ağları Yöntemi.....	94
5.2.	Yapay Kaplamalı Liflevhalarda Moment Değerlerine Göre Yapay Sinir Ağları Yöntemi .....	102
3.5.3.	Yapay Kaplamalı Yongalevhada Elastikiyet Değerlerine Göre Yapay Sinir Ağları Yöntemi .....	108

3.5.4.	Yapay Kaplamalı Liflevhalarda Elastikiyet Değerlerine Göre YSA Yöntemi .....	113
3.6.	Göçme Şekilleri.....	119
4.	SONUÇLAR .....	124
4.1.	Moment Değerleri.....	124
4.2.	Elastikiyet Değerleri .....	128
5.	ÖNERİLER.....	132
6.	KAYNAKLAR.....	135
ÖZGEÇMİŞ		

## ÖZET

Çalışmada; kabin tipi demonte mobilya köşe birleştirmelerinde momentler ve elastikiyetler belirlenerek, Yapay Sinir Ağları (YSA) Yöntemi ile optimum delgi planları araştırılmıştır. Bu amaçla yapay kaplamalı yongalevha (YKYL) ve orta yoğunluktaki liflevhalardan (YKLL) 5 farklı örnek uzunluğunda ve her biri için 4 farklı stopta deney örnekleri hazırlanmıştır. Birleştirme elemanları olarak eksantrik çektiirmeli minifiks ve kavela kullanılmıştır. Deneyler ASTM 1037 standartları esaslarına uygun olarak yürütülmüştür. Sonuç olarak; YKYL'larda en büyük moment ve elastikiyet değerleri 600x50 (örnek uzunluğu x stop) mm'de 23,6 Nm ve 140,87 Nm/rad, en küçük ise 390x80 mm'de 7,67 Nm ve 57,45 Nm/rad olarak belirlenmiştir. YKLL'larda; en büyük moment değeri 600x50 mm'de 31,23 Nm, elastikiyette ise 600x60 mm'de 121,19 Nm/rad; en düşük moment değeri 320x50 mm'de 12,43 Nm, elastikiyette ise 320x60 mm'de 61,10 Nm/rad olarak elde edilmiştir. Ortalama moment değerleri; YKYL'da 13,96 Nm ve YKLL'da ise 19,54 Nm olarak belirlenmiştir. YKYL değerleri YKLL'dan % 40 daha yüksek çıkmıştır. Elastikiyet değerlerinde ise YKYL'da 89,02 Nm/rad, YKLL'da 90,61 Nm/rad değerleri ile yaklaşık aynı değerler elde edilmiştir. Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile 10 mm aralıktaki örnek uzunluklarına ait stoplar için moment ve elastikiyet değerleri belirlenerek en uygun delgi planları ortaya koyulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Yapay kaplamalı yongalevha, Yapay kaplamalı liflevha, Mukavemet, Moment, Elastikiyet, Yapay Sinir Ağları Yöntemi,

## SUMMARY

### **Investigating for strength values and optimum drill plans on at the ready to assemble (RTA) cabinet type furniture corner joints**

This study aims to investigate the optimum drill plans on ready to assemble (RTA) cabinet type furniture corner joints via determining moments and elasticity with the aid of Artificial Neural Networks (YSA) method. For this purpose, five different sample length of melamine overlaid particleboard (YKYL) and medium density fibreboard (YKLL) with 4 different stop distances for each was prepared as test samples. Eccentric (minifix) connectors and dowels were used as fastener components. Tests were conducted in accordance with ASTM 1037 standards. As a result; the highest moment and elasticity value for YKYL was obtained as 23,6 Nm and 140,87 Nm/rad at 600x50 mm (sample length x stop distance), whereas the lowest value was obtained at 390x80 as 7,67 Nm and 57,45 Nm/rad. As for YKLL; the highest moment value was 31,23 Nm at 600x50 mm, the highest elasticity value was 121,19 Nm/rad at 600x60 mm, whereas the lowest moment value was 12,43 Nm at 320x50 mm and the lowest elasticity value was 61,10 Nm/rad at 320x60 mm. Average moment values were determined as 13,96 Nm for YKYL and 19,54 Nm for YKLL. Values for YKYL were 40 % higher than values for YKLL. As for elasticity, values for YKYL (89,02 Nm/rad) and for YKLL (90,61 Nm/rad) were almost equal. The optimum drill plans were presented by determining the moment and elasticity values for the stop distances of different sample lengths with the aid of Artificial Neural Networks (YSA) Method.

**Key words:** Melamine overlaid particleboard, melamine overlaid fibreboard, strength, elasticity, Artificial Neural Networks Method



## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Şekil 1. Levha veya kabin tipi mobilya elemanları .....	6
Şekil 2. Birleştirmelerde yaygın olarak uygulanan çeşitli yükleme biçimleri .....	13
Şekil 3. Eksantrik çektirmeli bağlantı elemanları ve birleştirme yöntemleri	23
Şekil 4. Kavela tipleri (a. Sarmal, b.düz yivli gövdeli) .....	23
Şekil 5. Kavelalı köşe birleştirme yöntemi ve ölçümleri (mm) .....	24
Şekil 6. Kütüphane mobilyası şekli ve ölçüleri (mm) .....	28
Şekil 7. Kütüphane yan tabla elemanları ve delgi planları .....	29
Şekil 8. Kütüphane alt, üst ve ara tabla (raf) elemanlar ve delgi planları.....	30
Şekil 9. Delgi işlemi yapılmış kütüphane yan tabla elemanının görünüşü .....	31
Şekil 10. Delgi işlemi yapılmış kütüphane alt, üst ve ara elemanlarının görünüşü .....	31
Şekil 11. Yapay sınır hücresinin yapısı .....	33
Şekil 12. Aktivasyon fonksiyonları .....	34
Şekil 13. Deney örneklerinde kullanılan kavela ve ölçüleri (mm).....	53
Şekil 14. Deney örneği parçalarına kavelaların yerleştirilme şekli ve ölçüleri (mm) .....	53
Şekil 15. Eksantrik çektirme (minifiks) elemanı ve ölçüleri (mm) .....	54
Şekil 16. Deney örneği parçalarına eksantrik çektirmenin yerleştirilmesi ve ölçüleri....	54
Şekil 17. Statik eğilme direnci tayini düzeneği.....	57
Şekil 18. Deney örnek parçaları delgi planları ve ölçüleri (mm) .....	58
Şekil 19. Deney örneği ve kuvvet uygulaması.....	61
Şekil 20. Deneyin yapılışı .....	61
Şekil 21. Örnek uzunluklarına göre stoplara ait moment değerleri.....	67
Şekil 22. YKYL’da moment değerleri ile örnek uzunlukları arasındaki ilişki .....	75
Şekil 23. YKYL’da moment değerleri ile stoplar arasındaki ilişki .....	75
Şekil 24. YKLL’da moment değerleri ile örnek uzunlukları arasındaki ilişki.....	76
Şekil 25. YKLL’da moment değerleri ile stoplar arasındaki ilişki .....	76
Şekil 26. Örnek uzunluklarına göre stoplara ait elastikiyet değerleri.....	78
Şekil 27. YKYL’da elastikiyet değerleri ile örnek uzunlukları arasındaki ilişkisi .....	86
Şekil 28. YKYL’da elastikiyet değerleri ile stoplar arasındaki ilişkisi .....	86
Şekil 29. YKLL’da elastikiyet değerleri ile örnek uzunlukları arasındaki ilişkisi.....	87

Şekil 30.	YKLL’da elastikiyet değerleri ile stoplar arasındaki ilişkisi.....	87
Şekil 31.	Moment değerleri için seçilen YSA mimarisi .....	96
Şekil 32.	YSA’nın iterasyona bağlı hata değişim grafiği .....	98
Şekil 33.	Deney değerleri ile eğitim değerleri arasındaki ilişki.....	99
Şekil 34.	Deney değerleri ile eğitim değerlerinin karşılaştırılması.....	99
Şekil 35.	Moment değerleri için seçilen YSA mimarisi .....	103
Şekil 36.	YSA’nın iterasyona bağlı hata değişim grafiği .....	104
Şekil 37.	Deney değerleri ile eğitim değerleri arasındaki ilişki.....	105
Şekil 38.	Deney değerleri ile eğitim değerlerinin karşılaştırılması.....	105
Şekil 39.	Elastikiyet değerleri için seçilen YSA mimarisi.....	109
Şekil 40.	YSA’nın iterasyona bağlı hata değişim grafiği .....	110
Şekil 41.	Deney değerleri ile eğitim değerleri arasındaki ilişki.....	111
Şekil 42.	Deney değerleri ile eğitim değerlerinin karşılaştırılması.....	111
Şekil 43.	Elastikiyet değerleri için seçilen YSA mimarisi .....	115
Şekil 44.	YSA’nın iterasyona bağlı hata değişim grafiği .....	116
Şekil 45.	Deney değerleri ile eğitim değerleri arasındaki ilişki.....	117
Şekil 46.	Deney değerleri ile eğitim değerlerinin karşılaştırılması.....	117
Şekil 47.	Çeşitli göçme şekilleri.....	120

## TABLULAR DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Tablo 1. FIRA araştırmalarına ait özellikler ve sürekli yükleme değerleri (N/mm <sup>2</sup> ) .....	11
Tablo 2. Belirlenen sınıflar ve bunlara ait yük değerleri (N/mm <sup>2</sup> ) .....	11
Tablo 3. Yongalevhaların bazı teknik özellikleri .....	19
Tablo 4. Yarı sert liflevhaların önemli bazı teknik özellikleri .....	20
Tablo 5. Kavelalı birleştirmelerde parça kalınlık, kavela çap ve uzunluk ölçüleri (mm) .....	24
Tablo 6. Kavelalı birleştirmelerde parça kalınlıklarına göre kavelaların çap, boy ve aralıklarına ait ölçüleri (mm) .....	25
Tablo 7. Delgi planlarına ait stop miktarları ve matkap numaraları .....	59
Tablo 8. Levhalarının bazı fiziksel ve mekanik özellikleri .....	65
Tablo 9. Levhaların bazı fiziksel ve mekanik özellikleri .....	65
Tablo 10. Moment değerleri (Nm) .....	66
Tablo 11. YKYL'da moment değerlerine ait varyans analizi sonuçları .....	68
Tablo 12. YKLL'da moment değerlerine ait varyans analizi sonuçları .....	69
Tablo 13. YKYL'da örnek uzunluklarına göre moment değerleri homojenlik grupları dağılımı .....	69
Tablo 14. YKLL'da örnek uzunlarına göre moment değerleri homojenlik grupları dağılımı .....	69
Tablo 15. YKYL'da stoplara göre moment değerleri homojenlik grupları .....	70
Tablo 16. YKLL'da stoplara göre moment değerleri homojenlik grupları .....	70
Tablo 17. YKYL moment değerlerinde örnek uzunlukları ile stop değerlerine ait ikili etkileşimlerinin homojenlik grupları .....	71
Tablo 18. YKLL moment değerlerinde örnek uzunlukları ile stop değerlerine ait ikili etkileşimlerinin homojenlik grupları .....	72
Tablo 19. YKYL moment değerlerinde örnek uzunlukları ile stop değerlerine ait ikili etkileşimlerinin örnek uzunluklarına göre homojenlik grupları .....	73
Tablo 20. YKLL moment değerlerinde örnek uzunlukları ile stop değerlerine ait ikili etkileşimlerinin örnek uzunluklarına göre homojenlik gruplar .....	74
Tablo 21. Elastikiyet değerleri (Nm/rad) .....	77
Tablo 22. YKYL'da elastikiyet değerlerine ait varyans analizi sonuçları .....	79

Tablo 23.	YKLL’da elastikiyet değerlerine ait varyans analizi sonuçları .....	80
Tablo 24.	YKYL’da örnek uzunluklarına göre elastikiyet değerleri homojenlik grupları dağılımı .....	80
Tablo 25.	YKLL’da örnek uzunlarına göre elastikiyet değerleri homojenlik grupları dağılımı.....	80
Tablo 26.	YKYL’da stoplara göre elastikiyet değerleri homojenlik grupları .....	81
Tablo 27.	YKLL’da stop değerlerine göre elastikiyet değerleri homojenlik grupları.	81
Tablo 28.	YKYL elastiklik değerlerinde örnek uzunlukları ile stop değerlerine ait ikili etkileşimlerinin homojenlik grupları .....	82
Tablo 29.	YKLL elastiklik değerlerinde örnek uzunlukları ile stop değerlerine ait ikili etkileşimlerinin homojenlik grupları .....	83
Tablo 30.	YKYL elastiklik değerlerinde örnek uzunlukları ile stop değerlerine ait ikili etkileşimlerinin örnek uzunlarına göre homojenlik grupları .....	84
Tablo 31.	YKLL elastiklik değerlerinde örnek uzunlukları ile stop değerlerine ait ikili etkileşimlerinin örnek uzunlarına göre homojenlik grupları .....	85
Tablo 32.	Levha çeşidine göre ortalama direnç ve elastikiyet değerleri .....	88
Tablo 33.	Pearson korelasyon analizi sonuçları .....	93
Tablo 34.	Moment değerlerine ait veri seti .....	95
Tablo 35.	Hesaplanan değerler ile gerçek değerlerin karşılaştırılması ve sapma miktarları .....	96
Tablo 36.	Eğitilen ve test edilen yapay sinir ağına sınır değerleri arasında sunulan verilerden elde edilen moment değerlerine ait sonuçlar .....	100
Tablo 37.	Örnek uzunluklarında en yüksek moment değeri gösteren stoplar .....	101
Tablo 38.	Moment değerlerine ait veri seti .....	102
Tablo 39.	Hesaplanan değerler ile gerçek değerlerin karşılaştırılması ve sapma miktarı .....	103
Tablo 40.	Eğitilen ve test edilen yapay sinir ağına sınır değerleri arasında sunulan verilerden elde edilen moment değerlerine ait sonuçlar .....	106
Tablo 41.	Örnek uzunluklarında en yüksek moment değeri gösteren stoplar .....	107
Tablo 42.	Elastikiyet değerlerine ait veri seti .....	108
Tablo 43.	Hesaplanan değerler ile gerçek değerlerin karşılaştırılması ve sapma miktarları .....	109
Tablo 44.	Eğitilen ve test edilen yapay sinir ağına sınır değerleri arasında sunulan verilerden elde edilen yonga levha elastikiyet değerlerine ait sonuçlar ....	112
Tablo 45.	Örnek uzunluklarında en yüksek elastikiyet değeri gösteren stoplar .....	113
Tablo 46.	Elastikiyet değerlerine ait veri seti .....	113

Tablo 47.	Hesaplanan değerler ile gerçek değerlerin karşılaştırılması ve sapma miktarı .....	114
Tablo 48.	Eğitilen ve test edilen yapay sinir ağına sınır değerleri arasında sunulan verilerden elde edilen elastikiyet değerlerine ait sonuçlar .....	118
Tablo 49.	rnek uzunluklarında en yüksek elastikiyet değeri gösteren stoplar .....	119
Tablo 50.	YKYL’da deney örnekleri göçme çeşitlerine ait yüzdeler .....	121
Tablo 51.	YKLL’da deney örnekleri göçme çeşitlerine ait örnek sayıları .....	122
Tablo 52.	Göçme Şekillerine göre değerleri (%) .....	123
Tablo 53.	YKYL’da örnek uzunluklarında en yüksek moment değeri gösteren stoplar .....	127
Tablo 54.	YKLL’da örnek uzunluklarında en yüksek moment değeri gösteren stoplar .....	127
Tablo 55.	Stop değerleri için en uygun örnek uzunlukları .....	128
Tablo 56.	YKYL’da örnek uzunluklarında en yüksek elastikiyet değeri gösteren stoplar .....	131
Tablo 57.	YKLL’da örnek uzunluklarında en yüksek elastikiyet değeri gösteren stoplar .....	131
Tablo 58.	Stop değerleri için en uygun örnek uzunlukları .....	131
Tablo 59.	Stop değerleri için en uygun örnek uzunlukları .....	133

## SEMBOLLER DİZİNİ

b	Deney örneğinin genişliği (mm)
H	Örneğin rutubeti (%)
k	Esneklik (Nm/rad)
l	kuvvet kolu (m)
M	Örneğin ağırlığı (gr)
M	Moment (Nm)
MAPE	ortalama mutlak yüzde hatası
MSE	ortalama kareler hata
N	hatalı terim sayısı
P	Maksimum kuvvet (N)
t	Deney örneğinin kalınlığı (mm)
V	Örneğin hacmi (cm <sup>3</sup> )
YKLL	Yapay kaplamalı liflevha
YKYL	Yapay kaplamalı yongalevha
YSA	Yapay sinir ağları
a <sub>2</sub> -a <sub>1</sub>	(F <sub>2</sub> -F <sub>1</sub> ) kuvvet artışları nedeniyle deney örneği uzunluğunun ortasında meydana gelen sehim artışı (mm)
E <sub>m</sub>	Elastiklik modülü (N/mm <sup>2</sup> )
f <sub>m</sub>	Eğilme direnci (N/mm <sup>2</sup> )
F <sub>max</sub>	En büyük kuvvet (N)
F <sub>1</sub>	Yaklaşık olarak en büyük kuvvetin % 10'u (N)
F <sub>2</sub>	Yaklaşık olarak en büyük kuvvetin % 40'ı (N)
F <sub>2</sub> -F <sub>1</sub>	Yük-sehim diyagramı oranlılık bölgesindeki yük artışı (N)
l <sub>1</sub>	Dayanakların (destek) eksenleri arasındaki uzaklık (mm)
m <sub>H</sub>	Örneğin rutubetli (% r) haldeki ağırlığı (gr)
m <sub>o</sub>	Örneğin tam kuru haldeki ağırlığı (gr)
td <sub>i</sub>	gerçek değeri
t <sub>i</sub>	modelin tahmin değeri
δ <sub>r</sub>	Özgül ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )
Ø	açısal defleksiyon veya rotasyon (radyan)

# 1. GENEL BİLGİLER

## 1.1. Giriş

İnsanoğlu dünyanın başlangıcından beri doğanın sert ve zor koşullarına karşı hep m¼cadele vermek zorunda kalmıştır. Barınma, korunma, ısınma, giyinme, yiyecek v.b. gibi gereksinimlerin varlığı, zamanla insanoğlunu bunlarla ilgili teknolojileri geliştirmesini sağlamıştır. Bu kapsamda; barınma kavramı içerisinde d¼řünebileceđimiz mobilya da insanlığın hayatın zor koşullarına karşı geliştirdiği ve zaman içinde çağa uygun olarak evrimleştirdiği bir teknoloji olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu y¼zden insanoğlu tarihin en başından beri uyuma, yemek yeme, çalışma ve dinlenme gibi benzeri gereksinimlerini karşılarken mobilya kullanmıştır.

Mobilya y¼zyıllardan beri çeşitli biçimlerde ¼retilmesine karşın, yapısal ¼zellikleri çok az dikkate alınarak tasarlanmıştır. Birçok mobilya tasarımı, uzun deneme yanılma y¼ntemleri ve kuramları sonucunda gerçekleştirilmiştir. Geçmişe dayalı geleneksel deneyimler ve bilgiler çok k¼kl¼ bir değişiklik veya yeni bir tasarım olmadığı s¼rece kuşaktan kuşağa geçerek g¼n¼m¼ze kadar gelmiştir [1].

T¼rkiye'ye baktığımızda da d¼nyadaki gelişmelere paralel olarak mobilya sekt¼r¼nde asıl atılımın 1993'ten sonra fark edilir derecede bir artış g¼sterdiđi s¼ylenebilir. Bu aşamada birçok orta ve b¼y¼k ¼lekli firmanın ortaya çıktığı, komşu ¼lkeleri de kapsayan oldukça iyi bir pazar ¼leđine eriştiği belirtilebilir. G¼n¼m¼zde T¼rkiye'de mobilya sekt¼r¼n¼n iyi bir gelişme içinde olduğu ve ¼rettiđi ¼r¼nlerin Avrupa Birliğinde talep g¼rd¼đ¼ ortaya konulabilir. Ayrıca; bu sekt¼r¼n komşu ¼lkelerin mobilya ¼retimine hammadde sağlayıcı durumuna geldiği de belirtilebilir [2].

Bilindiği gibi bir taraftan d¼nya n¼fusu artarken diğer taraftan ekonomik koşullar da giderek zorlaşmaktadır. Buna bağlı olarak aynı zamanda yaşam biçimi ve insan alışkanlıkları da değişim g¼stermektedir. Yani hızlı n¼fus artışı, yoğunlaşan iş hayatı ve ekonomik koşulların zorlaşması sonucu çağımız insanının yaşamına egemen olan hareketlilik ve konfor kavramları eşya k¼lt¼r¼ne de yansımaktadır. Değişen yaşam stili veya hayat biçiminin doğal sonucu olarak mobilya stili veya tarzı da etkilenmektedir. Ayrıca; bu alanda yine toplumun sosyo-ekonomik yapısındaki gelişmelere paralel olarak

geleneksel eşya kültüründen modern eşya kültürüne doğru bir yönelme gözlemlendiği belirtilmektedir. [3, 4].

Odun kaynaklarının sınırlı olması birçok araştırmacıyı yapay sentetik reçineli kağıt kaplı yongalevha ve orta yoğunluktaki liflevhanın yeni türlerinin üretilmesine yönlendirmiştir. Başka bir deyişle ağaç malzeme kaynaklarının sınırlı olması buna karşılık insan yaşamında vazgeçilmez yeri bulunan mobilyaya olan talebin fazlalığı, mobilyanın odun kompozitlerinden olan yongalı ve lifli ağaç malzemelerin üretilmesini sağlamıştır [5]. Ayrıca masif ağaç malzeme kaynaklarının maliyetinin çok yüksek olması ve işleme güçlükleri gibi koşulların da mobilya üretiminde masif ağaç malzeme yerine daha ekonomik ve daha dekoratif olan odun esaslı yonga ve liflevhaların kullanılmasına yöneltmiştir. Yonga ve liflevhalar masif ağaç malzemeye göre daha homojen bir yapıda olduklarından direnç özelliklerinde de önemli farklılıklar göstermemektedirler. Ayrıca; bu malzemelerde masif ağaç malzeme odununda bulunan budak, çürüklük, lif dönüklüğü gibi kusurlar bulunmamakta ve standart ölçülerde üretilmektedirler. Yonga ve liflevhalar kolay işlenmekte, çivi, vida vb. bağlantı elemanları ile yeterli dirençte birleştirilebilmektedirler. Aynı zamanda; çeşitli üretim yöntemleri ile lif yönleri, direnç, sertlik, özgül ağırlık gibi özellikleri de istenilen standartlarda düzenlenebilmektedir [6]. Odun kökenli yonga ve liflevhalar, belirtilen yapılarına bağlı olarak mobilya endüstrisinde, özellikle en önemli mobilya gruplarından biri olan “kabin veya levha” tipi mobilya üretiminde oldukça fazla kullanılmaktadırlar.

Herhangi bir mobilya ürünü, estetik, işlevsel ve yapısal kalite yeterliliklerini sağlamalıdır. Bunlardan mobilyanın dayanımı en etkili faktör olarak görülmektedir. Mobilya; birçok elemanın birleştirilmesi ile üretilmekte olup, genellikle birleştirme yerleri mobilyanın en az dirençli kısımlarını oluşturmaktadır. Buna bağlı olarak birleştirmelerin tasarımı, üretimde mobilyaya ilişkin tüm tasarımın en önemli aşamasını oluşturmaktadır. Mobilya elemanları, mobilyaya etki eden yükleri taşıyacak dirençte olsalar bile, birleştirmelerin yetersizliği mobilyanın tüm yapısını olumsuz olarak etkileyebilmektedir. Bu bakımdan; mobilya konstrüksiyonunu oluşturan her bir elemanın üzerine etki eden kuvvetleri güvenle taşıyabilecek bilimsel tasarımları yapmak oldukça önemlidir [7].

20. YY. sonlarına kadar dünyada ve Türkiye’de mobilya üretimi yaygın olarak geleneksel yapımlarla sürdürülmekte iken son yıllarda bu alanda modern tekniklerin özellikle de kabin tipi üretimde modern kabul edilen bilgisayar destekli makinelerin (CNC) kullanımı oldukça yaygınlaşmaktadır. Mobilya yapım veya üretiminde geleneksel veya



modern üretim tekniklerinden hangisi uygulanırsa uygulansın birleştirmelerin bir delgi planına dayalı olarak yapılması gerekmektedir. Bu bakımdan kabin tipi mobilya birleştirmelerinde en optimal delgi planı ile en yüksek dirençler yanında delgi, montaj ve benzeri aşamalarında işlem sayıları azaltılarak zaman kayıpları en aza indirilmesi gerekli görülmektedir. Böylece, üretimde kapasite yanında verimliliğin de artacağı ortaya konulabilecektir [8, 9].

## **1.2. Çalışmanın Kapsamı ve Amacı**

Bu çalışmada mobilya üretiminde yaygın olarak kullanılan malzemeler ve birleştirme yöntemlerinin dirençleri araştırılarak, bunların yapay sinir ağları (YSA) yöntemi ile bilgisayar modellenmesi yapılacaktır. Böylece; mobilya birleştirme yeri performansları ve uygun delgi planları saptanarak, elde edilen sonuçlar endüstriyel uygulamalara aktarılacaktır. Ayrıca; bilgisayar modellemesinin bu alanda kullanılan diğer çeşitli malzemelerle üretilen mobilya konstrüksiyonunda benzer sorunların çözümüne ortam ve katkı sağlayacaktır.

Bu çalışmada yapay kaplamalı yongalevha (YKYL) ve liflevhada (YKLL), köşe birleştirmeli kavelalı metal birleştirme yöntemi kullanılarak hazırlanan deney örnekleri eğilme deneyine tabi tutularak direnç değerleri elde edilmiştir. Bu direnç değerleri, moment ve elastikiyet değerlerine dönüştürülerek elde edilen değerler yapay sinir ağları yöntemi ile deneye tabi tutulmamış ölçülere ait değerlerin elde edilmesinde kullanılmıştır.

## **1.3. Mobilyanın Tanımı ve Genel Bilgiler**

Kavramsal olarak mobilya farklı şekillerde tanımlanabilmektedir. Genel bir tanımla mobilya; “insanların ve diğer canlıların yaşaması, çalışması, sosyal ve kültürel gereksinimlerini güvenli ve rahat bir şekilde karşılayabilmeleri için yapılmış, mekanlar içerisindeki çeşitli malzemelerden oluşturulmuş işlevsel ve estetik ürünlerdir [8].

TS 4521'e göre mobilya; "oturma, yemek yeme, çalışma, yatma v.b. işlerin yapılmasında kolaylık ve rahatlık sağlayan, parçaların büyük çoğunluğu masif, lifli, yongalı ve tabakalı ağaç malzemeden yapılan taşınabilir veya sabit olarak kullanılan eşyalar" olarak belirtilmektedir [8, 10].

Teknik bir tanımlamaya göre ise mobilya; "masif ağaç veya ağaç malzemelerin (yongalevha, liflevha, kontrplak, kontratabla ve kaplama vb.) metallerin ve plastiklerin çeşitli şekiller verilmek üzere birçok işlemlerden geçirilmesi; koruyucu, güzelleştirici üst yüzey işlemleri yanında tekstil, sentetik deri, yapay sünger ile vida, cam, mermer, yay vb. gibi montaj ve döşeme malzemeleri gibi tamamlayıcı gereçlerle işlevsel ve estetik özellikler kazandırılarak konut, büro, otel, lokanta ve okul vb. yerlerde kullanılmak üzere yapılan, sabit veya hareket ettirilebilen (masa, sandalye, koltuk, kanepeler, mutfak dolabı, giysi dolabı (gardırop), karyola, komodin, çekmeceli giysi dolabı (şifonyer), kütüphane vs. dayanıklı tüketim ürünleridir" [8].

Yukarıdaki tanımlardan anlaşılacağı gibi mobilyada beklenen bir takım temel özelliklerin bulunması gerekmektedir. Bu özellikler; estetiklik, işlevsellik ve yapısal kalitesinin yeterli olması gibi sıralanabilir. Dünyaya da bakıldığında mobilya tüketici kitlesinin belli bir bilinç noktasına eriştiği ve buna dair beklentilerin olduğu görülebilmektedir. Örneğin; İKEA, MFI ve Argos gibi markaların mobilya üretimleri ve pazarlamaları bunun en belirgin göstergesi olarak ortaya konulabilir [11].

Mobilya sektöründe en önemli eğilim, ahşap malzemeden kompozit malzemeye geçiş olarak gösterilebilir. Mobilya tasarımı ve üretiminde kompozit malzemelerin kullanımının yaygınlık kazanması, onların fiziksel ve mekanik etkilere karşı davranış biçimlerinin önceden bilinmesi oldukça önem kazanmıştır. Böylece; mobilya sektöründe tasarımcı, üretici ve son aşamada kullanıcılara teknik, estetik ve ekonomik yararlar sağlanmaktadır. Kısaca kompozit malzemenin fiziksel-mekanik özellikleri ve birleştirmelerin dirençlerine ait verilerin gerek tasarım gerekse üretime yönelik bilimsel araştırmalarda kullanımı önem kazanmaktadır [12]. Yine kompozit malzemelerin fabrikasyon seri üretimi ve fiyatlarının düşük olması mobilya sektöründe maliyetleri düşürücü bir etki yapmaktadır [13].

Günümüzde mobilyalar ahşap metal, plastik ve cam gibi malzemelerden üretilmektedir. Ancak bu malzemelerden en sık ve yaygın olarak kullanılanı ahşap ve ahşap ürünleridir. Ahşap ve ahşap ürünlerine ait birçok ürün seçeneği vardır. Bunlar; yumuşak veya sert odunlar, kontrplaklar, sert liflevhalar, OSB, MDF ve yongalevhalar

olarak sayılabilir. Mobilya üretiminde malzeme seçimi üretim yöntemini ve ürünü etkilemektedir. Ancak her malzemenin yapısı gereği birçok yarar ve sakıncaları bulunmaktadır [14].

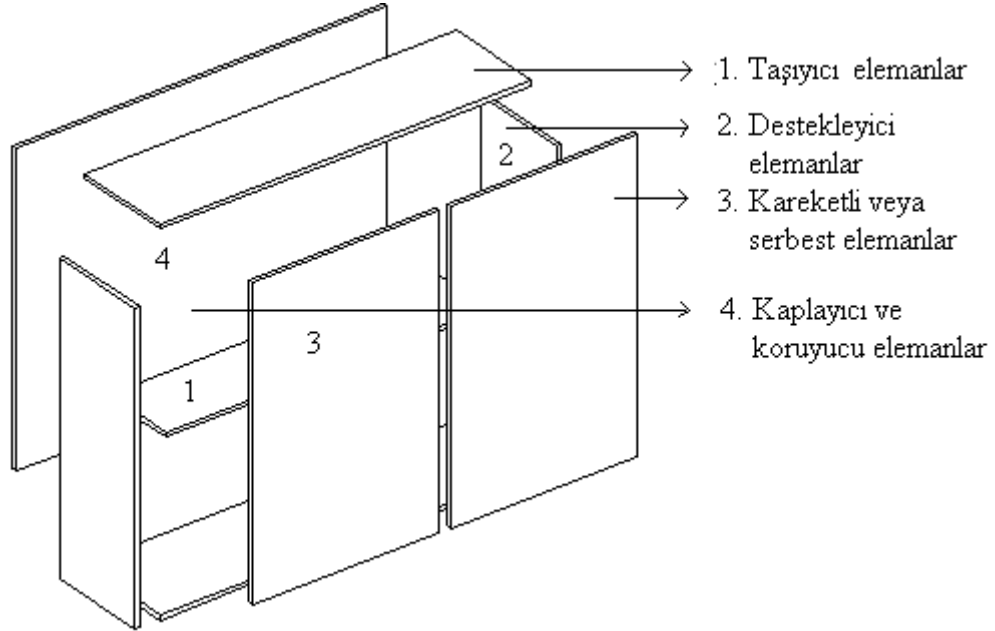
Bu konuda kaliteli ve modern mobilya tasarımı ve üretimi için mekanik özellikleri yüksek ve performans karakteristikleri iyi olan kompozit levhalar kullanılması önerilmektedir [15]. Eckelman'a göre en önemli levha özelliklerinin başında eğilme direncini belirlemek için maksimum eğilme direnci (MOR) ve rijitliği belirlemek için ise elastikiyet modülü (MOE) gelmektedir. Ayrıca levha parçalarında kopma direnci için gerekli kuvveti belirlemede yüzeye dik çekme direnci (IB), zaman içerisinde süregelen sapmadaki levha eğilimini belirlemek için sünme dayanımı ve ani çarpma kuvvetlerine karşı levha dayanımını belirlemek için ise çarpma direncinin etkili olduğu da belirtilmektedir. Bunlara ek olarak burulma kuvvetlerine karşı levhanın dayanımı için rijitlik modülü ya da makaslama modülü (G), levhanın yüzey düzgünlüğü, şişme ve çekme gibi fiziksel özellikleri de bulunmaktadır [16].

Başka bir açıdan bakıldığında birçok gelişmiş ülkede yongalevha ve liflevha gibi kompozit malzemelerin mobilya ve doğrama sektöründe kabul edildiği görülmektedir. Bunlara bağlı olarak yongalevha ve liflevhanın bazı teknik özelliklere sahip olması gerekmektedir. Örneğin bunlar; iyi işlenebilirlik, aynı yoğunluklarda olmaları, yüzeye dik dirençlerinde yeterlilik, minimum geçirgenlik ya da iletkenlik eğilimi, düşük şişme eğilimi, uniform kalınlık, çarpılmama, levha düzleminin her iki yönde de direnç ve genişleme bakımından homojenliği, büyük ölçüde üretilebilmesi, yüzey işleminin kolaylığı gibi belirtilebilir [13].

Yongalevha, mobilyanın yanlarında, arkasında, çekmecelerinde, kapaklarında ve diğer parçalarında kullanılmaktadır. Ayrıca masaların ve sıraların üstlerinde, büfelerde, komodinlerde, elbise dolaplarında ve kitaplık raflarında da kullanılmaktadır [13]. Bunların nedeni yongalevhanın adı geçen diğer levhalardan daha ucuz olmasına bağlanabilir. Ayrıca yongalevhalar yapay kaplamalı olarak üretilmekte ve çeşitli amaçlar için de kullanılmaktadır. Bunların yanında değişik ölçülerde ve değişik yoğunluklarda üretilmektedir. Böylece farklı tasarım ve üretim amaçlarına uygun malzeme özelliklerini taşımaktadır. Yongalevha ya da kontrplak kullanımı ile ahşap malzemede oluşan çarpılma ve yarıma gibi sonuçlar çoğunlukla ortadan kaldırılmaktadır. Bunun dışında yongalevha bütün yönlerde yaklaşık aynı rijitliğe sahip bulunmaktadır. Ancak bu rijitlik odundaki gibi kalınlıklar ve uzunluklardaki gibi farklı değildir [14]. Bu avantajlarının yanında MDF'ye

göre en önemli dezavantajı parça kenarının şekillendirilmesi gerektiğinde düzgün olmayan yüzeyler oluşturması ve bu nedenle masiflenmeyi gerektirmesidir. Mobilya üretiminde kullanılan MDF yapısı incelendiğinde yongalevhadan daha farklı özellikler göstermektedir. Yüksek kaliteye sahip ürünlerin üretilmesi gerektiğinde; çarpılmayan, kusursuz düzgün yüzeylere sahip MDF'ler tercih edilmektedir. Bunda MDF'nin işlendiğinde düzgün ve en az pürüzlü yüzey ve kenarlar oluşturması gösterilebilir. Ayrıca şekillendirilen kenarlarının kusursuz olması kaplanmasını da gerektirmemektedir [17, 18]. MDF'ler çoğunlukla kabin tipi mobilyalarda, kapılarda, çekmece kasalarında, çekmece önlerinde, raf ünitelerinde ve mutfak mobilyalarında kullanılmaktadırlar [8, 13].

Mobilya üretiminde üretilen mobilyalar çeşitli mobilya elemanlarından oluşmaktadır. Mobilyayı oluşturan her elemanın önemli bir işlevi bulunmaktadır. Bunlar yeterince bilindiğinde ürünler için malzeme seçiminden üretim tekniklerine kadar uygun çalışmalar yapılabilmektedir. Kısaca üretilen ürünlerin dayanımı, estetikliği, ekonomikliği ve kullanımı arttırılabilmektedir. Genellikle mobilya elemanları iki ana grupta incelenebilmektedir. Bunlar levha (kabin) tipi mobilyalar ve koltuk, sandalye tipi mobilyalar olarak belirtilebilir. Bu çalışma ile ilişkili olan kabin veya levha tipi mobilyalar genellikle 4 farklı elemandan oluşmaktadır (Şekil 1) [8].



Şekil 1. Levha veya kabin tipi mobilya elemanları

1. Taşıyıcı elemanlar: Mobilyanın alt üst ve ara (raflar) yatay kısımlarını oluşturan elemanlardır. Bu elemanlar yüksek eğilme direnci ve elastiklik modülü gerektirmektedirler. Ayrıca dış yüzeyleri güzel görünümde, her türlü fiziksel ve kimyasal etkilere dayanımlı kaliteli malzemelerden olması gerekmektedir.

2. Destekleyici elemanlar: Genellikle mobilyanın diğer bütün elemanlarına dayanak oluşturan yan kısımlarıdır. Yüksek eğilme direncine sahip malzemeye gerek duyulmakta ve güzel görünüm yanında ışık, ısı ve rutubete dayanıklı olması gerekmektedir.

3. Serbest elemanlar: Dolap, kütüphane vb. mobilyaların kapaklarını oluşturan elemanlar olup, daha çok yüksek çarpma (şok) direnci ve düşük bir özgül ağırlığı olan malzemeye gerek duyulmaktadır. Bu elemanlar hafif olup, yüzeyleri güzel bir görünümde olması istenmektedir.

4. Kaplayıcı ve Koruyucu Elemanlar: Dolap, kütüphane ve raf gibi mobilyaların arkalık kısımlarıdır. Kalınlıkları düşük (3-4 mm) ve dış etkenler bakımından eğilme direnci ve sertliği yüksek malzemelere gerek duyulmaktadır. Bu amaçla kullanımlar için en uygun malzemeler olarak kontrplaklar ve sert lif levhalar belirtilebilmektedir.

### **1.3.1. Mobilyada Mühendislik Tasarımı**

Mobilyalardaki bazı sorunlar genellikle satış sonrası hemen ortaya çıkmamakta veya gözükmemekte, bunlar zamanla ve kullanıldıkça ortaya çıkmaktadır. Mobilyalarla ilgili sorunları içeren yakınmalar doğrudan tüketiciler tarafından üreticilere veya pazarlayıcılara iletilmekle birlikte, bunların kayıtlarının tutulduğu veya rapor edildiği gerçeği ile karşılaşılmadığı belirtilmektedir. Çoğunlukla uygun konstrüksiyon sorunlarının giderilmesinde oldukça önemli bir etki yapmaktadır. Örneğin mobilya konstrüksiyonunda sorunların en önemlilerinden biri raflarının eğilmesi olarak belirtilebilmektedir [19]. Bu nedenle uygun mobilya tasarımları mobilyalardaki birçok kusurlarla ilgili yakınmaları ortadan kaldıracak estetiklik, işlevsellik ve kalitede bir yapıda olmalıdır [20]. Mobilya tasarımında sanatsal ve biçimsel gelişmeler tüketicilerin yaşamlarına ve kültürlerine zenginlik katacaktır. Eckelman'a göre mobilyanın estetikliğinin ilk aşamada tutulması, onu ikinci ve üçüncü aşamada işlevsellik ve mühendislik tasarımının izlemesi gerektiği

belirtilmektedir. Bunlardan mühendislik tasarımı mobilyanın yapısal planlamasını oluşturmakta olup, uygulanan yüklere yeterli dayanımı göstermesi veya güvenli bir şekilde taşınması olarak açıklanmaktadır [7].

Mobilya tasarımında en önemli aşamalardan biri birleştirmelerin tasarımı olduğu, ancak günümüzde bile bu konuda yeterli bilimsel bilgi bulunmadığı belirtilmektedir. Birleştirmeler genellikle mobilyanın en zayıf parçalarıdır. Bunlar temelde göçmeye sebep olurlar [7]. Diğer taraftan birleştirmelerin direnci ve rijitliği aynı zamanda mobilyanın da direnç ve rijitliği anlamına gelmektedir [20, 21, 22, 23, 24]. Bundan başka mobilya konstrüksiyonunda kullanılan birleştirmelerin en önemlisinin yarı-rijit birleştirmeler olduğu belirtilmektedir [7, 21, 25, 26]. Eckelman'a göre bunun nedeni eğilme yükü altında birleştirmelerin dönmesi olarak açıklanmaktadır [7, 20].

Bütün bu gerçeklere dayanarak mobilyadaki kusurlardan oluşan yakınmaların başlıcasını çekmeceler, raflar ve mobilyanın bağlantı yerlerinin olduğu söylenebilir. Mobilyada çekmeceler ve raflar kullanıldıkları yere, amaca ve malzemeye göre çeşitli zorlamalarla yükler etkisinde kalmaktadırlar. Bundan dolayı mobilyanın yapıldığı malzeme, kullanılan birleştirme çeşidi ve bu birleştirmede kullanılan bağlantı elemanlarının sağlamlığı ve bütün konstrüksiyonun statik ve dinamik kuvvetlere karşı direnci çok önem kazandığı belirtilmektedir [27, 28]. Eckelman'ın açıkladığı gibi "raf" basit bir yapıda olsa da rafların davranışsal özelliklerinin hala tam olarak çözülebildiğini ileri sürmek zor görülmektedir. Rafların davranışsal özelliklerinin kaynağını karmaşık tasarım süreci olarak gösterilebilir. Bu süreç onun bağlantı şekli, tahmini yük kapasitesi ve sürekli ağırlık altındaki sünmesi olarak belirtilebilir [29].

### **1.3.2. Mobilya Konstrüksiyonu**

Genel anlamda konstrüksiyon; "yapma", "inşa etme" demektir. Mobilyada ve iç mimaride ise "yapım tekniği" anlamına gelir. Literatürde konstrüksiyonlar, masif, çerçeve, ızgara-petek-kafes, kontra, levha ve komple konstrüksiyon olarak sınıflandırılmaktadır. Bunlar şu şekilde açıklanabilir: Masif parça veya tablalardan meydana gelen konstrüksiyonlara "masif konstrüksiyon" denir. Masif konstrüksiyonlarda ürün elemanlarının düzgünlüğünü koruması yanında kullanılan birleştirme yöntemleri diğer konstrüksiyon çeşitlerine göre daha zordur. Kenarları çerçeve biçiminde hazırlanan ve iç

boşlukları kontrplak, kaplamalı yongalevha, masif levha, liflevha vb. malzemelerle kaplı elemanlardan oluşan konstrüksiyonlara “çerçeve konstrüksiyon” denir. Diğer konstrüksiyonlara oranla daha hafif, ucuz ve fazla uygulanan bir konstrüksiyon çeşididir. Buna aynı zamanda iskelet konstrüksiyon da denilmektedir. Kenarları masif çerçeve ve bunların içine ızgaralar yerleştirildikten sonra üzerine çeşitli levhaların (kontrplak, liflevha vb) kaplanması ile üretilen konstrüksiyona “ızgara konstrüksiyon” denir. Hafif olup, çalışma sorunları oldukça azaltılmıştır. Masif çerçeveler içine kraft kağıtlardan üretilen petek malzemesinin yerleştirilmesi ve üzerlerinin levhalarla kaplanması ile elde edilen konstrüksiyona da “petek konstrüksiyon” denir. Izgara konstrüksiyona göre daha hafif ve yüzeye gelen yüklere karşı dirençli olmasının yanında seri üretime uygun bir yapıya sahiptir. Masif çیتالardan kare kesitli hazırlanan konstrüksiyonlara da “kafes konstrüksiyon” denilmektedir. Piyasada hazır olarak satılmakta, ayrıca fabrikalarda üretilmektedirler. Bütün elemanları kontratablaldan oluşan konstrüksiyonlara “kontra konstrüksiyonlar” denilmektedir. Eskiden çok fazla kullanılan bu konstrüksiyon yonga levha ve lif levhanın üretimi sonrası yerini ucuz, düzgün yüzeyli bu levhaların kullanımına bırakmıştır. Masif veya ahşap, kaplamalı ahşap, kaplamalı levhaların (yonga veya lif levhalar vb.) kullanıldığı konstrüksiyonlara “levha konstrüksiyon” denilmektedir. Buna aynı zamanda panel veya kutu konstrüksiyon da denilmektedir. Genellikle üretildikleri malzemelerin özelliklerini taşırlar. Yukarıda açıklanan yöntemlerin birden fazlası ile hazırlanmış konstrüksiyonlara da “komple konstrüksiyon” denilmektedir. [4, 7, 8, 28, 30, 31, 32].

### 1.3.3. Mobilyada Yükler

Bilindiği gibi yük, “yerçekiminin maddeye uyguladığı” kuvvettir. Ancak mobilya sektöründe yük kavramı, “mobilyanın kullanımda taşıyacağı yük” olarak değerlendirilmektedir. Mobilyada yükleri sınıflandırırken doğasına ve kullanım amaçlarına göre davranılır. Yükler; statik yük, tekrarlanan yük, ani yük, yoğun yük ve dağıtılmış yük olarak sınıflandırabilmektedir [7]. Mobilya kullanım aşamasında bu yüklerden biri veya birkaçının etkisinde kalabilmektedir. Ayrıca bu kapsamda mobilyanın etkisinde kaldığı yükün ne sıklıkta, sürede ve amaçla uygulandığı da önem kazanmaktadır [33]. Bilinen bir gerçektir ki mobilya ilk kullanılmaya başlandığı dirençte kalamayacaktır. Üretildiği

malzeme ve işçilik kalitesi düzeyine bağlı olarak etkisinde kalacağı yüklere dayanım gösterecektir [34].

Mobilya ile yük arasındaki ilişkinin doğrudan ortaya konulabilmesi için öncelikle mobilyanın yapısal özelliklerinin yeterince bilinmesi gerekmektedir. Buna bağlı olarak da mobilya konstrüksiyonunda yükleri taşıyan birleştirme noktalarının yapısallığını da anlamak gerekmektedir. Böylece mobilyanın ne kadar yük taşıyabileceği, hangi yük altında deforme olabileceği ve nasıl yeterli dayanıklılığa getirilebileceği anlaşılabilir [35]. Yani mobilyanın bu bağlamda karşı karşıya kaldığı gerçeklik taşıyacağı yüküdür. Mobilya mühendislik tasarımında birbiriyle bağlantılı ve birbirini izleyen yapım sürecinde söz konusu mobilyanın ne kadar yük taşıyacağı her zaman için göz önüne alınan bir faktördür. Bundan dolayı mobilyanın tasarımı ile taşıyacağı yük arasında bir mühendislik ilişkisi bulunmaktadır. Bu mühendislik ilişkisinde mobilya tasarlanırken bazı mühendislik kriterleri baz olarak alınmaktadır. Bunlar;

1. Mobilyaya uygulanacak yükün miktarını belirlemek,
2. Mobilyanın taşıyıcı parçalarının büyüklüklerini hesaplamak ve bunlar üzerinde denemelerin yapılması,
3. Mobilyanın taşıyıcı parçalarına normalin dışında aşırı bir yük ya da uygulanan yükün mobilya elemanları tarafından nasıl dağıtılacağına incelenmesi,
4. Gerek duyulursa 2. ve 3. aşamadaki uygulamaların tekrarlanması,
5. Mobilyanın kullanımına uygun olarak birleştirme tasarımlarının iç ve dış yüklerini güvenli bir şekilde taşıyabileceklerinden emin olunması [7].

Bütün bu süreçler yöntem dayalı mobilya üretimini gerektirmektedir. Yani mobilyayı oluşturan elemanlar ve birleştirmeler mobilyanın kullanım süresince beklenen yükleri taşıyabilecek şekilde tasarlanmalıdır [7, 12, 20].

Bazı kabin tipi mobilyalarda tasarlanan yük, tasarımcının belirlediğinden daha çok teknik özellikleri içermektedir. Örneğin FIRA araştırmalarına ait özellikler birçok kullanım etkinlikleri göz önüne alınarak hafif, orta ve ağır işlevli uygulamalar olarak belirtilen yüklerin ortalama ve maksimum değerleri Tablo 1’de gösterilmektedir [36].



Tablo 1. FIRA araştırmalarına ait özellikler ve sürekli yükleme değerleri (N/mm<sup>2</sup>)

Sınıfı	Düzeyi	Kullanım yeri	Ortalama değer	Maksimum değer
1. Derece	Hafif işlevli	Yatak odası, oturma odası, hafif depolama amaçlı mobilyalar	0,35	1,00
2. Derece	Orta işlevli	Kütüphane, mutfak, yemek odası, yatak odası mobilyaları	0,70	1,50
3. Derece	Ağır işlevli	Kütüphane, ofis, okul mobilyaları	1,25	2,50

Sparkes 1977'deki diğer bir çalışmasında ortalama ve maksimum yükleri belirlenen kabin tipi mobilyada İngiliz Standart Őartnamesini yeniden hazırlamak için temel olarak kullanılan FIRA sınıf performans testlerini, kullanımdaki yk düzeyine göre 5 sınıfta (Tablo 2) toplamıştır [37].

Tablo 2. Belirlenen sınıflar ve bunlara ait yük değerleri (N/mm<sup>2</sup>)

Sınıf	Tanım	Ortalama Değer	Maksimum Değer
1	Hafif mobilya	0,35	1,00
2	Normal i koşullardaki kullanım eşyaları		
3	Ağır i koşullarda kullanılan mobilyalar	0,70	1,5
4	Hor ve dikkatsiz kullanımların olduğu mobilyalar	1,25	2,5
5	Beklenilenden fazla kullanılan mobilyalar	1,50	3,00

Mobilyanın taşıma kapasitesi ve mobilya bağlantılarının rijitliği, mobilyanın direncini ve rijitliğini belirlemektedir. Ancak mobilyanın göçme eğilimlerinden dolayı daha güçlü birleştirmelerin gerekliliği de bir gerçektir. Bununla birlikte belirli sınırlar arasında birleştirme elemanları, doğası gereği ne zayıf ne de güçlü olmalıdırlar. Gerçekte onların direnci doğrudan taşıyacakları yükle ilişkilidir [21]. Bunun aksi durumunda mobilya köşelerine uygulanan kuvvete uygun olarak köşe birleştirmelerinde plastik deformasyon, eğilme, çatlama ya da ayrılmalar meydana gelmektedir [38].

Mobilyada yk kavramının yanı sıra mobilyayı etkileyen ve yk kavramına benzeyen bir diğer kavram da "kuvvet" kavramıdır. Kuvvet, yk kavramının tanımından farklı olarak "bir varlığın başka bir varlık üzerine uyguladığı etki ya da eylem" olarak

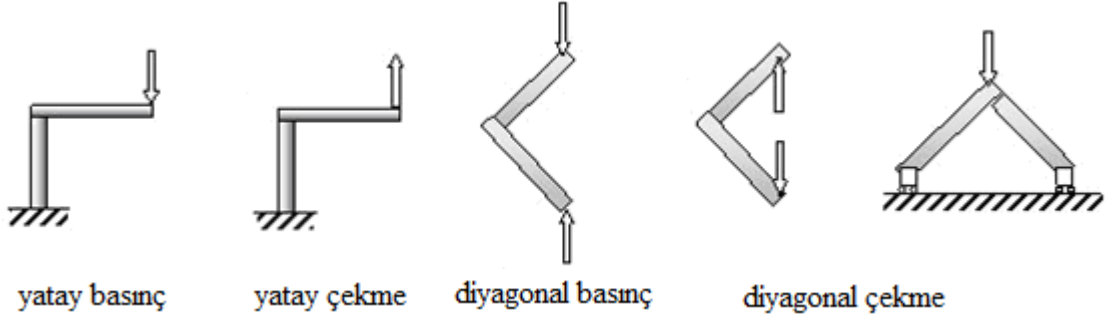
tanımlanmaktadır. Yani bir varlığın uyguladığı kuvvet ile kuvvet uygulanan varlığın şeklinin ya da konumunun değişmesidir. Buna göre mobilyada kuvvet kavramı mobilya tasarımında ve birleştirme yerlerinde önem kazanmaktadır. Kuvvet iç ve dış kuvvetler olarak ikiye ayrılabilir. Dış kuvvet bir yapıya dışarıdan uygulanan güç, iç kuvvet ise dışarıdan uygulanan güce karşı o yapının elemanlarının karşı koyma gücü olarak açıklanmaktadır. Buna mobilyadan örnek verilirse, bir sandalyeye oturan kişinin ağırlığı sandalyeye uygulanan dış kuvvet, sandalye elemanları ayaklarının ve bağlantı noktalarının uygulanan kuvvete karşı gösterdiği direnç ise iç kuvvettir [7].

Bir kuvvetin özellikleri hareketin büyüklüğü, hattı, yönü ve uygulama noktasıdır. Kuvvetin diğer bir özelliği ise momenttir. Genelde bir kuvvetin momenti o eksenindeki dönme eğilimi olarak tanımlanabilir. Moment  $M = F \times L$  şeklinde formüle edilebilmektedir. Burada; M momenti, F uygulanan kuvvet, L ise moment kolu olarak açıklanmaktadır [7].

Mobilya yapımında bir kuvvetin moment değerlerinin de hesaba katılması zorunlu görülmektedir. Mobilya elemanlarına uygulanan dış kuvvetler incelenerek iç dirençleri belirlenebilir ve bu elemanlarda kullanılan malzemelerin güvenli olup olmadığı anlaşılabilir. Tasarımcının öncelikli görevi böylesi durumlarda aşırıya kaçmaksızın tasarımın direnç değerlerini hesaba katarak en uygun malzemeleri seçmek ve tasarıma son şeklini vermesi olarak açıklanabilmektedir [7].

Mobilya tasarımında mobilyanın yapı mekaniğinin mukavemet tasarımı araştırılırken bilimsel yayınlardan daha çok deneysel bilgilerden veya deneme ve yanılmalardan yararlanılmaktadır [39]. Gerçekte buna yardımcı olacak nitelikte mobilya performansını ölçen standartlar ve test yöntemlerinin varlığı da önemlidir. Ancak; dünya genelinde henüz oluşturulmuş bir mobilya performans test yöntemi bulunmamaktadır. Bu durum daha çok ülkeden ülkeye farklılık gösteren standartlar şeklinde uygulanmaktadır [40].

Birleştirilen levhaların köşe bağlantı elemanları; aksenal, makaslama, burulma ve/veya eğilme kuvvetleri etkisinde kalmaktadırlar [7, 41]. Bununla birlikte eğilme kuvvetleri genellikle son derece etkilidir. Çünkü onların büyüklükleri, özel birleştirme şekillerinin teorik olarak maksimum direncini kolaylıkla aşabilmektedir. Bu yükleme çeşidi birleştirilen levhaların sıkıca birbirini kavrayıp kavramamasına bağlıdır. Eğilme kuvvetleri birçok yöntemle uygulanmaktadır (Şekil 2) [41].



Şekil 2. Birleştirmelerde yaygın olarak uygulanan çeşitli yükleme biçimleri

### 1.3.4. Kabin Tipi Mobilya

Kabin tipi mobilya günümüzde kullanılan ve üretilen mobilya kategorilerinin en önemlisidir. Kabin tipi mobilya konutlarda, ofislerde, iş yerlerinde, mağaza ve depolarda yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Kabin tipi mobilyanın tarihi çok eskilere dayanmaktadır. Tutankhamen'nin mezarı 3000 yıl öncesine uzanan kabin tipi mobilyanın bir örneği olarak verilmektedir. Son 30 yıla kadar kabin tipi mobilyanın özellikleri bilimsel olarak araştırılmamıştır. Yapılan araştırmalar; rasyonel tasarım işlemlerine öncülük etmiş, böylece sağlam ve daha dayanıklı ürünlerin oluşmasına neden olmuştur [42, 43, 44].

Kabin tipi bir mobilyayı tasarlamak için çeşitli birleştirme yerlerine ait yapılan yüklemeler sonucunda sağlamlıklarını belirlemek için bir analiz yöntemi gerekmektedir. Kabin tipi mobilyaların yapısal analizleri; çerçeve konstrüksiyonlu bir mobilyada ön çerçeve, alt, üst ve yanlar ile arkalıkları ya da çerçevesiz kabin tipi konstrüksiyonunda alt, üst ve yanlar ile arka levhaları kapsayabilmektedir. Çerçevesiz kabin tipi konstrüksiyonda, levhaların burulma dirençleri, elemanlarının boyutlarına ve malzemenin fiziksel ve mekanik özelliklerine bağlı iken çerçeveli kabin tipi mobilyada eğilme direnci, elemanların rijitliklerine ve birleştirmelere bağlı olduğu söylenebilmektedir. Kabin tipi konstrüksiyonlu mobilyalar, çoğunlukla dört yan ve bir arkalık elemanından oluşmaktadırlar. Bu yapıları ile bir çerçeve şekindedirler. Bir mobilyanın genellikle tüm elemanları levhalardan oluşuyorsa “kabin tipi mobilya” olarak tanımlanabilmektedir. Kabin tipi konstrüksiyonda yapının direnci ve sağlamlığı önemli oranda levhaların burulma direnci ve rijitliğine bağlıdır. Eğer kabin tipi konstrüksiyon üzerinde, çerçeve, çekmece ve kapaklar bulunuyor ise, bu yapı genellikle “karkas tipi” olarak tanımlanmaktadır. Normal bir raflı kitaplık

kabin tipi konstrüksiyona; çekmeceli bir çamaşır dolabı ise karkas konstrüksiyona örnek olarak gösterilebilmektedir. [7, 32]

Kabin tipi mobilyada kullanılan malzemeler masif ağaç veya ağaç malzeme kökenli olabilmektedir. Montajları çeşitli birleştirme sistemleriyle sağlanmaktadır [43]. Direnci ve sağlamlığı malzemelerin yapısına, ana elemanlar arasındaki birleştirmelerin yapısı ve sistemi gibi karmaşık faktörlere bağlıdır [45]. Köşe birleştirmelerin direncinin rijit olması bir bütün olarak kabin tipi mobilyanın rijit olmasını etkilemektedir [7]. Yine arkalıklarda kabin tipi mobilyanın rijitliği üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu belirtilmektedir [46]. Yani kabin tipi mobilyalarda konstrüksiyonun sağlamlığı kayıtlar ile bunları birbirine bağlayan birleştirmenin direncine bağlı olmaktadır. Birleştirme faktörünün ihmal edilmesi halinde kabin tipi mobilyaların sağlamlığı levhaların burulma direnci ve rijitliği ile doğrudan ilişkili bulunmaktadır [47].

Genellikle kabin tipi konstrüksiyonlu sistemlere ait birleştirmelerin test edilmesinde “L” ve “T” tipi örnekler kullanılmaktadır. Sistemin bağlantı yerleri levha eksenleri doğrultusunda çekme, eğilme ve makaslama; levha köşegenleri doğrultusunda ise burulma yüklerinin etkisinde kalmaktadır. Kabin tipi mobilyalar, kullanım esnasında bunun gibi dış etki kuvvetlerinin olası etkilerine direnç gösterebilmeleri gerekmektedir. Arzu edilen direnç ve dayanıklılık beklentilerini karşılayabilecek uygun mobilya tasarımı, mobilya birleştirmelerinde kullanılan birleştirme elemanlarının tutma dirençlerinin yaklaşık değerlerle önceden bilinmesini veya tahmin edilmesini gerektirdiği açıklanmaktadır [48].

Köşe birleştirme elemanları üzerine yapılan birçok araştırma, kabin tipi mobilya için çok önemli tasarım bilgilerini sağlamıştır. Birleştirme elemanlarının genellikle mobilyanın en zayıf parçaları olduğunu çoğunlukla da bu kısımlardan göçtüğünü belirtmektedir. Mobilya konstrüksiyonunda kullanılan birleştirme elemanlarının rijitliği ve direnci, mobilyanın da rijitliği ve direncini belirlemektedir [7]. Köşe birleştirme elemanlarının eğilme direnci esas olarak doğrudan kullanılan birleştirme elemanlarının orantısal miktarına bağlı olmaktadır. Buna göre; iki birleştirme elemanının eğilme direnci tek bir birleştirme elemanın eğilme direncinin iki katıdır. Buradan da birleştirme elemanlarının sayısal miktarı ile direnç ve rijitlik arasında doğrusal bir orantının olduğu ortaya konulabilmektedir [49, 50]. Yani eskiden mobilya yapımında ne kadar çok birleştirme elemanı kullanılırsa, o oranda dirençli ve sağlam olabileceğine dair bir kanaat vardı. Ancak bu kanata dair çok az açıklayıcı bilgi vardı. Günümüzde de üretim mühendisliğinde kabin tipi mobilyaların yapımında, kabin tipi mobilyanın alt ve üst

tablalarının kenarlara birleştirilmesinde kullanılan birleştirme elemanlarının yüksek kalitede olması önemli kabul edilmektedir [51]. Ayrıca; birleştirme elemanları arasındaki optimum uzaklık birleştirme elemanlarından beklenen direnç ve sağlamlığında önemli bir etken olduğu belirtilmektedir [52].

Günümüzde genellikle kabin tipi mobilyalarda birleştirmeler; kavelalı, kınışlı, lambalı, vidalı ve minifiks birleştirmelerle yapılmaktadır. Ancak bunların içinde vidalı ve minifiks gibi birleştirme elemanları ile yapılan birleştirmeler diğerlerine oranla işçiliği az, yapımı kolay ve daha dayanıklı olarak öne çıkmaktadır [27]. Herhangi bir birleştirme elemanının sabitleneceği malzeme üzerindeki çapı ve derinliği de önem kazanmaktadır. Buna bağlı olarak birçok büyük mobilya üreticisi bu konuda standart geliştirmişlerdir. Bunlardan kavelalar; sert ağaç odunundan 5, 6, 8, 10, 12, 16 mm çaplarında ve 20-100 mm uzunluklarında üretilmektedirler. Kavelanın yüzeyinin özel şekilli olması birleştirildiği yüzeye olan tutunma oranını % 30 oranında artırdığı kabul edilmektedir ki, bu aynı zamanda yapışma direncinin artması anlamına da gelmektedir [49].

Türkiye’de de kabin tipi mobilyadaki delgi işlemleri geniş ölçüde Avrupa stili de denilen 32 mm’lik sisteme dayanmaktadır. Bu sistem, delik merkezleri arasındaki uzaklıkların 32 mm veya katları şeklinde uygulanmaktadır [2].

### **1.3.5. Demonte Mobilya**

20. ve 21. Yüzyıl, modern yüzyıllar olarak bilinmektedir. 20. Yüzyılda hızlı gelişen endüstriyel yapı, eski çağlara göre insanların kültür düzeyleri yanında gelir düzeylerini de yükseltmiştir. Bu gelir düzeyi insanların daha hareketli olmalarını ve yaşamalarını sağlamıştır. Sosyal hareketlilikteki bu durum beraberinde mobilya seçimini etkileyen bir yaşamın yeğlenmesini geliştirmiştir. Günümüzde insanların sık sık şehir ya da ülke değiştirmeleri onların ev eşyası olarak da taşınmalarını zorunlu kılmıştır. İşte bu taşıma faaliyetlerinde insanlar artık tek parça mobilya ve eşya biçiminden daha çok “sökülüp-takılabilen”, elemanlarına ayrılabilen ve taşınırken korunması mümkün olabilen mobilyaya yönelmiştir. Bunun günümüzdeki adı uluslararası literatürde “ready-to-assemble (RTA)” mobilya olarak da bilinen “demonte mobilya”dır. Demonte mobilyanın (knockdown table-KD) yaratıcısı olan Eric Sauder, 1951 yılında ilk patent hakkını almıştır. Bu tarihten sonra

dünyada demonte mobilya hızlı bir gelişim göstererek geleneksel mobilya üretimine önemli ölçüde üstünlük sağlamıştır [53].

Demonte mobilya; satıcı veya tüketici tarafından kullanım yerlerinde mobilya parçalarının bir araya getirilip montaja hazır olarak tasarlanan, istenildiğinde sökülüp tekrar başka mekanda kullanılmak üzere paketlenen tüketim ürünleridir [53]. Demonte mobilyanın sökülüp takılabilmesi, bu işlem için fazla bir uzmanlık gerektirmemesi, paketlenebilmesi, daha az yer kaplaması, kullanım yerinde olası onarımların mümkün olması ve bunlardan dolayı işçilik ve taşıma giderlerini azaltması demonte mobilyayı pratik ve popüler hale getirmiştir [54]. Bunlara ek olarak depolanma ve taşınmasında herhangi bir dış etkenden en az zarar görmesi de diğer yararlı yönleri olarak ortaya konulabilmektedir.

Demonte mobilyada kullanılan yongalevha ve MDF gibi malzemelerin masif ahşap malzemeye göre çok ucuz olması, demonte mobilyanın da ucuz bir mobilya olmasını sağlayan başka bir faktör olarak belirtilmektedir. Ayrıca demonte mobilyanın tasarımında ve mühendisliğinde geliştirilen yeni tekniklerle daha dayanıklı ve daha kullanışlı bir mobilya türü olmasını sağlamıştır. Böylece demonte mobilya, dünya mobilya endüstrisinin en hızlı gelişen dalı haline gelmiştir [55]. Bunda demonte mobilyanın genç kuşakların tercihlerine uygun mobilya tasarımları sunmasının da payı büyüktür. Ayrıca demonte mobilyanın mekanın yapısına uygun olarak farklı şekillerde yerleştirilmesine uygun yapıda olmasında onu çekici kılan diğer bir önemli etkidir [45, 49, 56].

Eric Sauder, KD mobilyanın dünya pazarlarına hızlı bir şekilde arz edilebilmesi için ona uygun bir paketleme yada ambalaj anlayışı getirmiştir. Böylece demonte mobilya, pazarlara kolayca ulaştırılabilmıştır. Eric Sauder'in RTA mobilya anlayışı dünya mobilya sektöründe bir devrim niteliğinde sayılmaktadır. Sauder'in düşüncesinin büyüklüğü çok uygulanabilir ve ucuz olan KD mobilyaların dar ve orta gelirli sınıfların günlük mobilya ihtiyaçlarını karşılamak için KD mobilyanın tüketicinin ayağına uygun bir ambalajla götürülmesinde yatmaktadır. Yani Sauder böylece geleneksel mobilya üretimini büyük ölçekli bir üretim ekonomisine dönüştürmüş ve beraberinde RTA modeli ile de bambaşka bir pazarlama stratejisi geliştirmiştir [53].

Yarım yüzyıldan fazladır dünya pazarlarında boy gösteren RTA mobilya Türkiye pazarında da etkin olmuştur. Türkiye'de masif malzemedan yapılan geleneksel mobilya kullanımının yaygın olduğu bir pazar iken sonradan ucuzluğu ve kullanım kolaylığından dolayı RTA mobilyayı büyük bir hızla kabul etmiştir. Türkiye'de RTA mobilyanın sektörel

analizine bakıldığında bugün için Türkiye’de mobilya üretiminde odun kökenli kompozit malzemeler kullanılmakta ve bunların birleştirmeleri de modern birleştirme yöntemleriyle yapılmaktadır. Yani demonte mobilyanın birleştirilmelerinde geleneksel birleştirme yöntemlerinden uzaklaşmıştır. Ayrıca Türkiye’de mobilya sektöründe makineleşme sürecinin ilerlemesi ile daha az el emeğine gereksinim duyulmaktadır. Bunlara ek olarak Türkiye mobilya sektöründe püskürtme boya ve yüzey kaplama tekniği ile mobilya parçaları artık eski boyama ve kaplama tekniklerinden daha ucuz ve daha kolay olmaktadır [57]. Türkiye’de nüfus artışına paralel olarak kabin tipi mobilya üretiminde de bir artış olmuş ve kabin tipi mobilya sektörü geniş oranda RTA tipi mobilyaya yönelmiştir. Bu gelişmelerin sonucundan dolayı Türk mobilya üreticileri düşük maliyetli bağlantı elemanlarından vazgeçerek RTA tescilli bağlantı elemanlarına dönüş yapmışlardır. Sonuç olarak; RTA mobilyada günümüzde en çok tercih edilen birleştirme şeklinin kavelalı metal bağlantılı (minifiks) yöntemi olduğu görülmektedir.

Birleştirmelerin performansını tanımlayan esas değişkenler olan direnç ve elastikiyet montaja hazır mobilyalar için de geçerlidir. Genel olarak bir konstrüksiyondaki birleştirmelerin elastikiyeti yük altındaki tüm konstrüksiyonun davranışını kontrol etmektedir [58].

### **1.3.5.1. Demonte Mobilya Birleştirme Elemanları**

Demonte mobilyanın yapısında en fazla geçerli etken onun bağlantı elemanlarıdır. Demonte mobilyanın kompozit malzemelerden üretilen parçaları ne kadar kaliteli olursa olsun, sonuçta bu parçaların bir bütün içerisinde kullanılabilmesi için onun uygun birleştirme elemanları ile birleştirilmesi gerekmektedir. Bunlara göre açılıp kapatılan bir çekmece, kapak ve üzerine kitap konulan bir raf işlevini uzun süre sürdürebilmesi önemli görülmektedir. Montaja hazır mobilyada kullanılmak üzere çok sayıda bağlantı elemanı geliştirilmiş olup günümüzde de bunlar kullanılmaktadır [58]. Demonte mobilyada bu bağlantı elemanlarının kullanılması, birleştirilen rafların sökülüp takılmasına, ambalaj kolaylığına ve nakliye maliyetlerinin azalmasına büyük katkısı bulunmaktadır [59, 60]. Yani demonte mobilyanın mobilya olarak işlevini görmesi, bağlantı elemanları ile çok sıkı sıkıya bağlı bulunmaktadır. Buna bağlı olarak demonte mobilya üretiminde ve kullanımında hangi türde ve yöntemde birleştirme elemanlarının kullanılacağı önem

kazanmaktadır. Mobilya sektöründe mühendislik araştırmalarının önemli bir kısmı bu soru üzerindeki incelemelere yöneltilmektedir.

Bu kapsamda önceleri demonte mobilyada birleştirme elemanları olarak çoğunlukla kavelalar kullanılmıştır. Daha sonra demonte mobilya birleştirmelerinde kavelanın yanı sıra vida ve metal bağlantılar kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde bu birleştirme elemanları tek olarak kullanılabilirdiği gibi, birlikte de kullanılabilir. Demonte mobilyaların yatay ve dikey parçaların birleştirilmesinde en yaygın birleştirme çeşidi köşe birleştirmeler olduğu belirtilmektedir [36]. Yukarıda konu edilen birleştirmeler bir yapıştırıcı kullanılmaksızın demonte mobilyalarda uygulanabilmektedir [59]. Demonte mobilyalarda birleştirme elemanlarının çok geniş kullanım alanı bulunmasına rağmen bu bağlantı elemanlarının performans özellikleri tam olarak bilinmemektedir. Bu performans özellikleri demonte mobilya tasarımında göz önünde tutulan önemli bir etkidir. Sınırlı da olsa bunun üzerine çalışmalar yapılmıştır [36, 58, 61].

Amerikada RTA mobilyada tutkalsız düz birleştirme şekilli raf ve kabinlerde birleştirme elemanlarından en yaygın olarak kavelalı veya kavelasız vidalar kullanılmaktadır. Mutfak dolaplarında ve çerçevelerinde başlıca birleştirme elemanı olarak kavelalar kullanılmaktadır. Kavelanın kullanımlardaki tercih edilmesi fiyatının ucuz ve çok yönlü kullanıma sahip olması olarak belirtilmektedir [52, 62]. Araştırmalar göstermektedir ki kavelalara bağlı elemanların yük taşıma kapasitesi geniş ölçüde kavela çapı ve boyu ile yapıştırıcının kullanılıp kullanılmamasına bağlı olduğu belirtilmektedir [22, 52, 63, 64, 65]. Birleştirmelerin vidalarla ya da kavelalarla yapılması mobilya sektöründe fazlasıyla yaygınlık kazanmıştır. Böylece tüketiciye düşük taşıma maliyetleriyle ambalajlı RTA mobilya satılmıştır [62, 66]. RTA mobilya sektöründe en yaygın sorun yongalevhelerde ki bazı birleştirme elemanlarının kullanılması ile ilgilidir. Bunlarla birleştirilen malzemelerin iç tabakalarının katlarında kopmaların olması gösterilmektedir. Bu da yongalevhanın en zayıf noktasını oluşturmaktadır [67].

Demonte mobilyada en yaygın kullanılan birleştirme yöntemi olarak L tipi köşe birleştirme yöntemi gösterilebilmektedir. L tipi vida bağlantılı köşe birleştirmeler tutkallı RTA mobilya yapımında yaygın olarak kullanılmasına rağmen vida bağlantılı köşe birleştirmelerin moment dirençleri üzerine tutkal, levha yüzey özellikleri, levha tipi ve yüklenme çeşidi gibi etkileri hakkında bilgiler oldukça sınırlıdır [44].



### 1.3.6. Mobilyada Kullanılan Levhalar

#### 1.3.6.1. Yongalevhalar

Mobilya endüstrisinde yaygın kullanımlara sahip olan yatık yongalı levhaların özelliklerini iyi işlenebilme, yeknesak ve nispeten düşük yoğunluk, dikey dirençlere yeterli yüzey sağlaması, yeterli vida tutma direnci, şişme eğiliminin azlığı, yeknesak (uniform) kalınlık, çarpılma özelliğinin olmaması, her iki yüzeyde de aynı genişleme ve direnç sağlaması, masif ağaç malzeme tutkalları ile kaplama levhalarla kaplamalarına oldukça iyi özellikler göstermesi, standart ölçülerinin oldukça iyi bir kullanılabilirlik göstermesi, düşük veya yüksek basınçla preslenmiş plastik malzemelerle ve ahşap kaplamalarla kaplandığında boyalarla yüzey işlemlerinin kolaylığı şeklinde sıralanabilmektedir.

Yonga levhaların diğer önemli sakıncası, çivi ve vida tutma özelliğinin düşük olmasıdır. Fakat son zamanlarda özel vidaların ve çeşitli birleştirme araç ve yöntemleri ile donatıların (plastik dübeller, özel tas menteşeler, metal birleştirmeler vb) geliştirilmesi bu sakıncasını da ortadan kaldırmıştır. Ayrıca; kenar dirençlerinin düşük olması ve doğrudan şekil verilememesi diğer sakıncalardan biridir. Bu da levha kenarlarının kaplanmaları ve masiflenmeleri gerektirmektedir. İşlemler atölye tipi üretimlerde elle, seri üretimlerde ise makinelerle gerçekleştirilmektedir.

Mobilya üretiminde kullanılan 19 mm kalınlıktaki yonga levhanın bazı özellikleri Tablo 3’de verilmiştir [8].

Tablo 3. Yongalevhaların bazı teknik özellikleri

Özellikler	Yongalevha
Yoğunluk ( $\text{gr/cm}^3$ )	0.55-0.66
Eğilme direnci ( $\text{N/mm}^2$ )	15,8-25
Elastiklik modülü ( $\text{N/mm}^2$ )	3000

### 1.3.6.2. Liflevhalar

Orta sert lif levhada, iç ve dış tabaka farklılıkları belirgin olmayıp, enine kesitteki özgül ağırlıkları yaklaşık eşittir. Buda levhanın homojen bir yapı göstermesini sağlamaktadır. Homojen yapısı, levhanın kenar ve yüzeylerinin frezelenerek düzgün yüzeyler oluşturulmasını sağlayıp yüzey veya kenarlarına çeşitli profiller verilebilmesini ve masif çita yapıştırılmadan lamba-zıvana açılabilmesini sağlamakta ve birçok alanda masif yerine kullanılmaktadır. Yoğunluğunun yüksek ve işlemede az pürüzlü yüzeyler sağlaması çeşitli lake, boya ve vernik gibi sıvı yüzey işlemleri ile katı yüzey işlemleri yani doğal veya yapay kaplamalarla işlem görmesini sağlamaktadır [6, 8].

Mobilya üretiminde kullanılan yarı-sert lif levhaların önemli bazı teknik özellikleri Tablo 4’de verilmiştir [8].

Tablo 4. Yarı sert liflevhaların önemli bazı teknik özellikleri

Özellikler	Yarı sert liflevha (MDF)
Kalınlık	6-19 mm.
Yoğunluk	680-750 kg / m <sup>3</sup>
Eğilme direnci	20-40 N / mm <sup>2</sup>
Elastikiyet modülü	2000-2200 N / mm <sup>2</sup>
Çekme direnci	0,18-0,70 N / mm <sup>2</sup>
Kalınlığına şişme (%)	
2 saatte	3-12
24 saatte	6-17
120 saatte	22-80
Boyuna uzama	0,2-0,3
Daralma	0,3

MDF’nin önemli sakıncası; uygun kesicilerin kullanımını (özellikle orta sert liflevhalara yüzey ve kenar profillerinin verilmesinde) gerektirmesidir. Bu amaçla bıçakların kesici kısımlarının elmas veya yüksek hız çeliği olması iyi bir işleme sağlamakta ve bıçakların kullanım süresini dolayısıyla üretim kapasitesini artırmaktadır. Günümüzde, üretimde gelişmiş makinaların ve bıçakların (komple veya takım halinde) kullanımı bu sorunu da önemli oranda azaltmaktadır [8].

### 1.3.7. Mobilyada Kullanılan Birleştirme Elemanları

Demonte mobilyanın hızla artan kullanımları ve üreticilerin sürekli yeni ürün çeşitleri ile yeni birleştirme elemanlarının ortaya çıkmasına olanak sağlamaktadır. Mobilya konstrüksiyonunda modern ya da özel birleştirme elemanları olarak da adlandırılan bu elemanlar geleneksel birleştirme elemanlarına göre daha yüksek performanslarda, kullanımlarının kolay olması ve kullanım yerlerinde montaj imkanı sağlaması gibi özellikleri ile ön plana çıkmaktadırlar.

Kabin tipi mobilyada birleştirme elemanlarının kullanımı çok önemli bir rol oynamaktadır. Birleştirme elemanları mobilya ürün standartları göz önüne alınarak üretildiğinden hangi ürüne hangi tür birleştirme elemanının kullanılacağına mobilya üreticileri karar vermektedir. Bunlarda aranılan en temel özellik, en az iki mobilya elemanını çeşitli şekillerde birleştirmesidir [68].

Kabin tipi mobilyada kullanılan birleştirme elemanlarının ne tür malzemeden yapıldığı ve hangi işlemlerden geçirildiği konusu mobilya kalitesi ile doğrudan ilişkili ve önemli görülmektedir. Bunlardan metal bağlantı elemanları çelik, bakır, alüminyum ve plastik, kavelalar ise odun ve plastikten üretilmektedir. Metal bağlantı elemanları, galvanize edilebilmekte veya kaplanabilmektedir. Aynı zamanda çoğunlukla iki veya üç parçadan üretilmektedirler. Her bir ürünün farklı parçalarına da açılan boşluklara yerleştirilmektedir. Böylece bağlantı elemanlarının işlevlerini yeterince yerine getirebilmesi için iki veya üç parçadan oluşan sistemin bir araya getirilip birbirine bağlantılarının sağlanması gerekmektedir.. Bu ürünlerin sağlamlığı kullanılan hammaddelerin özelliklerine ve bileşim oranlarına bağlı olmaktadır. Bağlantı işlemi gerçekleştirilirken birleştirme elemanları çoğunlukla mobilya iç köşelerine veya iç yüzeylerine yerleştirmektedirler. Bunun yanında dıştan yerleştirilerek kullanılan birleştirme elemanları da bulunmaktadır. Köşeler; genellikle 90°'lik bir açı oluşturacak şekildedir. Açılı köşelerde kullanılan birleştirme elemanları dik köşe birleştirme elemanlarına oranla farklıdır. Genellikle birleştirme elemanları köşelerde olmakla birlikte, bu elemanların veya ünitelerin yan yana birleştirilmesinde de kullanılabilirler. [68].

Demonte mobilya üretiminde kullanılan özel birleştirme elemanları köşe oluşturan ve oluşturmayan olarak sınıflandırılmaktadırlar. Bunlar:

A. Köşe oluşturan birleştirme elemanları

1. Köşe içi bağlantı elemanları

a. Dik köşe bağlantı elemanları (eksantrik çekirtme, silindirli çekirtme, trapez, pipo, karyola, raf, baza, mobilya ve levha askı elemanları, arkalık)

b. Dik köşe oluşturmayan birleştirme elemanları

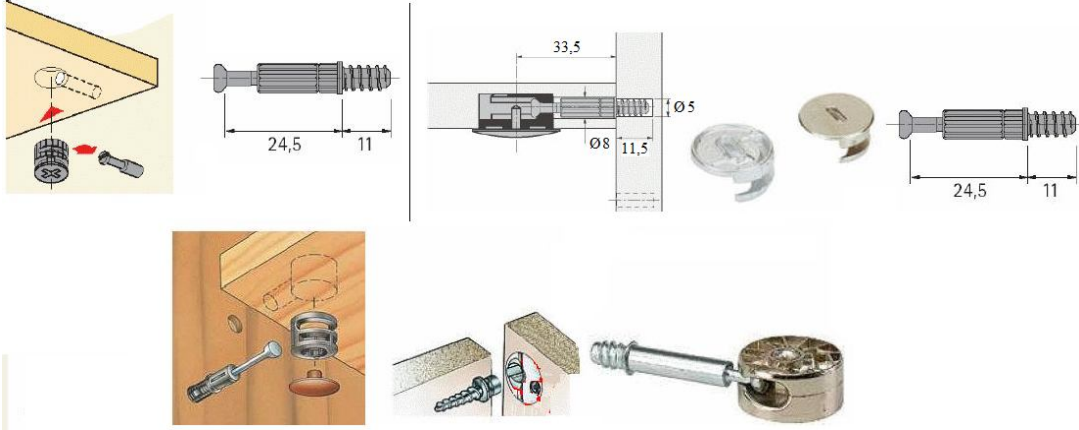
2. Köşe dışı birleştirme elemanları

3. Köşe yüzeyi birleştirme elemanı (U tipi, kırlangıç kesitli, kelepçe tipi, düz yüzeyli)

B. Köşe oluşturmayan birleştirme elemanları [68]

### 1.3.7.1. Eksantrik Birleştirme Elemanları

Eksantrik birleştirme elemanları; eksantrik çekirtme, civata ve dübelden (plastik veya metal) oluşmakta ve eksantrik çekirtme çapına göre küçük, normal ve büyük boyutlarda piyasada bulunmaktadır (Şekil 3) [8]. Eksantrik birleştirme elemanları firmalara göre bazı farklılık gösterebilmektedir. Son yıllarda özellikle birleştirme direncini daha da artıran, montajı basit ve kolay bir yapıda üretilen tipleri yaygınlaşmaktadır. Bunların dübel ve civatası birleştirilmiş olup, doğrudan montajı yapılan “hızlı montaj dübelli” bağlantı elemanları ile işçilik, montaj süreleri ve mobilya maliyetlerini azalttığından seri üretimlerde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bunların en önemli üstünlükleri vidalama sürelerinin olmaması ve açılan dübel boşluklarına elle veya makinalarla kolaylıkla yerleştirebilmeleridir.



Şekil 3. Eksantrik çekmeli bağlantı elemanları ve birleştirme yöntemleri

### 1.3.7.2. Kavela

Kavelalar, kereste artıklarından elde edilen yüzeyleri düz silindirik, düz veya sarmal (spiral) girintili-çıkıntılı (yivli) silindirik ve çok girintili-çıkıntılı (yivli) silindirik şekilli birleştirme elemanlarıdır (Şekil 4). Günümüzde kavelalar plastikten de üretilmektedirler. Kavelalar yongalevha ve liflevha gibi malzemelerle yapılan konstrüksiyonlar için en uygun birleştirme elemanları olmakla birlikte, masif mobilyada da yaygın olarak kullanılmaktadırlar [8].



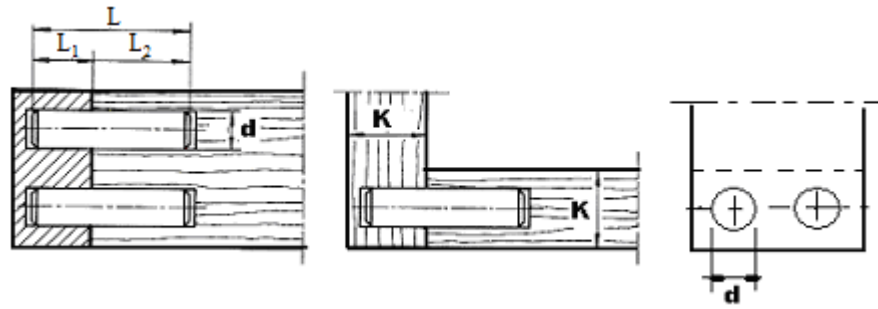
Şekil 4. Kavela tipleri (a. Sarmal, b. düz yivli gövdeli)

Mobilya tasarımında ve birleştirmelerinde kavelaların en önemli mekanik özelliği çekme direncidir. Kavelaların yüzey özellikleri çekme direncini etkilemektedir. Spiral yivli ve düz kavelalar, levhalarda yaklaşık aynı tutunma direncine sahiptirler. Bununla birlikte; çok yivli kavelalar, spiral yivli ve düz kavelalardan daha düşük dirençlidir. Bunun nedeni olarak tutkalın, kavela boşlukları arasından uzaklaşarak esas uygulama yeri dışına çıkması olarak gösterilmektedir. Düz kavelalar tutkalın bu hareketini zorlaştırmakta ve böylece

çekme direncini önemli ölçüde arttırmaktadır. Spiral yivli kavelalar da az miktarda tutkal ortamdan uzaklaşmakta, ancak bu durumun önemsiz olduğu açıklanmaktadır [70].

Kavelalı birleştirmelerin birçok yararları bulunmaktadır. Bunlar; basit veya gelişmiş delgi ve montaj makinalarındaki işlemlerinin basit ve duyarlı olarak yapılabilmektedir. Birleştirme yerlerinde görülmediklerinden mobilya estetiğini olumsuz yönde etkilemezler. Kereste artıklarından lif yönünde üretildiklerinden dirençleri yeterli olup zaiyatı azaltmaktadırlar. Kavela boşlukları parçalarda küçük alanları kapsadığından parça dirençlerini çok az azaltması yanında, yüzey işlemlerinde boşlukların vernik, boya vb. gibi malzemelerle dolması gibi bir sakınca göstermemeleri olarak belirtilebilir.

Mobilya üretiminde kullanılan kavelalı birleştirme yöntemi Şekil 5’de ve bunlara ait gerekli standart ölçüler de Tablo 5’de verilmiştir [8].



Şekil 5. Kavelalı köşe birleştirme yöntemi ve ölçümleri (mm)

Tablo 5. Kavelalı birleştirmelerde parça kalınlık, kavela çap ve uzunluk ölçüleri (mm)

Parça kalınlığı (K)	Kavela çapı (d)	Kavela uzunluğu (L)	Kavelanın dikey parçadaki uzunluğu (L <sub>1</sub> )	Kavelanın yatay parçadaki uzunluğu (L <sub>2</sub> )
11	6	20	8	12
14	6	25	10	15
17	8	30	12	18
20	10	40	15	25
26	13	50	20	30
32	16	60	25	35
38	19	70	30	40
44	19	80	35	45
50	22	90	40	50

**Not:** Kavelanın her iki ucundaki tutkal boşluk miktarı 1 mm olmalıdır.

TS 4539/Haziran 1985'ye göre [71] kavela ile masif, yongalı, lifli, tabakalı vb ağaç malzemenin kendi arasında veya birbiri ile en, boy, köşe çerçeve ve gönyeburun birleştirme yöntemlerinde parça kalınlıklarına göre kavelanın çap, boy ve aralıklarına ait ölçüleri Tablo 6'da belirtilmiştir.

Tablo 6. Kavelalı birleştirmelerde parça kalınlıklarına göre kavelaların çap, boy ve aralıklarına ait ölçüleri (mm)

Parça kalınlığı	Kavelanın		Kavelalar arası	
	Çapı	Boyu	En az uzaklık	En çok uzaklık
10	6	30	10	100
12	6	30	12	120
14	6-8	40	14	140
16	8	40	16	160
18	8-10	50	18	180
20	10	50	20	200
25	10-12	60	60	600

### 1.3.8. Mobilyada Kullanılan Polivinilasetat (PVAc) Tutkalı

Mobilya endüstrisinde genellikle masif mobilya ve levha ürünlerindeki kavelalı birleştirmelerde yaygın olarak kullanılan bir tutkal çeşididir. Polivinilasetat (PVAc) tutkalı, asetlen ve asetik asitten elde edilmekte olup polimerizasyonu kolay ve bu nedenle de ucuzdur. Bu tutkalın katman oluşturması tamamen fizikseldir. Yüzeylerde renksiz tabaka oluşturur. En önemli özelliği çok kolay kullanımı, hiçbir sertleştiriciye ihtiyaç duyulmaması, kolay uygulanması ve temizlenmesi yanında çok düşük basınçta bile kuruyarak tabaka yapmasıdır. Tutkal tabakası çok elastik ve gerektiğinde kalınlaştırılabilmektedir. Sertleştikten sonraki dirençleri çok iyi olup, ancak uzun süre yük altında kaldığında kırılabilmektedir. Çoğunlukla soğuk olmakla birlikte sıcak yöntemle de uygulanabilmektedir. Bunun için 50 °C sıcaklık yeterli olmaktadır. PVAc tutkalı 60 °C üzerindeki sıcaklıklarda yumuşamaktadır. Ancak, hava rutubetinin çok yüksek olması halinde tutkal tabakası ısı ile yüksek bir direnç kazanmaktadır [8, 72, 73].

Birleştirilecek parçalardan yalnızca birinin tutkallanması ve ağaç türü ile birleştirme yüzeyinin durumuna göre 150-200 gr/m<sup>2</sup> tutkal kullanılması iyi bir birleştirme için yeterli olmaktadır. Tutkalın yapıştırma niteliğini kazanması için beklenen süre bileşimi ile birleştirme ortamındaki sıcaklığa göre değişmekle birlikte, ortalama 3.5-15 dakika arasındadır [8, 74].

Montaj işlemlerinde kullanılan PVAc tutkalı en olumlu sonucu 20 ° C vermekte, sıcaklığın artması ise pres süresini kısaltmaktadır. 10 °C'nin altındaki sıcaklık ortamında yapıştırma yapmak sakıncalı bulunmaktadır [74].

Kavelaların tutkallanma yöntemi çekme dirençlerini önemli ölçüde etkilemektedir. Kavela boşlukları yanı sıra, kavela yüzeylerinin de tutkallanması direnci oldukça artırmaktadır. Bu yöntemle tutkallama, yalnızca kavela boşluğunun tutkallanmasına oranla dirençte % 20 artış gösterdiği belirlenmiştir. Birleştirme direnci, yapışma kalitesi ve kavela boşluk yüzeylerine yapışan kavela yüzeyi alanı ile de orantılı olduğu ve bu yüzdende hem kavela boşluğu yüzeyi, hem de kavela yüzeyi tam olarak tutkallandığında en büyük direnç elde edildiği belirtilmektedir. Bunların yanında; sadece kavela boşluk yüzeyi tutkallandığında çok az ölçüde daha zayıf birleştirme elde edilmektedir. Bununla birlikte eğer kavela boşluğuna çok az miktarda tutkal uygulanırsa, boşluk yüzeyi ile kavelanın yüzeyi arasında çok az yapışma oluşacağından dolayı çok düşük direnç elde edildiği de belirtilmektedir [35, 69].

#### **1.4. Delgi Planları**

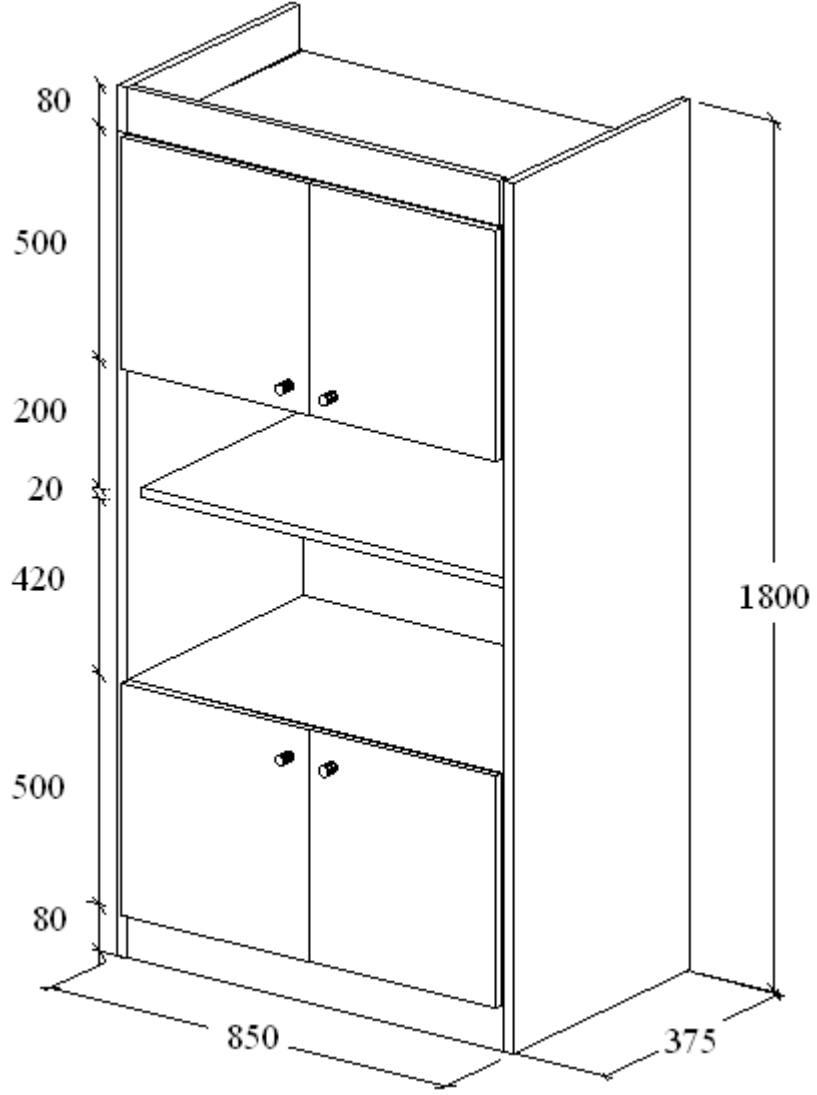
Mobilya üretimindeki en önemli işlemlerden birini delgi planları oluşturmaktadır. Delgi planlarının amacı, mobilya direnci yanında, işlem yapılan makineden en yüksek kapasitede yararlanma, mobilyayı oluşturan ana kısımlar ve elemanları arasındaki birleştirmelerin seri ve kolaylıkla yapılmasını sağlamaktır [8].

Mobilyaların delgi planları, seri üretimlerde her ürün için hazırlanan dosyalarda ürün şekli ve ayrıntıları, parça ölçüleri ile birlikte her bir mobilya elemanı için tek tek hazırlanarak belirtilmektedir. Günümüzde bu planlar, bilgisayarlı makinelere doğrudan yüklenebilmekte ve uygulanabilmektedir. Basit makinelerde ise, her bir parça için mekanik olarak yapılan ayarlarla gerçekleştirilebilmektedir [8].



Delgi planları, mobilya standartlarına dayandırılarak yapılmakta ve mobilyayı oluşturan elemanların konumlarından ölçülerine, birleştirme elemanlarından menteşelere ve elliklere kadar bütün ürünü kapsamaktadır. Bir mobilya ürünündeki elemanlar ister küçük veya büyük boyutlar, isterse az veya çok delgi işlemi içersin, belirtilen nedenlerle mutlaka bir delgi planını gerektirmektedir. Herhangi bir mobilya ürününde uygun delgi planları yapılması onun direnci yanında üretim kapasitesini de arttırmaktadır. Ayrıca; büyük boyutlu parçalarda kapasite küçük boyutlu parçalara göre oldukça fazladır. Planların yapılmasında genellikle mobilyanın destekleyici elemanları (yan tabla) baz alınmaktadır. Örneğin bir kitaplıkta destekleyici elemanı olan yan tablalarda “stop” (parçanın ön kenarı ile ilk delgi merkezi arasındaki uzaklık) standardı 70-80 mm olup, diğer parçaların planları bu elemanlara göre yapılmaktadır [8].

Günümüzde seri üretim yapan firmaların ürünleri incelendiğinde standarda göre 70-80 mm verilen bu stop değerinin tam olarak uygulanmadığını, bu bağlamda her üretici firmaya göre değişiklikler gösterdiği ve bu değerlerin 50 mm’ye kadar düşürülerek uygulandığı görülmektedir [8]. Delgi planları, delgi makinaları yapısı ve kapasitesine göre genellikle birkaç işlemde gerçekleştirilmektedir. Genellikle kabin tipi mobilya üretiminde 2’si yatay 3’ü dikey işlem yapan 5 bloktan oluşan çoklu delgi makinaları kullanılmaktadır. Her bir blokta 32 mm’lik sisteme göre 20’şer matkap kovani bulunmaktadır. Uygulanacak delgi planına göre bu kovanlardan gerekli olanlara birleştirme elemanlarına uygun ölçülerdeki matkap uçları yerleştirilerek işlemler her bir parçada tek tek gerçekleştirilmektedir. 5 bloklu çoklu delik makinasında kabin tipi bir mobilyanın (Şekil 6) yan ve ara tablalara ait delgi planı örnekleri Şekil 7-10’da görülmektedir.



Şekil 6. Kütüphane mobilyası şekli ve ölçüleri (mm)

ISLETME ADI	PARÇA RESMİ	KÜTÜPHANE
KOT NO : 509 DELGI : Yüz $10\phi \times 15,5$ $+6,5\phi \times 21$ KINIS : Yüz	PARÇA NO : VT1 TOPLAM : 2 Adet	PARÇA ADI : Yan tabla ÖLÇÜSÜ : 1800x375 KENAR : ÖN ARKA ÜST ALT Y A A A
STOP: 75 1 Adet SAG		
STOP: 75 1 Adet SOL		
NOT: Y: Yüz kaplama A: Astar k. Silindirik çektirmeler için 1, 9 : Çıvata boşlukları ( $6,5\phi \times 20$ ) 2, 8 : Kavela boşlukları ( $10\phi \times 15,5$ )	Eksantrik çektirmeler için 1, 9 : Eksantrik çek. $14\phi \times 15,5$ 2, 8 : Kavela boşluğu $10\phi \times 15,5$	

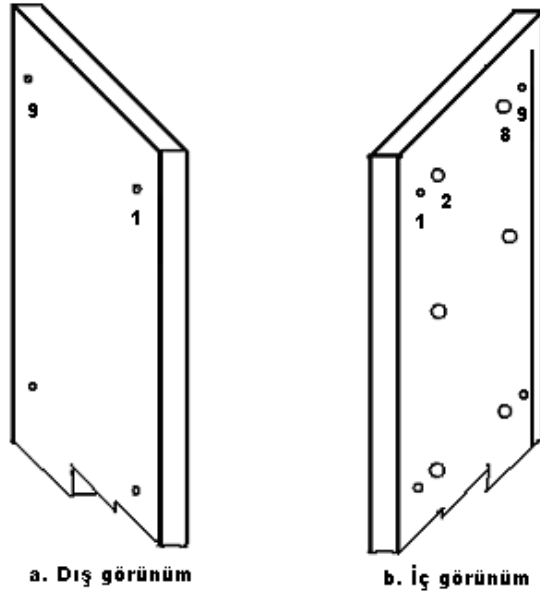
Şekil 7. Kütüphane yan tabla elemanları ve delgi planları

ISLETME ADI	PARÇA RESMI	KÜTÜPHANE
KOT NO : 509 DELGI :Yüz 10 0x15,5+ Kenar 10 0x21+ 6,5 0x40-45	PARÇA NO : VT TOPLAM : 2 Adet	PARÇA ADI : Raf ÖLÇÜSÜ : 1800x375 KENAR : ÖN ARKA ÜST ALT Y A A A
STDP: 70		
Metal bağlantı eleman (Demonte)		
STDP: 70		
Metal bağlantısız eleman (Tutkalı)		
NOT: Y: Yüz kaplama A: Astar k. Silindirli çektirmeler için 1, 9 : Kenar (6,5 0 x 20) + Yüz (10 0x15,5) 2, 8 : Kenar (10 0 x 21)		
Eksantrik çektirmeler için 1, 9 : Kenar (6,5 0x33) + Tüz (12-25 0x15,5) 2, 8 : Kenar (10 0 x 21)		

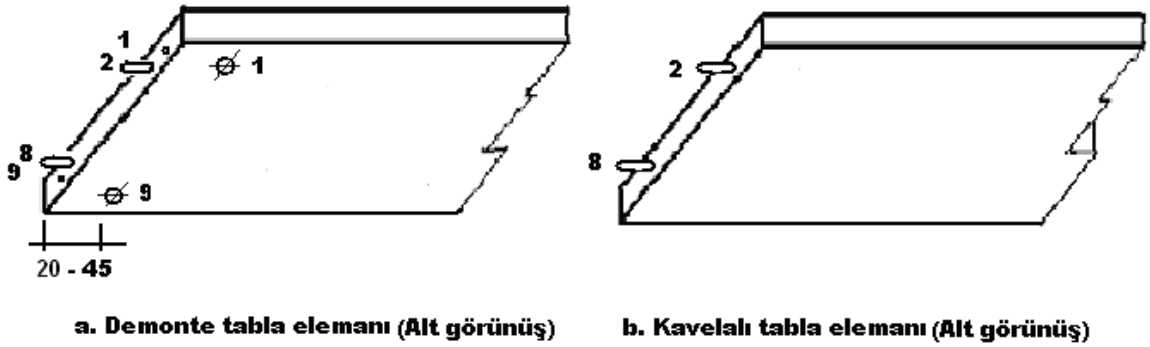
(Ara tablalar veya raflar yan tablalara göre 5 mm içte tasarlanmıştır)

Şekil 8. Kütüphane alt, üst ve ara tabla (raf) elemanlar ve delgi planları

Genellikle levha tipi mobilyalarda eksantrik çektirmeler ve özellikle son yıllarda küçük çaplı (minifiks) çektirmeler daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu birleştirmelerin silindirli çektirmelerden en belirgin farklılığı mobilya dışından görünmemeleridir. Bu amaçla plastik dübellere dayanarak yararlanılmakta ve genellikle destekleyici (yan tablalarda vb.) elemanlara içten açılan dübel boşluklarına yerleştirilmektedirler.



Şekil 9. Delgi işlemi yapılmış kütüphane yan tabla elemanının görünüşü



Şekil 10. Delgi işlemi yapılmış kütüphane alt, üst ve ara elemanlarının görünüşü

### 1.5. Yapay Sinir Ağları Yöntemi

İnsan beyninin üstün özellikleri, bilim adamlarını bu yönde çalışmaya yönlendirmiş ve beynin nörofiziksel yapısından esinlenilerek matematiksel modelinin çıkartılmasına çalışmaya itmiştir. İnsan beyninin bütün davranışlarını tam olarak modelleyebilmek için fiziksel bileşenlerinin doğru olarak modellenmesi gerektiği düşüncesi ortaya çıkmış ve böylece çeşitli yapay hücre ve ağ modelleri geliştirilmiştir [75]. Bilgisayarlarla ve algoritmalarla çözülemeyen ya da iyi sonuçlar alınamayan, fakat insan beyninin kolayca

yapabildiği karmaşık problemlere çözümler üretmek için son yıllarda yapılan araştırmalar sonucu, yeni bir bilgi işleme yöntemi olarak yapay sinir ağları (YSA) doğmuştur [76]. YSA, insan beyninin varsayılan çalışma prensiplerine göre tasarlanmış olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik bir şekilde gerçekleştirmek amacıyla geliştirilen bilgisayar sistemidir [77]. Ayrıca doğrusal olmayan tasarım problemleri de çok iyi modellenmektedir [78]. YSA, insan zekasına has gibi görünen bazı alanların sayısal olarak açıklanabileceği ve böylece makinaların insan zekasına şaşırtıcı derecede benzer yollarla öğrenme ve hatırlama işlerini yapabileceği görülmüştür [76]. YSA, insanlar tarafından yapılmış örnekleri kullanarak olayları öğrenebilen, çevreden gelen olaylara karşı nasıl tepkiler üretebileceğini belirleyebilen bilgisayar sistemleridir.

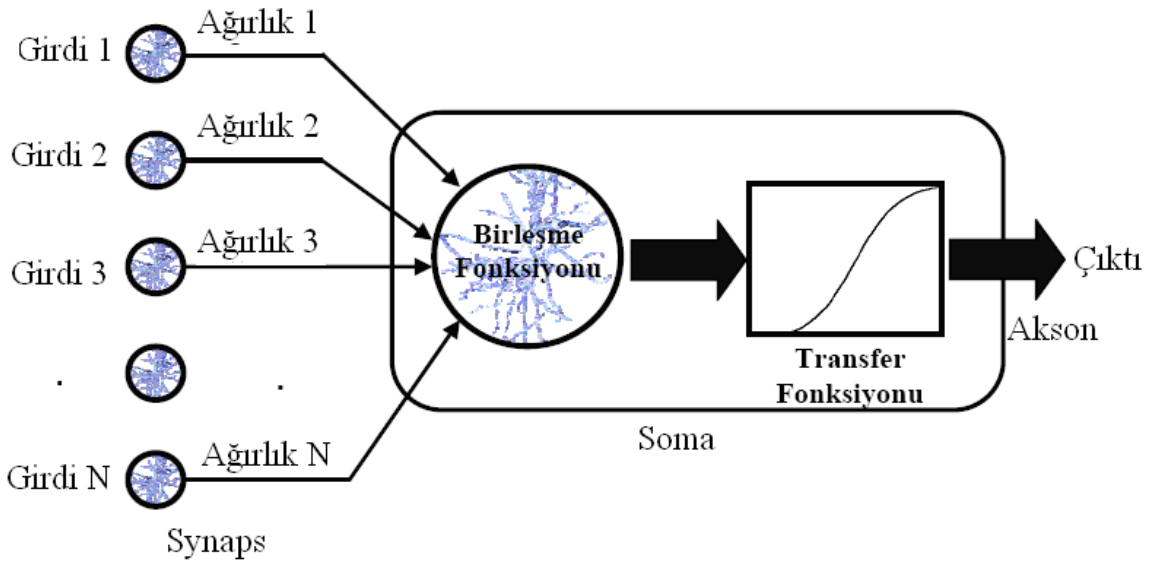
YSA, yapay sinir hücrelerinin birbirleri ile çeşitli şekillerde bağlanmasından oluşur ve genellikle katmanlar şeklinde düzenlenir. Bu ağın oluşturulması biyolojik sinir sistemi hakkındaki bulgulara dayanmaktadır. YSA'nın temel görevi, kendisine gösterilen bir girdi setine karşılık gelebilecek bir çıktı seti belirlemektir. Bunu yapabilmesi için ağ, ilgili olayın örnekleri ile eğitilip (öğrenme) genelleme yapabilecek yeteneğe kavuşturulur. Bu genelleme ile benzer olaylara karşılık gelen çıktı setleri belirlenir [75, 77]. YSA olaylar hakkında bilgilerin olmadığı ancak örneklerin bulunduğu durumlarda çok etkin olarak kullanılacak bir karar verme aracı ve hesaplama yöntemi olarak görülebilmektedir [77]. YSA'nın genel özellikleri; bilgisayarın öğrenmesini gerçekleştirmesi, programlarının çalışma stili bilinen programlama yöntemlerine benzememesi, bilgiyi saklaması, örnekleri kullanarak öğrenmesi, güvenle çalışabilmeleri için önce eğitilmeleri ve performanslarının test edilmesini gerekmesi, görülmemiş örnekler hakkında bilgi üretmesi, algılamaya yönelik olaylarda kullanılabilmesi, şekil (örüntü) ilişkilendirme ve sınıflandırma yapabilmesi, şekil tamamlama işlemini yapabilmesi, kendi kendini organize etme ve öğrenebilme yeteneklerinin olması, eksik bilgi ile çalışabilmesi, hata toleranslarına sahip olması, belirsiz ve tam olmayan bilgileri işleyebilmesi, dereceli bozulma göstermesi, dağıtık belleğe sahip olması, sadece nümerik bilgiler ile çalışabilmesi ve son olarak da geliştirilmiş olan her modelin kendine özgü özelliklerinin olması şeklinde belirtilmektedir [77].

YSA'nın önemli dezavantajları ise; donanım bağımlı çalışmaları, ağın nasıl oluşturulması gerektiğini belirleyecek kuralların olmaması, uygun ağ yapısının belirlenmesinin genellikle deneme yanılma yolu ile yapılması, ağın parametre değerlerinin

(her katmanda olması gereken işlem elemanı (yapay hücre) sayısı, katman sayısı vb) belirlenmesinde bir kuralın olmaması, ağın öğreneceği problemin ağa nasıl gösterileceği, ağın eğitiminin ne zaman bitirileceği, ağın davranışının açıklanamaması şeklinde belirtilmektedir [77].

YSA'nın doğrusal olmayan, çok boyutlu, gürültülü, karmaşık, kesin olmayan, eksik, kusurlu, hata olasılığı yüksek sensör verilerinin olması ve problemin çözümü için özellikle bir matematik modelinin ve algoritmasının bulunmaması hallerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. YSA günümüzde çoğu alanda büyük bir hızla kullanılmaya devam etmekte olup, sınıflandırma, tahmin, kontrol sistemleri, malzeme modellenmesi, boyutlandırma, optimizasyon, hasar analizi ve karar verme gibi bazı uygulamaları ile arıza analizi ve tespiti, tıp alanında, savunma sanayi, haberleşme, üretim, otomasyon ve kontrol alanlarında ve kimya mühendisliği, inşaat ve yapı mühendisliği, elektrik ve elektronik mühendisliği, imalat ve makine mühendisliği, deprem mühendisliği, sistem ve kontrol mühendisliği gibi mühendislik alanlarında da uygulanmaktadır. Son yıllarda YSA'nın modelleme ve tahmin amaçlı kullanımı artmıştır [75, 77, 78, 79].

Bir YSA modelinin temel birimi sinir hücresi (işlem elemanı) dir. Her sinir hücresinin işlem elemanının bilgi toplama ve bunu işleyerek diğer elemanlara gönderme özelliği vardır. Sinir hücreleri; girdiler, ağırlıklar, birleşme (toplama) fonksiyonu, transfer (aktivasyon) fonksiyonu ve çıktı olmak üzere 5 elemandan oluşmaktadır (Şekil 11) [77, 78].



Şekil 11. Yapay sinir hücresinin yapısı

1. Girdiler; diğer işlem elemanlarından bağlantılar vasıtasıyla işlem elemanına bilgi gelmesini sağlamaktadır.

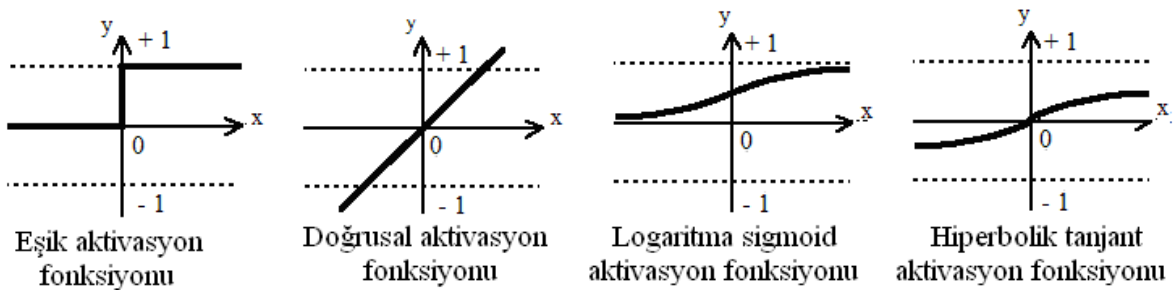
2. Ağırlıklar; girdilerin işlem elemanı üzerindeki etkisini kontrol etmektedir. Yani bir yapay sinir ağı bilgisini bağlantı hatları üzerinde depolamaktadır. Her bağlantının bir ağırlığı bulunmaktadır. Bu ağırlıklar, öğrenme esnasında sürekli değişerek girdi ve çıktı arasındaki ilişkiyi optimize etmeye çalışmaktadır.

3. Birleşme fonksiyonu, bir işlem elemanına gelen net girdiyi hesaplamaktadır.

4. Transfer (aktivasyon) fonksiyonu, birleşme fonksiyonu tarafından belirlenen net girdiyi alarak işlem elemanının çıktısını belirlemektedir. Birleşme fonksiyonlarında olduğu gibi, birçok transfer fonksiyonu bulunmaktadır. Birleşme ve transfer fonksiyonları problemin yapısına göre tercih edilmektedir.

5. Çıktılar; transfer fonksiyonunun sonuçlarını alarak bağlantılı olduğu işlem elemanına veya ağ dışı kaynaklara göndermektedir.

Yapay sinir ağı hücresinde temel olarak dış ortamdan ya da diğer nöronlardan alınan veriler yani girişler, ağırlıklar, toplama ve, aktivasyon fonksiyonu ile çıkışlar bulunmaktadır. Dış ortamdan alınan veriler, ağırlıklar aracılığıyla nörona bağlanır ve bu ağırlıklar ilgili girişin etkisini belirlemektedir. Toplam fonksiyonu, net girişi hesaplamaktadır. Net giriş, girişlerle bu girişlerle ilgili ağırlıkların çarpımının bir sonucudur. Aktivasyon fonksiyonu, işlem süresince net çıkışını hesaplamakta ve bu işlem aynı zamanda nöron çıkışını vermektedir. Genelde aktivasyon fonksiyonu doğrusal olmayan bir fonksiyondur. Aktivasyon fonksiyonları; genel olarak eşik, doğrusal, logaritma sigmoid ve hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu şeklinde sınıflandırılabilir (Şekil 12). Bu aktivasyon fonksiyonlarından başka fonksiyonlar da bulunmaktadır. Yapay sinir ağında hangi aktivasyon fonksiyonunun kullanılacağı probleme bağlı olarak değişmektedir [77, 80].



Şekil 12. Aktivasyon fonksiyonları



Eşik aktivasyon fonksiyonu eğer net değeri sıfırdan küçükse sıfır, sıfırdan daha büyük bir değer ise net çıkışında +1 değeri vermektedir. Eşik aktivasyon fonksiyonunun -1 ile +1 arasında değişeni ise signum aktivasyon fonksiyonu olarak adlandırılmaktadır. Signum aktivasyon fonksiyonu, net giriş değeri sıfırdan büyükse +1, sıfırdan küçükse -1, sıfıra eşitse sıfır değerini vermektedir.

Doğrusal aktivasyon fonksiyonunun çıkışı girişine eşittir. Sürekli çıkışlar gerektiği zaman çıkış katmanındaki aktivasyon fonksiyonunun doğrusal aktivasyon fonksiyonu olabildiğine dikkat edilmelidir.

Logaritma sigmoid transfer fonksiyonu, lojistik fonksiyon olarak da adlandırılmaktadır. Bu fonksiyonunun doğrusal olmamasından dolayı türevi alınabilmektedir. Böylece geri yayınlı ağlarda kullanmak mümkün olabilmektedir.

Hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu da doğrusal olmayan, türevi alınabilen bir fonksiyondur. +1 ile -1 arasında çıkış değerleri üreten bu fonksiyon lojistik fonksiyona benzemektedir. Denklemi aşağıda verilmiştir.

YSA'nın fonksiyonlarını gerçekleştirmede, sahip olduğu fiziki yapının da rolü bulunmaktadır. Yönlü bir çizge (graf) biçiminde olan bir yapay sinir ağı modeli, sahip olduğu birleşme fonksiyonu, transfer fonksiyonu, mimarisi, kullanılan öğrenme kuralı ile tanımlanır. Sinir hücreleri, bağlantılarla birbirlerine bağlanıp katmanlar elde edilerek bir ağ oluşturmaktadır. Bir ağın mimarisi, ağın bağlantı tarzı ve sinir hücrelerinin katman yapısına bağlı olarak tanımlanır [77, 78].

Yapay sinir hücresinin çalışma prensibi şu şekildedir: Yapay sinir hücresine gelen her bir bilgi ve ona ait ağırlığı çarpılıp hepsinin ağırlıklı toplamları alınarak "NET bilgi" elde edilip daha sonra kullanılan fonksiyona ait formül ile çıktısı hesaplanmaktadır. Böylece ağın girdilere karşılık çıktıları nasıl ürettiği görülmektedir [77].

YSA yapısı, yapay sinir hücrelerinin 3 katman halinde ve her katman içinde paralel olarak bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Bu katmanlar; girdi, ara ve çıktı katmanlarıdır. Girdi katmanı, yapay sinir hücreleri yardımıyla dış dünyadan bilgileri alarak ara katmana transfer etmekle görevlidir. Ara katman, girdi katmanından gelen bilgilerin işlenerek çıktı katmanına aktarılmasını sağlar. Birden fazla ara katman olabilmektedir. Çıktı katmanı ise yapay sinir hücreleri ara katmandan gelen bilgileri işleyerek ağın girdi katmanından sunulan girdi seti (örnek) için üretmesi gereken çıktıyı üretilerek dış dünyaya gönderilmesini sağlamaktadır [77].

YSA'nın çalışma prensibi şu şekilde belirtilmektedir. Bir girdi setini alarak onları çıktı setine çevirmek olarak açıklanabilmektedir. Bu işlem için ağı kendisine gösterilen girdiler için doğru çıktıları üretecek hale gelmesi yani eğitilmesi gerekmektedir. Ağa gösterilecek örnekler öncelikle bir vektör haline getirilip bu vektör ağa gösterilmekte ve ağ bu vektör için gerekli çıktı vektörünü üretmektedir. Ağın parametre değerleri doğru çıktıyı üretecek şekilde düzenlenmektedir. Burada bir yapay sinir ağının herhangi biri girdi vektörünü çıktı vektörüne nasıl dönüştürdü konusunda bir bilgi verememekte ve bu yüzden de "kara kutu" olarak da adlandırılmaktadır. Yani yapay sinir ağının sonuçları nasıl oluşturduğunu açıklama yeteneği yoktur. Bu durum ağa olan güveni sarsmasına rağmen başarılı uygulamalar YSA'na olan ilgiyi sürekli artırmaktadır [77].

YSA'ların öğrenme özelliği, araştırmacıların dikkatini çeken en önemli özelliklerden birisidir. Çünkü herhangi bir olay hakkında girdi ve çıktılar arasındaki ilişkiyi, doğrusal olsun veya olmasın, deney örneklerinden öğrenerek daha önce hiç görülmemiş olayları, önceki örneklerden çağrışım yaparak ilgili olaya çözümler üretebilme özelliği YSA'lardaki zeki davranışın da temelini oluşturmaktadır [77].

Ağın eğitilmesi, YSA'nda yapay sinir hücrelerinin bağlantılarının ağırlık değerlerinin belirlenmesi işlemi anlamına gelmektedir. Başlangıçta bu ağın ağırlık değerleri rastgele olarak atanmaktadır. Ağlar kendilerine örnekler gösterildikçe bu ağırlık değerlerini değiştirmektedirler. Burada amaç, ağa gösterilen örnekler için doğru çıktıları üretecek ağırlık değerlerini bulmaktır. Örnekler ağa defalarca gösterilecek en doğru ağırlık değerleri bulunmaya çalışılmaktadır. Ağı doğru ağırlık değerlerine ulaşması örneklerin temsil ettiği olay hakkında genellemeler yapabilme yeteneğinde olması anlamına gelmekte ve buna da "ağın öğrenmesi" adı verilmektedir. Yapay sinir ağının öğrenme sürecinde temel olarak üç adım bulunmaktadır; birincisi çıktıları hesaplamak, ikincisi çıktıları hedef çıktılarıyla karşılaştırmak ve hatayı hesaplamak, üçüncüsü ise ağırlıkları değiştirerek süreci tekrarlamak şeklindedir. YSA sistemlerinin problemi öğrenme başarısı, gerçekleştirilen testlerle sınanmaktadır. Ağı geliştirme sürecinde veriler ikiye ayrılmaktadır; bir bölümü ağın eğitilmesi için kullanılmakta ve eğitim seti adını almaktadır, diğer bölümü ise ağın eğitim verileri dışındaki performansını ölçmede kullanılmakta ve test seti olarak adlandırılmaktadır. Ağı eğitimi tamamlandıktan sonra öğrenip öğrenmediğini (performansını) ölçmek için ağ test edilmektedir. Bunun için ağın öğrenme sırasında görmediği test seti örnekleri kullanılmaktadır. Test sırasında ağın ağırlıkları değiştirilmemektedir. Test örnekleri ağa gösterilerek ağ eğitim sırasında belirlenen bağlantı

ağırlıklarını kullanarak görmediği bu örnekler için çıktılar üretmektedir. Elde edilen çıktılar doğruluk değerleri ağıın öğrenmesi hakkında bilgiler vermektedir. Amaç, YSA modelinin yeterli bir genelleme yapıp yapmadığını görmektir. Sonuçlar ne kadar iyi olursa eğitimin performansı da o kadar iyi demektir. Ancak sinir ağına verilen örnek sayısı optimum değerden fazla ise sinir ağı işi öğrenmemiş ezberlemiş demektir. Genelde eldeki örneklerin yüzde sekseni ağa verilip ağ eğitilmekte, daha sonra geri kalan yüzde yirmilik kısım verilip ağıın davranışı incelenmekte diğer bir deyişle ağ böylece test edilmektedir. YSA nın bu şekilde bilinen örneklerde belirli bilgileri çıkartarak bilinmeyen örnekler hakkında yorum veya genelleme yapabilme yeteneğine “uyarlama öğrenme” adı verilmektedir [75, 77].

YSA nın sınıflandırması aşağıdaki gibi yapılmaktadır.

YSA’ların Yapılarına Göre Sınıflandırılması; İleri beslemeli ve geri beslemeli, bellek hücreli, radyal tabanlı fonksiyon, fonksiyonel link, çağrışımlı bellek ve modül yapay sinir ağları.

YSA’ların Öğrenme Algoritmalarına Göre Sınıflandırılması; Danışmanlı öğrenme (Supervised Learning), danışmansız öğrenme (Unsupervised Learning), destekli öğrenme (Reinforcement learning).

Diğer Yapay Sinir Ağları; LVQ (Learning Vector Quantization), hopfield ağı, Elman ve Jordan ağları, kohonen ağı ve ART (Adaptive Resonance Theory) ağları.

## 1.6. Literatür Özeti

Ülkemizde ve dünyada kabin tipi ve demonte mobilyalarda en uygun (optimum) delgi planları ile ilgili yapılan bir çalışma ile karşılaşılmamıştır. Bu kapsamda; çalışma ile çeşitli malzemeler ve birleştirme yöntemleri kullanılarak yapılan farklı mukavemet deneyleri arasında önemli benzerliklerin gözlemlendiği araştırmalara yer verilmiştir. Ayrıca; diğer çalışmalarda bazı farklı test yöntemleri uygulanmakla birlikte kullanılan levhalar ve birleştirme elemanlarına ait mukavemet ve elastiklik sonuçlarına da yer verilerek çalışmaya katkı sağlamasına çalışılmıştır.

### 1.6.1. Test Yöntemi ile İlgili Araştırmalar

Nicholls ve Crisan [43] “Kabin tipi mobilyada kullanılan köşe birleştirmelerin sağlamlığını belirlemek için bir yöntem” adlı çalışmasında sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak köşe birleştirmelerin gerilimini ve etkisini incelemiştir. Bu amaçla 15, 18 ve 25 mm kalınlığında yonga levhalarda 8 mm çapında 40 mm uzunluğunda kavela ve minifiks birleştirme elemanları kullanmışlardır. Deney örneklerini; 230 mm uzunluğunda ve genişlikleri 100 mm tek birleştirme elemanlı, 150 mm iki birleştirme elemanlı, 200 mm üç birleştirme elemanlı hazırlamışlar ve basınç deneyine tabi tutmuşlardır. Sonuçlara göre; birleştirme elemanı sayısı ve levha kalınlığı arttıkça elastiklik değerinin arttığını belirlemiştir. Ayrıca; kavelalı birleştirmelerde minifiks birleştirmelere göre daha yüksek değerler elde etmişlerdir.

Güntekin [45] “Yongalevha ve orta yoğunluktaki liflevhada metal birleştirmeler kullanılarak yapılan demonte mobilya birleştirme performanslarının deneysel ve teorik analizi” ve “Montaja hazır mobilya birleştirmelerin performansları” çalışmalarını yapmıştır. Bu amaçla, yongalevha ve orta yoğunlukta liflevha (MDF), 4 çeşit metal birleştirme elemanı (Tip I (trapez), Tip II (minifiks), Tip III (minifiks) ve Tip IV (blum)) ve kavela kullanmıştır. Birleştirme örneklerini kavelaların ve metal birleştirmelerin direncini ve rijitliğini değerlendirmek ve karşılaştırmak için basınç testine tabi tutmuştur. Sonuç olarak; metal birleştirmelerin çoğunun, tutkallı kavelaların direnç ve rijitliğinde olmadığını belirlemiştir. Malzeme ve birleştirme çeşitlerinin, birleştirmelerin direnci ve rijitliği üzerine önemli etkilere sahip olduğunu, uzun süreli yüklemelerde birleştirmelerin rijitliğinin iki kat daha azaldığını belirlemiştir. Birleştirmelerin kısa ve uzun süreli davranışlarını önceden tahmin etmek için sonlu elemanlar yöntemi kullanmış ve bu yöntemle deney sonuçlarını doğrulamıştır. MDF levhaların yongalevhalarından % 21 daha rijit ve % 31 daha dirençli olduğunu belirlemiştir. Birleştirmelerin dirençlerine göre; kavelalı birleştirmelerin en yüksek direnci gösterdiğini, bunu da sırasıyla trapez, blum, Tip III minifiks ve Tip II minifiksin izlediğini, Tip III ve Tip II'nin direncinde önemli ölçüde farklılık olmadığını açıklamıştır. Birleştirmelerin rijitliğinde ise; kavelalı birleştirmelerin diğer birleştirmelerden daha rijit olduğunu ve bunu da Tip II minifiksin izlediğini, Tip III minifiksin ve bulumun en düşük ve önemli bir farklılık göstermediğini, aynı şekilde trapezin en esnek olduğunu belirtmiştir. Kavelalı birleştirmelerde, MDF'lerin yongalevhadan % 14 daha kuvvetli ve % 8 daha rijit olduğunu, bunu da MDF'nin daha

yüksek yoğunlukta ve kavela boşluğunda daha fazla tutkal alanına sahip olması ile açıklamaktadır.

### **1.6.2. Birleştirme Elemanlarının Parça Kenarı ve Aralarındaki Uzaklıklarla İlgili Araştırmalar**

Norvydas vd. [81] “Eğilme moment direnci üzerine kavelalı tutkallı birleştirmelerin etkisi” konulu araştırmalarında; 16, 18 mm kalınlığında yongalevhalar, 8 ve 10 mm çapında kayın odunundan yapılmış çok yivli kavelalar kullanarak deney örneklerini hazırlamışlar ve basınç deneyleri uygulamışlardır. Kavela merkezleri arasında uzaklıklar olarak 32, 64, 96, 128 ve 160 mm olmak üzere 5 farklı uzaklık, kavela merkezi ile kenar arasında ise 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 ve 60 mm olmak üzere 9 farklı uzaklık seçmişlerdir. Deney sonuçlarına göre; kavela merkezleri ve kavela merkezi ile kenar arasındaki uzaklıkların birleştirme direncini etkilediğini, kabin tipi mobilyada kavelalı birleştirmelerde kenar elemanlarının en zayıf yer olduğunu belirlemişlerdir. Birleştirme direncinin; kavela çapı 8 mm’den 10 mm’ye arttığında % 12-22, yongalevha kalınlığının 16 mm’den 18 mm’ye arttığında ise % 48-63 arttığını saptamışlardır. Kavela merkezleri arasındaki uzaklığın 96 mm’den daha az olmaması gerektiğini açıklamışlardır. Kavela merkezleri arasındaki uzaklığın 96 mm’den 128 mm’ye çıkarıldığında direncin arttığını, 160 mm de ise 8 mm kavela çapında direncin % 8, 10 mm kavela çapında ise direncin % 12 azaldığını belirlemişlerdir. Kavelanın kenara olan uzaklığının 45 mm’den az olması durumunda birleştirme direncinin azaldığını belirtmişlerdir. Kavelalar arası ve kavelanın kenara olan uzaklıklar arttıkça direncin arttığını belirlemişlerdir. Birleştirmelerin etki alanı uzunluğunun, 16 mm kalınlıkta 65 mm, 18 mm kalınlıkta ise 75 mm; kavelaların kenara olan uzaklığının 16 mm kalınlıktaki levha için 50 mm’den, 18 mm kalınlıktaki levha için ise 55 mm ’den fazla olması gerektiğini ortaya koymuşlardır.

Zhang ve Eckelman [82] “Kabin tipi mobilyada çok kavelalı birleştirmelerin direnç tasarımı” konulu çalışmayı yapmışlardır. Bu amaçla; yongalevhalarda 172 mm (2-5 kavelalı (34, 43, 57 ve 86 mm kavelalar arası uzaklık)), 229 mm (2-5 kavelalı ve 46, 57, 76 ve 114 mm kavelalar arası uzaklık), 280 mm (2-4 kavelalı ve 70, 93 ve 140 mm kavelalar arası uzaklık) ve 356 mm (2-4 kavelalı ve 89, 119 ve 178 mm kavelalar arası uzaklık) uzunluğunda ve 19 mm kalınlığında örneklerde hem çekme hem de basınç testleri yapmışlardır. Sonuçlara göre; kavelalar arası uzaklığın en az 76 mm olduğunda en büyük

kavela direncinin elde edildiğini, kenar parçalardaki kavela boşluk derinliğinin en az 25 mm olması durumunda en iyi direncin elde edildiğini; ayrıca çekme dirençlerinin basınçtan yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Çekme direncinin levha dayanımı, basınç direncinin ise levhanın yüzeye dik çekme direnci ile ilişkili olduğunu açıklamışlardır.

Ho ve Eckelman [42] “Kabin tipi mobilyada birleştirme ve bağlantı elemanlarının değerlendirilmesinde performans testlerinin kullanımı” adlı çalışmalarında; vida uzunluğu, konumu ve sayısının birleştirme direnci, rijitliği ve dayanıklılığını belirlemek için hazırlanan örneklerde periyodik performans testleri yapmışlardır. Bu amaçla; 19 mm kalınlığında yongalevhelerde 601 mm uzunluğunda, 601 mm genişliğinde ve 406 mm derinliğinde hazırlanan 12 adet kabin örneklerini 0,32 mm kalınlığında arkalık ve 38, 51, 64 ve 76 mm uzunluğunda vidalar (vida uzunluğu; 51 mm (# 10); 51 ve 64 mm (# 12); 38, 51, 64 ve 76 mm (# 14)) kullanarak 2, 3, 4, 5, 6 ve 7 vidalı ve 59, 76, 89, 119, 178 ve 356 mm vidalar arası uzaklıklarda hazırlamışlardır. Deney sonuçlarına göre; büyük ölçülü (# 14) vidalarda, vida uzunluğunun direnci ve dayanıklılığı önemli ölçüde etkilediğini, bunun yanında küçük ölçülü (# 10) vidalarda vida uzunluğunun dirence etkisinin daha az önemli olduğunu belirlemişlerdir. Direnci artırmak için en etkili yolun birleştirme elemanlarının kabin tipi mobilyanın ön kısmına yakın yerleştirilmesi ile sağlanacağını; vidalar arasındaki en uygun uzaklığın yaklaşık olarak 76 mm olduğunu açıklamışlardır.

Rajak ve Eckelman [50] “Büyük boyutlu vidalarla yapılmış köşe birleştirmelerin analizi” konulu çalışmalarında; #10, #12 ve #14 (sırasıyla 5, 6 ve 8 cm vida uzunluğu) ölçülerindeki 3 çeşit sac vidası kullanarak birleştirmelerin eğilme direnci üzerine örnek uzunluğunun, vida ölçüsü, uzunluğu ve sayısının etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla; deney örneklerini 102 mm genişliğinde, 102, 152, 203, 254, 305, 406 ve 508 mm uzunluğundaki levhalarda 34, 51, 68, 76, 85, 102, 127, 135, 152, 169, 203 ve 254 mm vidalar arası uzaklıklarda ve 1, 2 ve 3 vidalı olarak hazırlayarak basınç deneylerine tabi tutmuşlardır. Deney sonuçlarına göre; vidaların etki alanların 89 mm olduğunu belirlemişlerdir. Eğilme direncinin vida sayısı ile doğrudan orantılı olduğunu, yani 2 elemanlı birleştirmelerin tek elemanlı birleştirmelerden 2 kat daha dirençli olduğunu, eğilme direncinin vida ölçüsünün artması ile orantılı olarak arttığını belirlemişlerdir. Eğilme direncinin, vida uzunluğu 5 cm’den 6 cm’ye arttığında % 33, 6 cm’den 8 cm’ye arttığında % 1.3 arttığını açıklamışlardır. Vida uzunluğunun 5 cm olduğu birleştirmelerin çoğunda örneğin dikey elemanı kenarlarındaki yarılmalardan dolayı göçtüğünü, bununla birlikte vida uzunluğu 6 ve 8 cm olduğunda ise bütün birleştirmelerin levha yüzeylerinin

kırılmasından dolayı göçtüğünü belirlemişlerdir. En iyi eğilme direncinin 6 cm uzunluğundaki vidalarla elde edildiğini açıklamışlardır. 19 mm kalınlığındaki levhalar için iki vida arasındaki en uygun uzaklığın yaklaşık 102 mm olduğunu ortaya koymuşlardır.

Wan-qian ve Eckelman [51] “Kabinlerde köşe birleştirmelerin direnci üzerine birleştirme elemanları sayısının etkisi” adlı çalışmalarında; 457 mm genişliğinde (1-32 adet birleştirme elemanı), 203 mm uzunluğunda ve 19 mm kalınlığındaki yongalevha ve 22 mm kalınlığında liflevha, 5x50, 7x50, 7x70 mm’lik vidalar ve 10 mm çapındaki kavelalar ile hazırlanan örneklerde basınç deneyleri yapmışlardır. Kavela boşluğu derinliklerini örnek yüzey ve kenarında sıra ile 12,5 mm ve 25,4 mm olarak uygulamışlardır. Deney sonuçlarına göre; eğilme dirençleri, birleştirmelerin “etki alanları” üst üste gelene kadar hızlı bir şekilde arttığını ve bu noktadan sonra dirençte artışın olmadığını, vida uzunluğunun vida çapından daha fazla direnci etkilediğini ve birleştirme elemanları arasındaki uzaklığın yaklaşık olarak 57 mm’den daha az olması durumunda direncin azaldığını açıklamışlardır.

Tankut [2] “Kabin tipi konstrüksiyonda 32 mm’lik köşe birleştirmeler için en uygun kavelalar arası uzaklık” konulu araştırmasında; 18 mm kalınlığında lamineli yongalevha ve liflevha ile 8 mm çapında, 38 mm uzunluğunda, ortalama % 7,3 rutubetinde kayın odunu kavelaları kullanmıştır. Birleştirmelerde 4 farklı kavelalar arası uzaklık (32, 64, 96 ve 128 mm) denemiştir. Kavelalar parça yüzeyinde 14 mm, kenarında ise 26 mm derinlikte olacak şekilde yerleştirilmiştir. Deneyler Universal test makinesinde ASTM-D 1037-96a (1997 a) standartlarına uygun olarak ve 6 mm/dak yükleme hızında yapılmıştır. Sonuç olarak; en büyük moment değerlerinin kavelalar arası uzunluğun en az 96 mm olduğu birleştirmelerde elde edildiğini, 3 kavelalı birleştirmelerin 2 kavelalılarına göre daha iyi sonuçlar gösterdiğini belirtmiştir. Hem çekme hem de basınç deneylerinde, MDF köşe birleştirmelerin yongalevhalarından yaklaşık 3 kat daha iyi sonuçlar verdiğini, basınçtaki moment değerlerinin çekme değerlerinden yüksek olduğunu elde etmiştir. Malzeme tipi, kavelalar arası uzaklık ve kavela merkezleri arasındaki uzaklıkların istatistiksel olarak % 5 önem düzeyinde farklılık gösterdiğini, ancak bu faktörlerin karşılıklı etkileşimlerinin önemsiz olduğunu belirtmiştir.

### 1.6.3. Kavelalı-Eksantrik Çektirmeli (Minifiks) Birleştirme Elamanları ile İlgili Araştırmalar

Efe ve Kasal [69] “Kutu konstrüksiyonlu sabit ve demonte mobilya köşe birleştirmelerde çekme direnci” adlı çalışmalarında; kabin tipi konstrüksiyonlu mobilya üretiminde kullanılan tutkallı (sabit) ve tutkalsız (demonte) köşe birleştirmelerin dirençlerini incelemiştirlerdir. Bu amaçla, kenarı ahşap kaplamalı yongalevha ve MDF’de kavelalı, kendinden kınışlı, minifiks ve multifiks birleştirmeler ve polivinilasetat (PVAc) tutkalı kullanmışlardır. Bunlardan kavelalı, lambalı kınışlı, kavelalı-minifiksli, kavelalı- multifiksli, tutkallı-kavelalı-minifiks ve tutkallı-kavelalı- multifiks olmak üzere 6 farklı birleştirme yöntemine ait deney örneklerini hazırlayarak çekme deneyine tabi tutmuşlardır. Deney sonuçlarına göre; liflevhaların yongalevhalarından, tutkalsız birleştirmelerin tutkallı birleştirmelerden daha yüksek dirençli olduğunu belirtmişlerdir. Bunun yanında en iyi sonucun tutkalsız multifiksli birleştirmelerde elde edildiğini, bunu da tutkalsız minifiksli birleştirmelerin izlediğini ve en zayıf birleştirmelerin ise kendinden kınışlı (lambalı) köşe birleştirmelerin gösterdiğini açıklamışlardır. Liflevha dirençlerinin yongalevhalara göre; kavelalı, kavelalı-minifiks, kavelalı-multifiks, tutkallı-kavelalı-minifiks ve tutkallı-kavelalı-multifiks birleştirmelerde sırasıyla % 72, % 33, % 51, % 52 ve % 46 artırdığını; bunun yanında lambalı kınışlı birleştirmede % 20 azaldığını ortaya koymuşlardır.

Efe ve Kasal [83] “Tabla tipi mobilya köşe birleştirmelerinde eğilme direnci özellikleri” adlı çalışmalarında; levha tipi mobilya üretiminde kullanılan tutkallı (sabit) ve tutkalsız (demonte) köşe birleştirmelerin eğilme dirençlerini incelemiştirlerdir. Kenarı ahşap kaplamalı yongalevha ve MDF’de; kavelalı, kendinden kınışlı, minifiks ve multifiks birleştirmeler ve polivinilasetat (PVAc) tutkalı kullanmışlardır. Sonuçlara göre; liflevhaların yongalevhalara, tutkalsız birleştirmelerin tutkallı birleştirmelere göre daha dirençli olduğunu belirlemişlerdir. Deneylerde en iyi sonucu tutkalsız multifiksli köşe birleştirmelerin verdiğini, ikinci sırayı ise tutkalsız minifiksli köşe birleştirmelerin izlediğini ortaya koymuşlardır.



#### 1.6.4. Kavelalı Birleştirme Elemanları ile İlgili Araştırmalar

Cai ve Wang [33] “Köşe birleştirme dayanıklılığının kabin tipi mobilya göçmesi üzerine etkisi” adlı çalışmalarında; 19 mm kalınlıkta yongalevhalarından 170 mm genişlikte ve 100 mm uzunluktaki parçalarda 8 mm çapında ve 32 mm uzunluğunda, 2, 4 ve 8 adet kavelalar kullanarak hazırlanan “L” ve “T” tipi birleştirmelerde basınç deneyleri yapmışlardır. Deneylerden elde edilen elastiklik modülü (E) ve birleştirme katsayısına (R) göre kabin tipi mobilyanın göçmesini hesaplamış ve sonlu elemanlar yöntemi (FEM) ile analiz etmişlerdir. Sonuç olarak; deneyler sonucunda elde edilen kabin tipi mobilya direnç değerlerini ve FEM hesaplarının güvenilirliğini doğrulamışlardır. Köşe birleştirmelerde kavela miktarı 2’den 4’e, 4’den 8’e arttığında kabin tipi mobilyaların göçmesinin % 5-15 azaldığını, kabin tipi mobilya raflarındaki göçmenin köşe birleştirme sayısının ve dayanırlığının artırılmasıyla azaltılabileceğini açıklamışlardır.

Zhang ve Eckelman [52] “Kabin tipi konstrüksiyonda tek kavelalı köşe birleştirmelerin eğilme moment direnci” adlı araştırmalarında; 19 mm kalınlığında yongalevhada tek kavelalı “L” tipi köşe birleştirmelerine çekme ve basınç deneyleri uygulayarak hem eğilme moment direnci hem de bu dirence ait ifadeleri formülleştirerek gerekli veri tabanını elde etmeye çalışmışlardır. Bu amaçla; 6, 8 ve 10 mm çapında kavelalar; 19, 25, 32 ve 38 mm parça kenarındaki derinlikler ile 6, 11 ve 16 mm yüzey derinliklerindeki örnekleri hazırlayarak test etmişlerdir. Deney sonuçlarına göre; hem çekme hem de basınç deneylerinde kavela çapının 6 mm’den 10 mm’ye, yüzeydeki kavela derinliğinin 6 mm’den 16 mm’ye artışının direnci arttırdığını; bunların yanında, yüzeydeki kavela derinliğinin 19 mm’den 38 mm’ye artışının ise direnci etkilemediğini açıklamışlardır. Parça kenarındaki kavela derinliğinin 19 mm olması durumunda birkaç deney örneğinde kavelanın çıktığını, çekme deneylerinde ise kenarlarda yarılmalar olduğunu gözlemlemişler ve kenarlardaki en uygun kavela boşluk derinliğini 25 mm olarak önermişlerdir.

Efe [84] “Kutu konstrüksiyonlu mobilya köşe birleştirmelerinde rasyonel kavela tasarımı” adlı çalışmasında; 18 mm kalınlıktaki yongalevha ve liflevhalarda 165, 220, 275 ve 330 mm genişliğinde, 150 mm uzunluğunda ISO 6237 ve ASTM D 143-83 standartlarına göre (MDF) 2, 3, 4 ve 5 kavelalı “L” tipi köşe birleştirmelerin çekme ve basınç dirençlerini incelemişlerdir. Bu amaçla; 33 mm boyunda, 8 ve 10 mm çapında kayın odunundan yapılmış yüzeyleri düz ve yivli olan kavelalar ile polivinilasetat (PVAc) tutkalı

kullanmıştır. Deney sonuçlarına göre; liflevhaların yongalevhalara göre % 60 oranında, 8 mm çaplı kavelaların 10 mm olanlardan, yongalevhalarda yivli yüzeyli kavelalarda, liflevhalarda ise düz yüzeyli kavelalarda daha iyi sonuçlar elde edildiğini belirlemişlerdir. Ayrıca kavela sayısı artışının çekme direncinde artışa, basınç direncinde ise azalmaya neden olduğunu ortaya koymuşlardır.

Efe ve Kasal [85] “Tabla tipi kavelalı köşe birleştirmelerde tutkal çeşidinin çekme direncine etkileri” konulu araştırmalarında; yongalevha ve liflevhalardan hazırlanan ve kenarları Doğu kayını odunu ile masiflenen kavelalı “T” tipi köşe birleştirmelerinde tutkal çeşidinin çekme direnci üzerine etkilerini araştırmışlardır. Masifleme ve kavelalı köşe birleştirme işlemlerinde Polivinilasetat, Polimarin (VTKA) ve poliüretan olmak üzere üç çeşit tutkal kullanmışlar ve çekme deneylerini ISO 6237 esaslarına göre yapmışlardır. Sonuç olarak; liflevhaların yongalevhalara göre % 31 oranında yüksek direnç gösterdiğini ve polivinilasetat tutkalının da en iyi sonucu verdiğini belirtmişlerdir.

Efe vd. [86] “Çeşitli tutkalarla yapıştırılmış kutu konstrüksiyonlu kavelalı köşe birleştirmelerin basınç direnci” adlı çalışmalarında; yongalevha ve liflevhadan hazırlanan kenarları  $7\pm 1$  mm kalınlığında Doğu kayını odunu ile masiflenmiş “L” tipi kavelalı köşe birleştirmelerin çeşitli tutkalarla yapıştırılmış örneklerinde basınç dirençlerini belirlemiş ve karşılaştırmışlardır. Masifleme ve köşe birleştirme işlemlerinde, polivinilasetat (PVAc), Polimarin (VTKA) ve poliüretan esaslı klebit 303 tutkaları ile deney örneklerinin birleştirilmesinde  $10^0 \times 35$  mm kavelalar kullanmışlardır. ASTM D 143-83 esaslarına göre yapılan basınç deneyleri sonucunda; liflevhaların yongalevhalarından % 55 daha iyi sonuçlar verdiğini; tutkalar da ise en iyi sonucun polivinilasetat tutkalı ile elde edildiğini belirtmişlerdir.

Tankut ve Tankut [87] “Kabin tipi mobilya konstrüksiyonunda köşe birleştirme direnci üzerine birleştirme elemanı, tutkal ve kompozit malzeme çeşitlerinin etkisi” adlı çalışmalarında; melamin kaplı yongalevha (MCP) ve liflevhaları (MCF) ile yivli kavelalı (GDj), düz kavelalı (PDj), bisküvili (Bij), düz (BuJ) ve yabancı çıtalı birleştirmeler (Sj) polivinilasetat D3 (PVA D3), polivinilasetat D4 (PVA D4) ve polimarin (VTKA) tutkaları ile “L” köşe birleştirmelerinin diyagonal çekme ve basınç dirençlerini incelemişlerdir. Deney sonuçlarına göre; çekme ve basınç dirençlerinin levha ve tutkal çeşidi ile birleştirme yöntemlerinden etkilediğini belirlemişlerdir. Diyagonal çekme dirençlerinin basınç dirençlerinden, hem çekme hem de basınç deneylerinde MCF köşe birleştirmelerin MCP köşe birleştirmelerinden yüksek çıktığını, çekme deneylerine ait bu değerlerin %75 olduğunu

belirtmişlerdir. Aynı şekilde çekme ve basınç dirençlerinde PVA D4 tutkalında, diğer iki tutkaldan daha yüksek değerler elde edildiğini, en yüksek diyagonal çekme direncinin VTKA tutkallı GDj birleştirmeli MCF levhalardan, en yüksek diyagonal basınç direncinin ise PVA D4 tutkallı Sj birleştirmeli MCP levhalardan elde edildiğini ortaya koymuşlardır. Birleştirme çeşidi bakımından çekme deneylerinde, en yüksek değeri GDj birleştirmelerin, en düşük değeri ise Bij birleştirmelerin gösterdiğini açıklamışlardır.

Altınok vd. [88] “Mobilya direnci üzerine kabin tipi konstrüksiyonda geleneksel tutkallı birleştirme yöntemlerinin etkisi” adlı çalışmalarında; melaminli yapay kaplamalı yongalevhada kavelalı, yabancı çitalı ve kombine birleştirmeli yöntemlerle PVAc ve polimarin tutkalları kullanılarak hazırlanan deney örneklerinde dirençleri incelemişlerdir. Deney sonuçlarına göre; hem çekme hem de basınçta kombineli birleştirmelerin daha yüksek direnç değerleri gösterdiğini, bunu sırasıyla kavelalı ve yabancı çitalı birleştirmenin izlediğini, PVAc tutkalının da polimarin tutkalına göre daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

#### **1.6.5. Eksantrik Çektirmeli (Minifiks) Birleştirme Elemanları ile Yapılan Araştırmalar**

Tankut [49] “Kabin tipi konstrüksiyonda farklı RTA birleştirme elemanları ile yapılan köşe birleştirmelerin moment direnci” adlı çalışmasında; lamineli yongalevha ve MDF malzemelerinde metal trapez, plastik trapez, minifiks, köşe bağlantı, rafix ve pipo birleştirme elemanları ile yapılan köşe birleştirmelerinde çekme ve basınç deneyleri yapmıştır. Deney sonuçlarına göre; malzeme, yükleme ve birleştirme tipinin RTA birleştirmelerin direnci üzerine önemli ölçüde etkili olduğunu belirtmiştir. Çekme dirençlerinin basınç dirençlerinden daha büyük sonuçlar verdiğini, hem çekme hem de basınç testlerinde MDF köşe birleştirmelerin yongalevha köşe birleştirmelerinden ortalama % 22 daha dirençli olduğunu açıklamıştır. En büyük direnci MDF’li metal parçalı trapez birleştirmelerin, en küçük direnci ise yongalevhalı rafiks birleştirmelerin gösterdiğini ortaya koymuştur. Yongalevhada hem çekme hem de basınçta; en büyük direnci metal trapezin gösterdiğini, onu da sırasıyla köşe bağlantı, plastik trapez, pipo, minifiks ve rafiksin izlediğini açıklamıştır. Liflevhada çekme deneylerinde en büyük direnci aynı şekilde metal trapezin, onu da sırasıyla köşe bağlantı, pipo, plastik trapez, minifiks ve

rafiksin izlediğini; basınç deneylerinde ise en büyük direnci yine metal trapezin, onu da sırasıyla köşe bağlantı, minifiks, plastik trapez, pipo ve rafiksin izlediğini belirtmiştir.

Özçifçi vd. [89] “Kutu mobilyalarda kullanılan bazı modüler bağlantı elemanlarının direnç özelliklerinin belirlenmesi” konulu araştırmalarında; Doğu kayını (*Fagus Orientalis* L.), Sarıçam (*Pinus Sylvestris* L.), yapay reçine ile kaplı liflevha (MDFlam) ve yongalevha (suntalam) olmak üzere 4 çeşit malzeme, tek çektirmeli (antirotasyon), çift çektirmeli, demonte (rondofiks), çok amaçlı (multifiks) ve kendinden plastik dübelli metal minifiks olmak üzere 5 çeşit birleştirme elemanı kullanılarak elde edilen köşe birleştirmelere TS 5913 ve ASTM 1037 standartlarına uygun diyagonal basınç ve diyagonal çekme direnci testleri uygulamışlardır. Sonuç olarak; en yüksek basınç ve çekme dirençleri Doğu kayını odunundan ve üretilen çift çektirmeli bağlantı elemanında (1530,6 N ve 2668,9 N); en düşük basınç ve çekme dirençleri ise suntalamda kendinden plastik dübelli metal minifiks bağlantı elemanında (117,9 N ve 316,7 N) elde etmişlerdir. Kendinden plastik dübelli metal minifiks bağlantı elemanının direnç değerlerinde MDF'nin YL'ya oranla % 54 daha iyi sonuç gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Buna göre, mekanik bağlantı elemanları ile yapılan köşe birleştirmelerde çift çektirmeli bağlantı elemanının diğerlerine göre daha uygun olabileceğini belirtmişlerdir.

#### **1.6.6. Kavelalı-Vidalı Birleştirme Elemanları ile İlgili Araştırmalar**

Efe ve İmirzi [90] “Farklı birleştirme teknikleri ve değişik kalınlıklardaki levhalarla üretilmiş kutu tipi mobilya köşe birleştirmelerinin moment taşıma kapasitesi” konulu çalışmalarında; 145x320 mm boyutlarında 16 ve 18 mm kalınlığında yonga levha ile orta yoğunlukta liflevha (MDF) ve okume (*Aucoumea klaineana*) kontrplak malzemelerde kavelalı ve kavelalı-vidalı birleştirmelerin dirençlerini incelemişlerdir. Deney sonuçlarına göre, kontrplak, yongalevha ve MDF'den üretilen kavelalı-vidalı birleştirmelerin kavelalılarından daha yüksek moment direnci gösterdiğini belirtmişlerdir. Aynı şekilde 18 mm kalınlıktaki deney örneklerinde, 16 mm kalınlıktakilerden daha iyi sonuçlar elde edilmekle birlikte, kalınlığı az malzemelerin teknik ve ekonomik açılarından daha uygulanabilir olduğunu ortaya koymuşlardır. 16 mm kalınlığındaki birleştirmelerin diyagonal çekme deney sonuçlarına göre; en iyi sonucu kontrplağın verdiğini, onu da MDF ve yongalevhanın izlediğini belirtmişlerdir. Kontrplaktan üretilen deney örneklerinin

MDF' ye göre % 23, yongalevhaya göre ise % 90 ve MDF'nin de yongalevhaya göre % 53 daha yüksek moment taşıdığını açıklamışlardır. Birleştirme çeşidine göre diyagonal çekme deneylerinde; vidalı birleştirmelerin kavelalı birleştirmelere katkısının yaklaşık % 17 olduğunu, 18 mm kalınlığındaki birleştirme dirençlerinin istatistiksel anlamda farksız olduğunu, MDF ve kontrplakların yonga levhaya göre yaklaşık % 77 daha yüksek olduğunu, birleştirmelerdeki vida katkısının % 44 olduğunu saptamışlardır. Malzeme türü ve birleştirme çeşidi etkileşimine göre; en iyi sonucu MDF ve kontrplaktan üretilen vidalı birleştirmelerin verdiğini, 18 mm kalınlıklardaki MDF'nin yonga levhaya göre % 26 daha yüksek dirençte olduğunu, 18 mm kalınlığında malzemelerde en iyi sonucu MDF'nin verdiğini, bunu kontrplak ve yonga levhanın izlediğini belirtmişlerdir. Birleştirme çeşidine göre ise; kavelalı-vidalı birleştirmelerin kavelalı birleştirmelere göre % 95 oranında daha yüksek, 18 mm kalınlığındaki örneklerde en iyi sonucu kontrplağın verdiğini ve bunu da MDF ve yonga levhanın izlediğini, vidalı birleştirmelerin kavelalılarından % 50 oranında yüksek çıktığını açıklamışlardır. Ayrıca; kabin tipi konstrüksiyonlu mobilya tasarımında, malzeme açısından ekonomik ölçütleri de göz önüne alarak malzeme seçiminde kontrplak, MDF ve yongalevha şeklinde bir sıralamayı, birleştirme elemanı olarak vida kullanımını ve malzeme kalınlığına göre 18 mm'lik levhaları önermişlerdir.

İmirzi ve Efe [91] "Kutu tipi mobilya köşe birleştirmelerin sonlu elemanlar yöntemi ile mukavemet ve rijitlik analizi" adlı çalışmalarında; ahşap kompozit malzeme çeşitlerinden 14, 16 ve 18 mm kalınlığında yongalevha (YL), orta yoğunlukta liflevha (MDF) ve okume (*Aucoumea klaineana*) kontrplaklarda (OKP) "L" tipi kavelalı ve kavelalı-vidalı birleştirmelerde dirençleri incelemişlerdir. Ayrıca; deney örneklerinin bilgisayar destekli üç boyutlu yapısal analizini sonlu elemanlar yöntemi kullanarak yapmışlar ve deneylerden elde edilen verileri, bu analiz verileri ile karşılaştırmışlardır. Deney sonuçlarına göre; kavelalı-vidalı birleştirmelerin kavelalılarından daha fazla yük taşıdığını, moment taşımanın önemli olduğu birleştirmelerde 18 mm levha kalınlığı kullanılması gerektiğini, malzeme tercihinin kontrplak, MDF ve yongalevha şeklinde yapılması gerektiğini, vidalı birleştirmelerin kavelalı birleştirmelere göre göçmesinde önemli farklılıklar olmamakla birlikte, daha uzun sürede göçmenin gerçekleştiğini ve MDF'de yongalevhaya göre % 29 daha büyük değerler elde edildiğini belirtmişlerdir.

### 1.6.7. Kavelalı-Trapezli Birleştirme Elamanları ile İlgili Araştırmalar

Efe [92] “Kutu konstrüksiyonlu mobilyada sabit (yabancı çıtalı) ve demonte (trapez) köşe birleştirmelerin çekme ve basınç dirençleri” adlı araştırmasında; 150x150x18 mm ölçülerinde yongalevha ve MDF’lerde “L” tipi köşe birleştirmeli, polivinilasetat (PVAc) tutkallı, yabancı çıtalı ve trapez birleştirme yöntemlerinin dirençlerini incelemiştir. Deney sonuçlarına göre; liflevha ile yapılan birleştirmelerin, yongalevhalara göre çekme dirençlerinin % 20 daha fazla, trapez birleştirmelerin tutkallı yabancı çıtalı birleştirmelere göre çekme ve basınçta altı kat daha dirençli olduğunu belirtmiştir.

### 1.6.8. Birleştirme Yöntemleri ve Yapay Sinir Ağları ile İlgili Araştırmalar

Eren ve Eckelman [66] “Odun kompozitlerin köşe göçme direnci” konulu araştırmalarında; 16, 18 ve 19 mm kalınlığında liflevha ve 22 mm kalınlığında MDF’lerde 43, 47, 51 ve 58 cm genişliklerdeki parçalardan 1, 2 ve 3 vidalı olarak simetrik bir şekilde birleştirilmiş ayrıca 12, 14 ve 19 mm çapında 3 farklı pul kullanarak hazırlanan örneklerin çekme ve basınç deneylerini yapmışlardır. Ayrıca; 3 farklı firmaya ait 19 mm kalınlığındaki yongalevha ve liflevhalarda da dirençleri incelemiştir. Deney sonuçlarına göre; birleştirme direnci ile birleştirme elemanı sayısı arasında ve pul çapı ile kırılma direnci arasında doğrudan bir ilişki olduğunu belirlemiştir. Ayrıca; en dirençli MDF’nin, en dirençsiz yongalevhadan 2 kat daha fazla dirençli ve en dirençli yongalevhanın da en dirençsiz MDF’den daha fazla dirençli olduğunu açıklamışlardır.

Örs vd. [3] “Kutu konstrüksiyonlu vidalı mobilya köşe birleştirmelerin çekme direnci” adlı çalışmalarında; yapay reçineli yongalevha (suntalam) ile liflevhalarda (MDFlam), 4x50 ve 5x60 olmak üzere iki tip vida kullanarak tutkalsız ve tutkallı (poliüretan ve desmodur-VTKA) vidalı köşe birleştirme örneklerinde çekme dirençlerini incelemiştir. Deneyler sonucunda; MDFlam ve 4 x 50 vidaların daha dirençli; ayrıca MDFlamdan yapılan birleştirmelerin, suntalama göre % 15 daha dirençli olduğunu da belirtmişlerdir.

Zhang vd. [44] “Çok vidalı L tipi köşe birleştirmelerin moment direnci” adlı araştırmalarında; 18mm kalınlığında yongalevha ve liflevha ve 5x40, 5x50, 5x60, 6x40, 6x50 ve 6x60 mm ölçülerinde vidalar kullanarak hazırlanan 3 vidalı “L” tipi köşe birleştirme örneklerinde moment dirençlerini incelemişlerdir. Deney sonuçlarına göre; yapay reçineli yongalevhaların ve tutkallı birleştirmelerin moment direncini önemli ölçüde artırdığını belirlemişlerdir. Hem yongalevha hem de MDF’den yapılan birleştirmelerde vida çapı 4 mm’den 5 mm’ye çıktığında, moment direncinin arttığını; yongalevha ve liflevhadan yapılan birleştirmelerde ise vida uzunluğunun moment direncini olumlu yönde etkilediğini, vida uzunluğunun 40 mm’den 50 mm’ye çıktığında önemli bir artış olduğunu, ancak 50 mm’den 60 mm’ye çıktığında ise direnç artışının önemli olmadığını ortaya koymuşlardır. Yongalevhalarda 50 mm uzunluğunda, MDF’lerde ise 4x50 mm ve 5x60 mm uzunluğundaki vidaların kullanılmasını önermişlerdir.

Park vd. [58] “Kabin tipi konstrüksiyonda vidalı yongalevha birleştirmelerin yük kapasiteleri üzerine vida birleştirme tipi ve şeklinin etkileri” adlı çalışmalarında; 16 mm kalınlığındaki yongalevhanın çeşitli vida ve kavela ile köşe birleştirmelerle farklı etkenlerin dirençlerini araştırmışlardır. Deney sonuçlarına göre; 6 mm çaptan daha büyük vidalar, kenar vida çekme ve eğilme moment direncini önemli ölçüde artırdığını, fakat daha küçük çaplı ve 25 mm uzunlukta 9 dişli vidaların en yüksek kenar direnci gösterdiğini ve tamamen dişli vidaların yanıl kenar dirençlerinin de en iyi sonuçları verdiğini belirtmişlerdir. Eğimli (şevli) vida dişleri, aynı vida markası ve tiplerindeki düz vida dişleri ile performans karşılaştırmasının az farklılık gösterdiğini, tutkalsız kavelalı birleştirme elemanı yerine uygulanabilen plastik dübelli-vidaların birleştirme performanslarını düşürdüğünü açıklamışlardır.

Kasal vd. [4] “Farklı malzemelerle vidalı köşe birleştirmelerin eğilme direnci” adlı çalışmalarında; yapay kaplamalı yongalevha ve MDF’lerde 4x50 ve 5x60 mm ölçülerindeki 2 farklı vida ile poliüretan Desmodur-VTKA tutkalı kullanarak hazırlanan örneklerin köşe birleştirme dirençlerini incelemişlerdir. Deney sonuçlarına göre; MDF’lerin yongalevhalarından basınç deneylerinde 4x50 vidalarda % 54, 5x60 vidalarda % 62; çekme deneylerinde ise 4x50 vidalarda % 10, 5x60 vidalarda ise % 49 daha iyi direnç değerleri elde edildiğini belirtmişlerdir. Bu sonuçları da MDF’nin özgül ağırlığı, eğilme direnci, vida tutma kapasitesi ve malzeme adhezyonu özelliklerinin yongalevhadan daha yüksek olması ve kaba yüzeyli yongalevhalarındaki yonga büyüklüklerinin birleştirme yerlerinde direnci

azalttığı şeklinde yorumlamışlardır. Genel olarak 5x60 vidaların 4x50 vidalardan basınçta % 24, çekmede ise %56 daha iyi sonuçlar gösterdiğini ortaya koymuşlardır.

Kasal vd. [93] “Yongalevha ve orta yoğunluktaki liflevhadan yapılan beş kenarlı mobilya kabinlerinin dayanımı ve yük taşıma kapasitesi üzerine vida ölçüsünün etkisi” konulu araştırmalarında; 18 mm kalınlığında yongalevha (PB) ve liflevhalarda (MDF) 3.5x40, 3.5x45, 3.5x50, 4x40, 4x45, 4x50, 5x40, 5x45 ve 5x50 mm ölçülerinde 9 çeşit vida ile hazırlanan 600 mm uzunluğunda ve genişliğinde, 400 mm derinliğinde 5 kenarlı kabinleri 3 noktadan destekleyerek statik performanslarını incelemişlerdir. Deney sonuçlarına göre; MDF’lerin PB’lardan daha yüksek yük taşıma kapasitesi gösterdiğini, ayrıca hem yongalevha hem de MDF’lerde en büyük yük taşıma kapasitesinin 5x50 mm vidalarda, MDF’de en yüksek rijitliğin ise 5x45 mm vidalarda elde edildiğini belirlemişlerdir. Yongalevhada vida uzunluğunun etkisinin önemli olmadığını, MDF’de ise 45 mm uzunluğundaki 3.5 ve 4 mm çapındaki vidalardan yapılan kabinlerin 40 ve 50 mm uzunluktakilerden daha yüksek taşıma kapasitesine sahip olduğunu belirlemişlerdir. Vidaların etki alanlarının yaklaşık olarak 60 mm uzunlukta olduğunu ve bu bölgede levhalarda yarıma ve çatlakların meydana geldiğini gözlemlemişlerdir.

Kasal vd. [56] “Kabin tipi mobilyada L tipi vidalı köşe birleştirmelerin moment dirençleri için tahmini eşitlikler” adlı araştırmalarında; yapay kaplamalı yongalevha (PB) ve orta yoğunluktaki liflevhalardan (MDF) 158 mm genişlikte, 350 mm uzunlukta ve 18 mm kalınlığındaki parçalarda 4 ve 5 mm çaplı, 40, 50 ve 60 mm uzunlukta 2, 3 ve 4 vidalı olarak hazırlanan “L” tipi köşe birleştirmelerin dirençlerini çekme ve basınç deneyleri yaparak incelemişlerdir. Deney sonuçlarına göre; en yüksek moment direncinin 4 vidalı MDF örneklerinde elde edildiğini; MDF’lerin PB’ye göre basınç deneylerinde % 19, çekme deneylerinde ise % 36 daha yüksek eğilme moment değerleri gösterdiğini belirtmişlerdir. Vida sayısı, çapı veya uzunluğundan herhangi birisinin artması ile birleştirme direncinin arttığını ve direnç üzerine vida uzunluğunun vida çapından daha etkili olduğunu açıklamışlardır.

Yen vd. [94] “Lodgepole çam odunu ve yongalevhada tek ahşap yabancı çıtalı birleştirmelerin eğilme moment direncinin belirlenmesi” adlı çalışmalarında; dirençleri belirlemek ve bu kapsamda veri tabanı oluşturarak eğilme moment direnci eşitliğini çıkarmayı amaçlamışlardır. Bu amaçla; çam odunu ve yongalevhalardan dört farklı boyutta 159 mm genişliğinde, 127 mm uzunluğunda ve 19 mm kalınlığında yabancı çita ile tekli olarak birleştirerek hazırladıkları deney örneklerinde çekme ve basınç deneyleri



yapmışlardır. Deney sonuçlarına göre eğilme moment direncinin yabancı çıtanın büyüklüğü (yüzey alanı) ile olumlu yönde ilişkili olduğunu, basınç dirençlerinin çekme dirençlerinden ortalama % 21 daha yüksek değerler gösterdiğini belirtmişlerdir.

Altınok vd. [95] “Levha ve tutkal tiplerinin etkisi ile yabancı çıtalı birleştirmelerin yük taşıma kapasitesi” konulu çalışmalarında; orta yoğunluktaki liflevha (MDF), yongalevha ve yapay kaplamalı yongalevhelerde (suntalam) 3 mm’lik yabancı çıta (kayın odunundan) ve polivinilasetat (PVAc) ve poliüretan (desmodur-vtka- polimarin) tutkalı kullanılarak yapılan örneklerde dirençleri incelemiştir. Deney sonuçlarına göre; poliüretan tutkallı birleştirmenin PVAc’den, MDF ve yonga levhaların suntalamdan yapılan birleştirmelerden daha dirençli olduğunu belirtmişlerdir. MDF’nin suntalamdan basınç deneylerinde % 38, çekme deneylerinde ise % 148 daha iyi sonuçlar verdiğini ve ayrıca MDF ile yongalevhanın yaklaşık aynı değerleri gösterdiğini açıklamışlardır.

Özkan ve Dündar [76], “Civatalı bağlantıların eleman direngenliğinin sonlu elemanlar yöntemi ve yapay sinir ağları sistemi ile belirlenmesi” adlı çalışmalarında; farklı kalınlıklarda malzemelerden oluşmuş civatalı bağlantıların dirençlerini ve onu etkileyen tasarım parametrelerini incelemiştir. Tasarım parametrelerini belirlemek için ANSYS paket programında bir model geliştirmişler ve çözmüşlerdir. Ayrıca, daha dirençli biçimde elemanlara ayırma işlemi yapan yeni bir model geliştirmişlerdir. Analizlerden elde edilen verileri Yapay Sinir Ağları Sistemi paket programı olan EasyNN programı ile işlemişlerdir. Eleman direngenlikleri ve basınç yayılım açısı üzerinde durmuşlardır. YSA da işlenmiş ve bu konuda eşitlik kullanımını ortadan kaldıracak yeni bir bakış açısı geliştirmişlerdir. Sonlu Elemanlar paket programı olan ANSYS ile YSA paket yazılımı olan EasyNN programlarını kullanmışlar ve bu programları Visual Basic ortamında hazırlanan görsel bir program ile ilişkilendirilmişlerdir. Analizlerden elde edilen sonuçları literatürle karşılaştırarak modelin doğruluğunu belirlemişlerdir. Aynı zamanda civatalı bağlantılarla yapılmış olan mekanik analizleri detaylandırmaya ve günümüz bilgisayar teknolojisi ile en uygun civata tasarımını yapmaya çalışmışlardır. Özellikle de farklı malzemeler ve kalınlıklarda birleştirilen elemanların, eleman direngenliği ve basınç yayılım açılarını belirlemişlerdir. Eleman direngenliği ile elastikiyet modülü arasında doğrusal bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir. Değişken yüklemelerin etkisinde kalan civatalı bağlantıların mukavemet hesaplamaları için gerekli olan çentik faktörünü YSA’na öğretmişler ve çentik faktörü değerini kullanıcının herhangi bir tablo veya eşitlik kullanmasına gerek kalmadan açıklamışlardır. Farklı kalınlıktaki elemanların birleştirilme durumu göz önüne alınarak bu

çalışma ile ilgili tüm parametreleri tek tek irdelemişlerdir. Eleman direngenliği ( $k_e$ ) doğrudan YSA ile hesap edilebilir olmasına rağmen, teta ( $\theta$ ) boyutsuz değişkenini kullanarak eleman direngenliğini belirlemede genel bir bakış açısı oluşturmuşlardır. Bağlantı parametrelerine ( $d, dp, dd, L, Lc1, Lc2, E, \nu$ ) bağlı olarak basınç yayılım açısının değişimini belirlemişlerdir. Aynı veya farklı türdeki malzemelerin civata ile birleştirilmesi durumları için eleman direngenliğini ve basınç yayılım açılarının belirlenmesi için genel bir çözüm ortaya koymuşlardır.

Eckelman ve Rabiej [96] “Kabin tipi mobilya analizinin basınç yöntemi” adlı araştırmalarında; sonlu elemanlar yöntemini kullanarak kabin tipi mobilyanın göçme özelliklerini incelemişlerdir. Deney sonuçlarına göre; alt ve üst raflardaki göçmelerin yaklaşık aynı olduğunu ve bu göçmelerin destekleyici yan elemanlara eşit olduğunu belirlemişlerdir. Hem rafları hem de bölmeleri içeren kabinlerin destekleyici köşelerinin göçmelerini önceden belirlemek için eşitlik geliştirmişler ve bu eşitliğin mobilya üreticileri tarafından kabin tasarımlarını optimize etmek için kullanılabileceğini önermişlerdir.

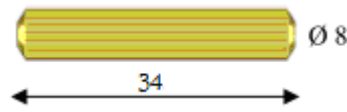
## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Deney Malzemeleri

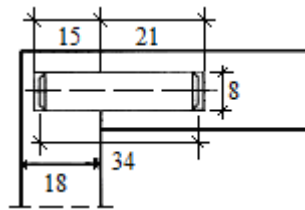
Deney örneklerinin hazırlanmasında kabin veya levha tipi mobilya üretiminde yaygın olarak kullanılan yapay kaplamalı yongalevha (YKYL) ve orta sert liflevhadan (YKLL) yararlanılmıştır. Aynı şekilde birleştirmelerde de günümüzde bu tip mobilyanın seri üretiminde en çok kullanılan kavelalı-eksantrik çektirme (minifiks) yöntemi seçilmiştir. Örneklerde kavelaların yapıştırılmasında ise ağaç malzeme odunla uyumlu polivinilasetat (PVAc) tutkalı kullanılmıştır.

#### 2.1.1. Kavela

Çalışmada Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) odunundan hazırlanmış kavelalar kullanılmıştır. Piyasadan sağlanan bu birleştirme elemanları 18 mm kalınlıktaki levhaya uygun olarak 8 mm çapında ve 34 mm uzunlukta (Şekil 13) seçilmiştir. Kavelaların TS 4539 [71] esaslarına uygun olması için silindirik, pahlı ve sağlam yapıda olmalarına özen gösterilmiştir. Bunların deney örneğini oluşturan parçalara yerleştirilmesi ve ölçüleri Şekil 14’de belirtilmiştir [8].



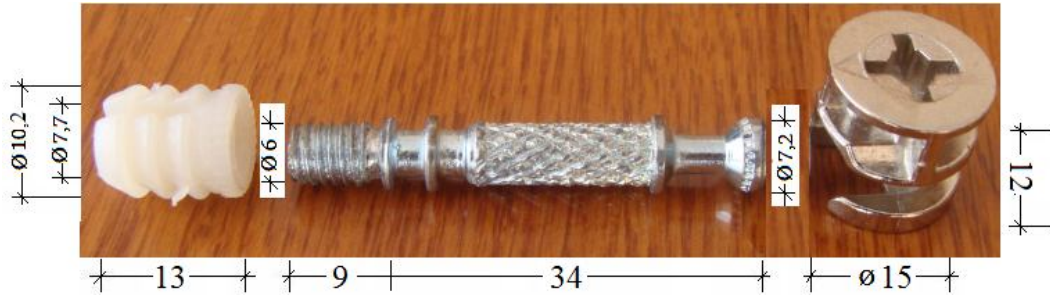
Şekil 13. Deney örneklerinde kullanılan kavela ve ölçüleri (mm)



Şekil 14. Deney örneği parçalarına kavelaların yerleştirilme şekli ve ölçüleri (mm)

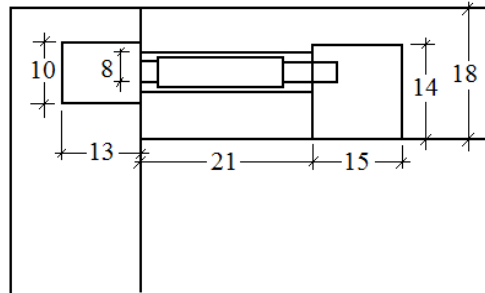
### 2.1.2. Metal Birleştirme Elemanı

Deneyleerde metal eksantrik çekirme (minifiks) birleştirme elemanı seçilmiş ve piyasadan sağlanmışır. Metal birleştirme elemanı; plastik dübel, civata ve eksantrik çekirme olmak üzere 3 parçadan oluşmaktadır. Bunların şekli ve ölçüleri Şekil 15’de görölmektedir.



Şekil 15. Eksantrik çekirme (minifiks) elemanı ve ölçüleri (mm)

Kavelalı ve metal bağlantılı birleştirmelerin deney parçalarına yerleştirilmesi delgi planlarına göre yapılmıştır. Bu amaçla örnek dikey ve yatay parçalarında birleştirme elemanları boşlukları standartlara uygun ölçü ve toleranslarda açılmışır (Şekil 16).



Şekil 16. Deney örneği parçalarına eksantrik çekirmenin yerleştirilmesi ve ölçüleri

### 2.1.3. Tutkal

Deney örnek parçalarına kavelaların yapıştırılmasında polivinilasetat (PVAc) tutkalından yararlanılmıştır.

PVAc tutkalı, su bazlı, herhangi bir sertleştiriciye gerek duyulmayan, çok düşük basınçta sert katman oluşturan ve genellikle normal ortam sıcaklıkları yanında daha yüksek sıcaklıklarda (50°C) uygulanabilir bir yapıdadır. Ayrıca fiziksel olarak kuruyan, uygulanması ve temizlenmesi kolay, leke yapma özelliği çok az olan bir tutkaldır [8].

## 2.2. Levhaların Bazı Fiziksel ve Mekaniksel Özelliklerinin Belirlenmesi

Levhaların bazı özelliklerinin belirlenmesi hem deney örnek dirençlerini hem de literatürde bu konuda yapılan çalışmalarla karşılaştırma yapılması bakımından önemli görülmektedir. Bu bakımdan levhaların fiziksel özelliklerinden yoğunluk ve rutubet miktarları ile mekanik özelliklerinden eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü belirlenmiştir.

### 2.2.1. Yoğunluk ve Rutubet Miktarları

Yoğunluk ve rutubet miktarlarının belirlenmesi TS 326-3 [97], TS 323 [98] ve TS 322 [99] esaslarına uygun olarak yürütülmüştür. Bu amaçla her iki farklı levha çeşidinden hazırlanan 50x50 mm boyutlarında 20'şer adet örnekten yararlanılmıştır.

Örneklerin ağırlıkları  $\pm 0,001$  gr, boyutları  $\pm 0,01$  mm duyarlılıkta ölçülerek 1 nolu eşitlik yardımıyla yoğunluk değerleri hesaplanmıştır. Rutubet miktarının belirlenmesi için yoğunluk örnekleri kurutma dolabında  $103 \pm 2$  °C sıcaklıkta değişmez ağırlığa kadar bekletilmiştir. Değişmez ağırlığa ulaşan örnekler desikatörlerde soğutulmuş, ağırlıkları belirlenerek 2 nolu eşitlik yardımıyla rutubet miktarları hesaplanmıştır.

$$\delta_r = M / V \text{ (gr/cm}^3\text{)} \quad (1)$$

Burada;

$$\delta_r = \text{Yoğunluk (gr/cm}^3\text{)}$$

$$M = \text{Örneğin ağırlığı (gr)}$$

$$V = \text{Örneğin hacmi (cm}^3\text{)}$$

$$H = (m_H - m_o) * 100 / m_o \quad (2)$$

Burada;

$$H = \text{Örneğin rutubeti (\%)}$$

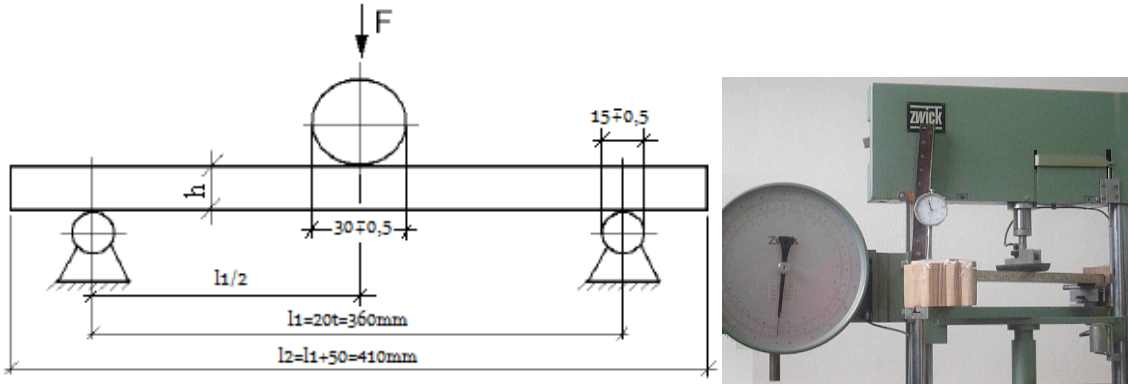
$$m_H = \text{Örneğin rutubetli (\% r) haldeki ağırlığı (gr)}$$

$$m_o = \text{Örneğin tam kuru haldeki ağırlığı (gr)}$$

### 2.2.2. Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülü

Eğilme direnci ve elastiklik modülü değerlerinin belirlenmesi TS EN 310 [100] ve ASTM D 1037 [101] esaslarına uygun yürütülmüştür. Deneylerde her iki levha çeşidinden 410x50 mm boyutlarında 30'ar örnek hazırlanmıştır. İklimlendirilen örneklerin her birinin genişlik ve kalınlıkları elektronik kumpasla her iki ucundan ve ortadan olmak üzere 3 noktadan  $\pm 0,01$  duyarlılıkta ölçülerek bunların ortalamaları alınmıştır.

Örnekler, Universal deney cihazına (Zwick 2201) dayanak noktaları arasındaki açıklık kalınlığın 20 katı olacak şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 17). Kuvvet uygulaması örneklerin tam ortasından sabit hızda en büyük kuvvete  $60 \pm 30$  sn. de ulaşılabilir şekilde ve 6 m/dak olarak seçilmiştir. Kırılma anındaki en büyük kuvvet  $\pm 0.01$  N duyarlılıkta ölçülmüş ve 3 nolu eşitlik yardımıyla eğilme dirençleri hesaplanmıştır.



Şekil 17. Statik eğilme direnci tayini düzeneği

$$\sigma = (3 \cdot F_{\max} \cdot l_1) / (2 \cdot b \cdot h^2) \quad (3)$$

Burada;

$\sigma$  = Maksimum eğilme direnci (N/mm<sup>2</sup>)

$F_{\max}$  = En büyük kuvvet (N)

$l_1$  = Dayanakların (destek) eksenleri arasındaki uzaklık (mm)

$b$  = Deney örneğinin genişliği (mm)

$h$  = Deney örneğinin kalınlığı (mm)

Eğilmede elastiklik modülünün belirlenmesinde eğilme direnci deneylerinden yararlanılmıştır. Bu amaçla eğilme direnci deneyinde en büyük kuvvetin 1/3 miktarı elastik bölge olarak seçilerek uygulanan her 50 N'luk kuvvete karşılık gelen eğilme miktarı makina üzerine yerleştirilmiş bir kompratör yardımı ile  $\pm 0,01$  duyarlılıkta ölçülmüştür. Ölçülen kuvvet ve eğilme miktarlarından eğilme grafiği çizilmiş ve oluşan eğrinin elastiklik deformasyon bölgesindeki değerlerden yararlanılarak 4 nolu eşitlik yardımıyla elastiklik modülü hesaplanmıştır.

$$E_m = (l_1^3 (F_2 - F_1)) / (4 \cdot b \cdot h^3 (a_2 - a_1)) \quad (4)$$

Burada;

$E_m$  = Elastiklik modülü (N/mm<sup>2</sup>)

$F_2 - F_1$  = Yük-sehim diyagramı oranlılık bölgesindeki yük artışı (N)

$F_1$  = Yaklaşık olarak en büyük kuvvetin %10'u (N)

$F_2$  = Yaklaşık olarak en büyük kuvvetin %40'ı (N)

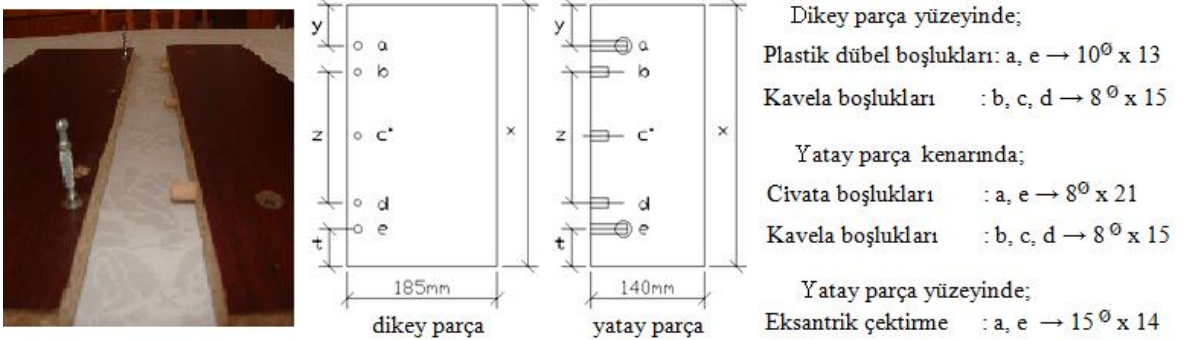
$a_2 - a_1$  =  $(F_2 - F_1)$  kuvvet artışları nedeniyle deney örneği uzunluğunun ortasında meydana gelen sehim artışı (mm)

### 2.3. Delgi Planlarının Hazırlanması

Delgi planlarının hazırlanmasında TS 4539 [71] esaslarından, yapılan çalışmalardan ve mobilya üretimindeki uygulamalardan yararlanılmıştır. Bu amaçla; iki levha çeşidinde 5 farklı örnek uzunluğu (32, 39, 46, 53 ve 60 cm) ve her bir uzunluk için 4 farklı stop (50, 60, 70 ve 80 mm) olmak üzere 20 farklı delgi planı hazırlanmıştır. Burada belirtilen stop terimi, parçanın kenarı ile ilk delik merkezi arasındaki uzaklıktır.

Delgi planlarında kabin veya levha tipi mobilyalarda uygulanan 32'lik sistem kullanılmıştır. Her bir deney örneğinde 2 adet olmak üzere sabit sayıda eksantrik çekirtme kullanılmıştır. Örnek uzunluğuna göre değişen sayıda kavelalar (2, 3 veya 4), en az 2 kavela olacak şekilde bu eksantrik çekirtmelerin iç taraflarına (32 mm uzaklıkta) yerleştirilmiştir. İki kavela merkezi arasındaki uzaklık 200 mm'yi geçtiğinde (18 mm levha kalınlıkları için) araya 1 kavela daha yerleştirilmiştir. Bu kavelanın delik merkezinin tam ortada olmaması durumunda, örneğin arka kısmına yakın matkap merkezi ara kavela yeri olarak seçilmiştir.

Örnek parçaların delgi planları Şekil 18'deki gibi hazırlanmış ve her biri ayrı ayrı Tablo 7'de gösterilmiştir. Burada; örnek parça uzunluğunun kabin tipi mobilya derinliğine karşılık geldiği ve bunun da delgi planlarının değerlendirilmesinde önemli bir etken olduğu belirtilebilir.



Şekil 18. Deney örnek parçaları delgi planları ve ölçüleri (mm)



Tablo 7. Delgi planlarına ait stop miktarları ve matkap numaraları

Örnek uzunluğu (mm)	Stoplar (mm)		Kavelalar arası uzaklık (mm)	Matkap numaraları				
	Ön	Arka		a	b	c	d	e
x	y	t	z					
320	50	46	160	1	2	-	7	8
	60	36	160	1	2	-	7	8
	70	58	128	1	2	-	6	7
	80	80	96	1	2	-	5	6
390	50	20	128,128	1	2	6	10	11
	60	42	128,96	1	2	6	9	10
	70	64	192	1	2	-	8	9
	80	54	192	1	2	-	8	9
460	50	26	160,160	1	2	7	12	13
	60	48	160,182	1	2	7	11	12
	70	70	128, 128	1	2	6	10	11
	80	60	128, 128	1	2	6	10	11
530	50	32	192, 192	1	2	8	14	15
	60	54	192, 160	1	2	8	13	14
	70	44	192, 160	1	2	8	13	14
	80	66	160, 160	1	2	7	12	13
600	50	38	160, 160, 128	1	2	7, 12	16	17
	60	60	160, 128, 128	1	2	7, 11	15	16
	70	50	160, 128, 128	1	2	7, 11	15	16
	80	72	192, 192	1	2	8	14	15

#### 2.4. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Deney örnekleri, 2 levha türü x 5 örnek uzunluğu x 4 stop miktarı x 11 örnek sayısı = 440 adet hazırlanmıştır. Örneklerin hazırlanmasında standart ölçülerdeki yapay kaplamalı yongalevha ve liflevhalardan kesim planlarına göre işleme tabi tutularak boyutlandırılmıştır. Bu amaçla 18 mm kalınlığındaki levhalardan genişlikleri 185 ve 140 mm, uzunlukları ise 320, 390, 460, 530 ve 600 mm olarak 5 farklı ölçüde deney örneği elde edilmiştir. Bu örneklerin her biri örnek ve grup numarasını içerecek şekilde numaralandırılmıştır. Örneklerin kesim işlemleri daire testere makinasında

gerçekleştirilmiştir. Levhalardan net ölçülerde elde edilen örnekleri 50, 60, 70 ve 80 mm olmak üzere 4 farklı stop miktarına göre hazırlanan delgi planlarına uygun olarak tek tek işleme tabi tutulmuştur. İşlemler üç boyutlu yarı otomatik delgi makinasında (Triomac) gerçekleştirilmiştir.

Delgi işlemleri tamamlanan örneklerinin kavelalı olanları (yatay parçalar) kavela boşluklarına yaklaşık  $150-200 \text{ gr/m}^2$  olacak şekilde PVAc tutkalı uygulanarak kavelalar yerleştirilmiştir. Kavelaların boşluklara yerleştirilmesinde kalıplardan yararlanılarak, parça dışında veya içinde kalan ölçülerin yanında tutkal boşluklarının da eşit olmasına özen gösterilmiştir. Kavelalı parçalar ortam koşullarında 1 gün (en az 8 saat) bekletilerek kurumaları sağlanmıştır.

Örneklere metal bağlantıların yerleştirilmesinde önce dikey parçaların boşluklarına plastik dübeller lastik çekiç ile çakılarak yerleştirilmiş ve bu dübellere de metal bağlantı civataları vidalanmıştır. Belirtilen işlemleri tamamlanan yatay ve dikey parçalar, kavelalar ve civatalar yardımıyla tek tek birleştirilerek eşleştirilmiştir. Bu eşleştirilen parçalardan yatay parçaya eksantrik çektirmeler yerleştirilerek sıkıştırılmış ve örnekler deneylere hazır duruma getirilmiştir.

Deney örnekleri ASTM 1037 [101] standardına uygun olarak laboratuvar koşullarında  $20 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$  sıcaklık ve  $\% 65 \pm 5$  bağıl nemde bekletilerek iklimlendirilerek rutubetlerinin yaklaşık eşit olması sağlanmıştır.

## 2.5. Deneylerin Yapılışı

Deneyler; 10 tonluk Universal test makinesinde (Mohr+Federhaff+Losenhausen HUPD10) ASTM-D 1037 [101] esaslarına uygun olarak yapılmıştır. Bu amaçla, makinanın 500 kp'luk kuvvet alanı seçilmiş ve kuvvet uygulaması 6 mm/dk'lık hızda gerçekleştirilmiştir. Deneylerde; örnekler dikey parçalarından makine üzerindeki kalıba yerleştirilerek sabitlenmiş (Şekil 19, 20) ve daha sonra yatay parçanın birleştirme kenarından 13 cm uzaklıktaki uç kısmına yük uygulanmıştır. Yükleme işlemine birleştirmenin gösterdiği direnç değerinde büyük bir düşüş olana kadar devam edilmiştir. Yükleme işleminin bittiği andaki kuvvet miktarı  $\pm 1 \text{ kg}$  duyarlılıkta ölçülmüş, ayrıca yüklemenin bittiği andaki sehim miktarı da (5) yatay parçanın hareketine göre komparatör yardımıyla ölçülmüştür. Bu sehim miktarından da her bir deney örneğine ait rotasyon açısı

( $\theta$ ) hesaplanmış ve örneklerin moment ve elastikiyet değerleri 5 ve 6 nolu eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır [38, 42].

$$M = P \times l \text{ (Nm)} \quad (5)$$

$$k = P \times l / \theta = M / \theta \text{ (Nm/rad)} \quad (6)$$

Burada;

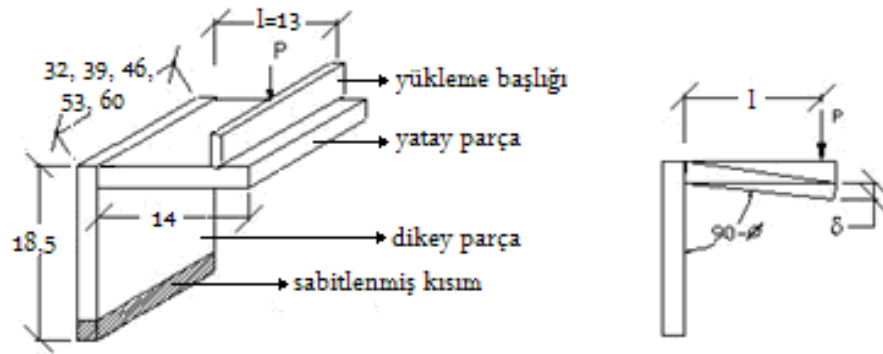
P = Maksimum kuvvet (N),

l = kuvvet kolu (m),

$\theta$  = açisal defleksiyon veya rotasyon (radyan),

M = moment (Nm),

k = Esneklik (Nm/rad).



Şekil 19. Deneysel yapı ve kuvvet uygulaması



Şekil 20. Deneysel yapının fotoğrafı

## 2.6. İstatistiksel Yöntemler

Elde edilen moment ve elastikiyet değerlerine ait örnek sayısı (n), aritmetik ortalaması (X), standart sapması (S) ile varyasyon katsayısı (%V) hesaplanmış ve bunlar düzenlenen tablolarda verilerek grafikleri çizilmiştir.

Varyans analizlerinin temel varsayımlarından biri değişkenlerin normal dağılım göstermesidir. Çalışmada moment, elastikiyet, levha çeşidi, örnek uzunluğu, stop gibi değişken değerleri için SPSS paket programı yardımıyla Tek Örnek Kolmogorov-Smirnov testi ile normal dağılım gösterip göstermedikleri % 95 güvenle test edilmiş ve tümünün normal dağılım gösterdiği sonucu elde edilmiştir.

Değişkenler arasında doğrusal ilişki olup olmadığını belirlemek için Pearson korelasyon analizi uygulanmıştır. Pearson korelasyon analizi, iki normal dağılımlı değişkenin doğrusal ilişkisinin ölçümünde kullanılmaktadır. Seçilen önem düzeyine göre anlamlı bulunan korelasyon katsayıları; 0,00–0,25 arasında ise ilişki çok zayıf, 0,26–0,49 arasında ise ilişki zayıf, 0,50–0,69 arasında ise ilişki orta, 0,70–0,89 arasında ise ilişki yüksek ve 0,90-1,00 arasında ise ilişki çok yüksek olarak belirtilmektedir.

Ayrıca birleştirme yönteminde örnek uzunlukları ile stop değerlerine ait moment ve elastikiyet değerleri arasında ilişki olup olmadığının belirlenmesi için varyans analizi kullanılmıştır. Gruplar arasında farklılığın olduğu durumlarda Duncan testi uygulanmış ve homojenlik grupları elde edilmiştir.

Hesaplanan değerlerin % 5'den büyük olması durumunda “ns”, % 5-1 arasında olması durumunda “\*”, % 1-0,1 arasında olması durumunda “\*\*” ve % 0,1'den küçük olması durumunda ise “\*\*\*” işaretleri ile açıklanmıştır.

## 2.7. Yapay Sinir Ağları (YSA) Yöntemi

Bu yöntem ile çalışmada levha türü, uzunluğu ve stop değerlerinin moment kapasitesine etkisini incelemek amaçlanmıştır. Deneylemlerden elde edilen verilerin 13'ü YSA'da öğrenme, diğer 7'si ise test amacıyla kullanılmıştır. Problemin YSA modellemesinde çeşitli ağ yapıları ve öğrenme oranları deneyerek en duyarlı sonuçların elde edilmesine çalışılmıştır.

Tahmini değerlerin gerçek değerlerle karşılaştırılması ile 7 numaralı eşitlikle hesaplanan ortalama kareler hata (MSE) ve 8 numaralı eşitlikle hesaplanan ortalama mutlak yüzde hatası (MAPE) oranlarına dayanılarak model seçilmiştir. Seçilen model kullanılarak değerler ve sapma miktarları hesaplanmıştır.

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (t_i - td_i)^2 \quad (7)$$

$$MAPE = \frac{1}{N} \left( \sum_{i=1}^N \left[ \left| \frac{t_i - td_i}{t_i} \right| \right] \right) \times 100 \quad (8)$$

Burada;

$t_i$  = modelin tahmin değeri

$td_i$  = gerçek değeri

$N$  = hatalı terim sayısı

Modellemede kullanılan YSA'nın, giriş, gizli ve çıkış olmak üzere 3 katmanı bulunmaktadır. Giriş katmanında 2, çıkış katmanında 1'er sinir hücresi bulunmaktadır. Giriş katmanındaki hücreler; levhanın uzunluğu ve stop miktarlarıdır. Çıkış katmanındaki hücreler; moment direnci veya elastikiyettir. YSA için, gizli katmanında farklı sayıda hücre değerleri alınarak, farklı tasarımda YSA'lar elde edilmiş ve bunlardan uygun olanı bulunmaya çalışılmıştır.

Modellerde ağ tipi olarak ileri beslemeli geri yayımlı çok-katmanlı perseptron, öğrenme algoritması için ise, momentumlu gradyan azaltım geri yayılım algoritması (traingdm) öğrenme kuralı seçilmiştir. YSA ile ilgili eğitime ve deneme işlemleri MATLAB paket programı ile gerçekleştirilmiştir. Enerji fonksiyonu olarak, MSE

fonksiyonu (Eşitlik 7) kullanılmıştır. Bu çalışmada, transfer fonksiyonu olarak “tanjant sigmoid” fonksiyonu, eğitim fonksiyonu olarak “esnek geri yayılım fonksiyonu” (trainrp) seçilmiştir.

Modellerde, tanjant sigmoid fonksiyonu tercih edildiği için, eğitim ve deneme veri kümeleri  $[-1,1]$  aralığına 9 numaralı eşitlik yardımıyla normalize edilmiştir. Daha sonra veriler ters normalize işlemine tabi tutularak orijinal değerlerine çevrilmiştir.

$$X_{\text{norm}} = 2 \times \frac{X - X_{\text{min}}}{X_{\text{max}} - X_{\text{min}}} - 1 \quad (9)$$

Burada,

$X_{\text{norm}}$  = normalize edilmiş değeri,

$X$  = ilk değeri,

$X_{\text{max}}$  = maksimum değeri,

$X_{\text{min}}$  = minimum değeri

Eğitimde karesel hata  $e \leq 0,00001$  şartı sağlanmaya çalışılmıştır. YKYL ve YKLL’da moment değerleri için [3 6 1], YKYL’da elastikiyet değerleri için [2 7 1] ve YKLL’da elastikiyet değerleri için [2 9 1] gizli hücreli YSA’lar da bu hata değerinin altına inilebilmiştir. Her bir veri setinin hesaplanmasından sonra bütün ağırlıklar düzeltilerek yenilenmiştir.  $x$  gizli hücresi olan ağ,  $y$  tekrardan sonra istenilen hata değerine ulaşmıştır.

### 3. BULGULAR VE İRDELEME

#### 3.1. Levhaların Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Deney örneklerinin elde edildiği levhaların bazı fiziksel ve mekanik özelliklerine ait değerlerinin istatistik hesaplamaları yapılarak sonuçlar Tablo 8’de belirtilmiştir.

Tablo 8. Levhalarının bazı fiziksel ve mekanik özellikleri

Özellikler	Örnek Sayısı	YKYL		YKLL	
		Ortalama	S. sapma	Ortalama	S. sapma
Yoğunluk ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	30	0,65	0,01	0,75	0,01
Rutubet (%)	30	8,34	0,28	7,56	0,18
Eğilme direnci ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	30	15,55	1,5	27,67	2,22
Elastiklik modülü ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	30	2826	274	3522	263

Mobilya üretiminde kullanılan yongalevha ve orta yoğunlukta liflevhaların önemli bazı özellikleri aşağıda Tablo 9’da verilmiştir [8].

Tablo 9. Levhaların bazı fiziksel ve mekanik özellikleri

Özellikler	Yongalevha	Orta yoğunlukta liflevha
Yoğunluk ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	0,55 – 0,66	0,68 – 0,75
Rutubet (%)	6 - 8	6 – 8
Eğilme direnci ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	15,8 - 25	20 – 40
Elastiklik modülü ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	3000	2000 - 2200

Tablo 9’deki sonuçlar, çalışmadaki levha değerleri ile karşılaştırıldığında; yapay kaplamalı yongalevhada yaklaşık eşit, liflevhada ise yüksek çıkmıştır. Bunlara göre; çalışmada ki moment ve elastikiyet değerlerinin YKYL normal, YKLL bir miktar daha yüksek çıktığı ve yongalevha direnç değerlerinin bundan etkilenmediği, liflevhanın ise direncini bir miktar arttırdığı ortaya konulabilir.

### 3.2. Moment Değerleri

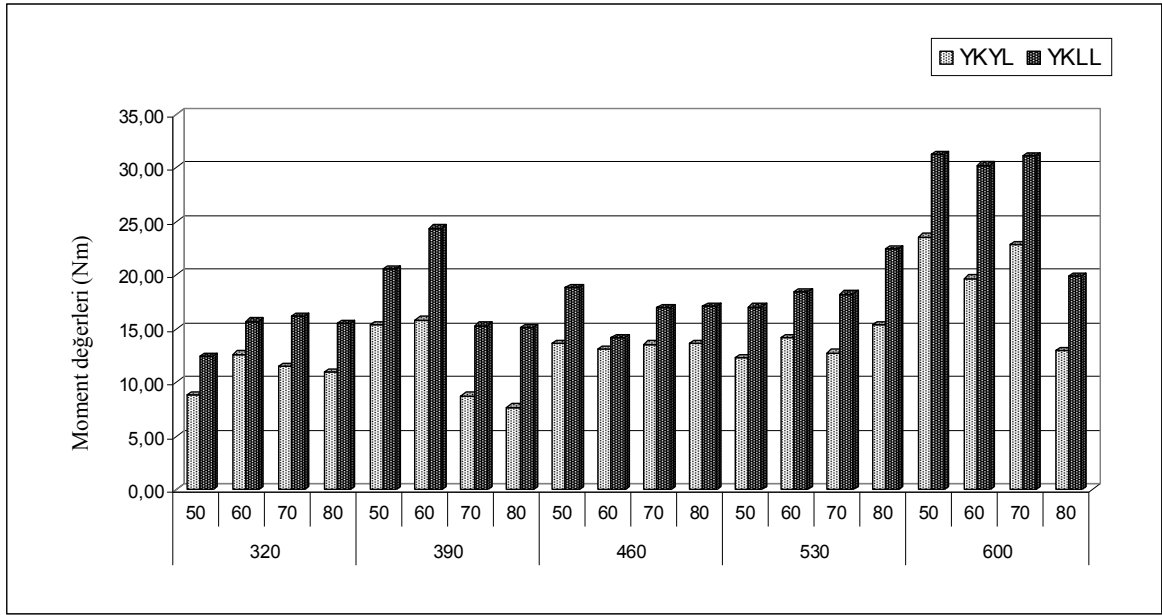
Deneylemler sonucunda elde edilen değerlerin istatistik değerlendirmesi yapılarak belirlenen moment değerleri Tablo 10'da verilmiş ve bunlara ait grafiklerde Şekil 21'de gösterilmiştir.

Tablo 10. Moment değerleri (Nm)

Örnek uz. (mm)	Stop (mm)	Arka boşluk (mm)	Kavelalar arası uzaklık (mm)	Örnek sayısı	Yapay kaplamalı yongalevha (YKYL)					Yapay kaplamalı liflevha (YKLL)				
					X	S	Min.	Max.	V	X	S	Min.	Max.	V
320	50	46	160	10	8,85	1,38	8,11	9,59	1,91	12,43	0,96	11,44	13,42	0,93
	60	36	160	10	12,63	0,81	11,89	13,37	0,66	15,72	1,71	14,73	16,72	2,91
	70	58	128	10	11,46	1,12	10,72	12,20	1,25	16,13	1,59	15,14	17,11	2,53
	80	80	96	10	10,99	1,40	10,25	11,73	1,96	15,49	2,12	14,50	16,48	4,48
390	50	20	128,128	10	15,35	0,82	14,61	16,09	0,68	20,55	1,59	19,57	21,54	2,53
	60	42	128,96	10	15,83	1,40	15,09	16,58	1,96	24,38	1,40	23,39	25,36	1,97
	70	64	192	10	8,76	1,01	8,02	9,50	1,03	15,30	1,67	14,31	16,29	2,80
	80	54	192	10	7,67	0,90	6,93	8,42	0,82	15,12	1,50	14,13	16,11	2,24
460	50	26	160,160	10	13,62	1,39	12,88	14,36	1,92	18,80	1,42	17,82	19,79	2,01
	60	48	160,128	10	13,09	1,32	12,35	13,83	1,73	14,18	1,44	13,19	15,17	2,08
	70	70	128, 128	10	13,54	1,13	12,80	14,28	1,27	16,94	1,13	15,96	17,93	1,27
	80	60	128, 128	10	13,60	1,08	12,86	14,34	1,17	17,14	1,47	16,16	18,13	2,16
530	50	32	192, 192	10	12,33	1,10	11,59	13,07	1,20	17,03	1,76	16,05	18,02	3,09
	60	54	192, 160	10	14,18	1,39	13,44	14,92	1,93	18,45	1,98	17,46	19,44	3,91
	70	44	192, 160	10	12,75	1,28	12,01	13,49	1,64	18,23	1,71	17,24	19,22	2,91
	80	66	160, 160	10	15,35	0,99	14,61	16,09	0,99	22,45	1,89	21,46	23,44	3,56
600	50	38	160, 160, 128	10	23,60	1,00	22,86	24,34	1,00	31,23	1,62	30,25	32,22	2,62
	60	60	160, 128, 128	10	19,70	1,72	18,96	20,44	2,96	30,23	1,60	29,24	31,22	2,56
	70	50	160, 128, 128	10	22,85	0,52	22,09	23,58	0,27	31,09	1,38	30,11	32,08	1,90
	80	72	192, 192	10	12,98	1,36	12,25	13,73	1,84	19,93	1,27	18,94	20,92	1,62

X = Ortalama (Nm), S = Standart sapma (Nm), V = Varyans (%)





Şekil 21. Örnek uzunluklarına göre stoplara ait moment değerleri

Tablo 10'daki sonuçlara göre; YKYL malzemelerde, en büyük moment değeri 600-50 (örnek uzunluğu - stop (mm)) tipi birleştirmelerde (23.6 Nm), en küçük moment değeri ise 390x80 tipi birleştirmelerde (7.67 Nm) elde edilmiştir. YKLL malzemelerde ise; en büyük moment değeri 600x50 tipi birleştirmelerde (31.23 Nm), en küçük moment değeri ise 320x50 tipi birleştirmelerde (12.43 Nm) elde edilmiştir.

Örnek uzunluklarına ait en büyük moment değerleri (Tablo 10 ve Şekil 21); YKYL da 320 mm ve 390 mm örnek uzunlukları için stop 60 mm (12.63 ve 15.83 Nm), 460 mm ve 600 mm örnek uzunlukları için stop 50 mm (13.62 ve 23.60 Nm) ve 530 mm örnek uzunluğu için stop 80 mm (15.35 Nm), YKLL da ise 320 mm örnek uzunluğu için stop 70 mm (16.13 Nm), 390 mm örnek uzunluğu için de stop 60 mm (24.38 Nm), 460 mm ve 600 mm örnek uzunlukları için de stop 50 mm (18.80 ve 31.23 Nm) ve 530 mm örnek uzunluğu için de stop 80 mm (22.45 Nm) olarak belirlenmiştir. Örnek uzunluklarına ait en küçük moment değerleri ise; hem YKYL hem de YKLL da 320 mm örnek uzunluğu için stop 50 mm (8.85 Nm ve 12.43 Nm), 390 mm örnek uzunluğu için stop 80 mm (7.67 Nm ve 15.12 Nm), 460 mm örnek uzunluğu için stop 60 mm (13.09 Nm ve 14.18 Nm), 530 mm örnek uzunluğu için stop 50 mm (12.33 Nm ve 17.03 Nm) ve 600 mm örnek uzunluğu için ise stop 80 mm (12.98 Nm ve 19.93 Nm) olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre; en büyük moment değerlerinde kavela merkez uzunluklarının fazla ve arka boşluk uzunluklarının az olması etkili olabilir. Bunun yanında; kavela merkez uzunlukları 160

mm'den fazla ve arka boşluk uzunluklarının çok az (20 mm) olmasının da düşük moment değerleri gösterebileceği ortaya konulabilir. Sonuç olarak; kavelalar arası uzaklıkların 96 mm'den 160 mm'ye çıkıldıkça momentin arttığı, 160 mm'den 192 mm'ye çıkıldığında ise momentin genellikle en düşük olduğu söylenebilir. Ayrıca örnek uzunlukları artışının genellikle momenti artırdığı da söylenebilir.

Stop değerlerine göre en büyük moment değerleri (Tablo 10); hem YKYL hem de YKLL da 50 mm, 60 mm ve 70 mm stoplar için 600 mm örnek uzunluğu (23.60 Nm, 19.70 Nm, 22.85 Nm (YKYL) ve 31.23 Nm, 30.23 Nm, 31.09 Nm (YKLL)) ve 80 mm stop için 530 mm örnek uzunluğu (15.35 Nm ve 22.45 Nm) olarak belirlenmiştir. Stop değerlerine göre en küçük moment değerleri ise; YKYL da 50 mm ve 60 mm stoplar için 320 mm örnek uzunluğu (8.85 Nm ve 12.63 Nm), 70 ve 80 mm stoplar için 390 mm örnek uzunluğu (8.76 Nm ve 7.67 Nm), YKLL da ise 50 mm stop için 320 mm örnek uzunluğu (12.43 Nm), 60 mm stop için 460 mm örnek uzunluğu (14.18 Nm), 70 mm ve 80 mm stoplar için 390 mm örnek uzunluğu (15.30 Nm ve 15.12 Nm) olarak belirlenmiştir. Burada da; genellikle küçük stoplar da yüksek moment değerleri elde edildiği, stoplar arttıkça moment değerlerinde az miktarda düşüş olduğu söylenebilir. Kavela sayısı arttıkça momentin arttığı ortaya konulabilir.

Deneyler sonucunda elde edilen moment değerlerinin, levha uzunlukları, stop değerleri ve bunların karşılıkları etkileşimleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi için yapılan varyans analizi sonuçları Tablo 11 ve 12'de verilmiştir.

Tablo 11. YKYL'da moment değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (df)	Kareler Ortalaması	F <sub>hesap</sub>	Önem Düzeyi
Örnek uzunluğu	1891,299	4	472,825	335,675	***
Stop	263,977	3	87,992	62,469	***
Örnek uzunluğu * stop	1121,693	12	93,474	66,361	***
Hata	253,544	180	1,409		
Toplam	3530,514	199			

Tablo 12. YKLL’da moment değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (df)	Kareler Ortalaması	F <sub>hesap</sub>	Önem Düzeyi
Örnek uzunluğu	4129,716	4	1032,429	412,600	***
Stop	180,638	3	60,213	24,063	***
Örnek uzunluğu * stop	1682,915	12	140,243	56,047	***
Hata	450,405	180	2,502		
Toplam	6443,674	199			

YKYL ve YKLL’da yapılan varyans analizi sonuçlarına göre; momentler üzerinde örnek uzunluğu ve stopun bireysel etkileri ile bunların karşılıklı etkileşimleri % 0,01 önem düzeyinde önemli bulunmuştur.

Örnek uzunlukları değerlerine ait homojenlik gruplarının belirlenmesi için yapılan Duncan testinin sonuçları Tablo 13 ve 14’de verilmiştir.

Tablo 13. YKYL’da örnek uzunluklarına göre moment değerleri homojenlik grupları dağılımı

Örnek Uzunlukları (mm)	Ortalama Moment (Nm)	Homojenlik Grupları
600	19,7783	A
530	13,6508	B
460	13,4623	B
390	11,9042	C
320	10,9832	D

Tablo 14. YKLL’da örnek uzunlarına göre moment değerleri homojenlik grupları dağılımı

Örnek Uzunlukları (mm)	Ortalama Moment (Nm)	Homojenlik Grupları
600	28,1223	A
530	19,0400	B
390	18,8363	B
460	16,7670	C
320	14,9408	D

Tablo 13 ve 14 sonuçlarına göre; hem YKYL hem de YKLL’da, 4 farklı homojenlik gruplarında olduğu görülmüştür. Bunlar; YKYL’da 600 mm örnek uzunluğunda yüksek, 530 mm ve 460 mm örnek uzunluklarında istatistiksel olarak farksız ve orta, 390 mm örnek uzunluğunda düşük ve 320 mm örnek uzunluğunda ise en düşük;

YKLL’da ise, 600 mm örnek uzunluğunda yüksek, 530 mm ve 390 mm örnek uzunluklarında istatistiksel olarak farksız ve orta, 460 mm örnek uzunluğunda düşük ve 320 mm örnek uzunluğunda ise en düşük çıkmıştır.

Stop değerlerine ait homojenlik gruplarının belirlenmesi için yapılan Duncan testinin sonuçları Tablo 15 ve 16’da verilmiştir.

Tablo 15. YKYL’da stoplara göre moment değerleri homojenlik grupları

Stop Değerleri (mm)	Ortalama Moment (Nm)	Homojenlik Grupları
60	15,0866	A
50	14,7474	A
70	13,8680	B
80	12,1210	C

Tablo 16. YKLL’da stoplara göre moment değerleri homojenlik grupları

Stop Değerleri (mm)	Ortalama Moment (Nm)	Homojenlik Grupları
60	20,5898	A
50	20,0100	A, B
70	19,5384	B
80	18,0268	C

Tablo 15 ve 16 sonuçlarına göre; hem YKYL hem de YKLL’da, 3 farklı homojenlik gruplarının oluştuğu görülmüştür. Bunlar; YKYL’da, 60 mm ve 50 mm stoplar da istatistiksel olarak farksız ve yüksek, 70 mm stop da orta ve 80 mm stop da ise düşük; YKLL da ise, 60 mm ve 50 mm stoplar da yüksek, 50 mm ve 70 mm stoplar da orta ve 80 mm stop da ise düşük şeklinde oluşmuştur.

Örnek uzunlukları ile stop değerlerine ait ikili etkileşimlerinin homojenlik gruplarının belirlenmesi için yapılan Duncan testinin sonuçları Tablo 17 ve 18’de tüm gruplara göre, Tablo 19 ve 20’de ise örnek uzunluklarına göre verilmiştir.

Tablo 17. YKYL moment değerlerinde örnek uzunlukları ile stop değerlerine ait ikili etkileşimlerinin homojenlik grupları

Örnek uz - Stop (mm)	Ortalama Moment (Nm)	Homojenlik Grupları
600-50	23,5960	A
600-70	22,8340	A
600-60	19,6970	B
390-60	15,8340	C
530-80	15,3500	C
390-50	15,3490	C
530-60	14,1770	D
460-50	13,6160	D, E
460-80	13,6030	D, E
460-70	13,5380	D, E
460-60	13,0920	D, E, F
600-80	12,9860	E, F
530-70	12,7480	E, F
320-60	12,6330	E, F
530-50	12,3280	F, G
320-70	11,4610	G, H
320-80	10,9910	H
320-50	8,8480	I
390-70	8,7590	I
390-80	7,6750	J

Tablo 17 sonuçlarına göre; YKYL’da 10 farklı homojenlik gruplarının oluştuğu görülmüştür. Bunlar; 600x50 ve 600x70 mm’de istatistiksel olarak farksız ve en yüksek olarak birinci, 600x60 mm’de ikinci, 390x60, 530x80 ve 390x50 mm’de istatistiksel olarak farksız ve üçüncü, 530x60, 460x50, 460x80, 460x70 ve 460x60 mm’de istatistiksel olarak farksız ve dördüncü, 460x50, 460x80, 460x70, 460x60, 600x80, 530x70 ve 320x60 mm’de istatistiksel olarak farksız ve beşinci, 460x60, 600x80, 530x70, 320x60 ve 530x50 mm’de istatistiksel olarak farksız ve altıncı, 530x50 ve 320x70 mm’de istatistiksel olarak farksız ve yedinci, 320x70 ve 320x80 mm’de istatistiksel olarak farksız ve sekizinci, 320x50 ve 390x70 mm’de dokuzuncu ve 390x80 mm’de en düşük olarak onuncu homojenlik grubunu oluşturmuşlardır.

Tablo 18. YKLL moment değerlerinde örnek uzunlukları ile stop değerlerine ait ikili etkileşimlerinin homojenlik grupları

Örnek uz - Stop (mm)	Ortalama Moment (Nm)	Homojenlik Grupları
600-50	31,2350	A
600-70	31,0950	A
600-60	30,2280	A
390-60	24,3760	B
530-80	22,4510	C
390-50	20,5520	D
600-80	19,9310	D, E
460-50	18,8040	E, F
530-60	18,4480	F, G
530-70	18,2300	F, G
460-80	17,1430	G, H
530-50	17,0310	G, H, I
460-70	16,9430	G, H, I
320-70	16,1260	H, I, J
320-60	15,7190	H, I, J, K
320-80	15,4900	I, J, K
390-70	15,2980	J, K
390-80	15,1190	J, K
460-60	14,1780	K
320-50	12,4280	L

Tablo 18 sonuçlarına göre; YKLL’da 12 farklı homojenlik gruplarının oluştuğu görülmüştür. Bunlar; 600x50, 600x70 ve 600x60 mm’de istatistiksel olarak farksız ve en yüksek olarak birinci, 390x60 mm’de ikinci, 530x80 mm’de üçüncü, 390x50 ve 600x80 mm’de istatistiksel olarak farksız ve dördüncü, 600x80 ve 460x50 mm’de istatistiksel olarak farksız ve beşinci, 460x50, 530x60, ve 530x70 mm’de istatistiksel olarak farksız ve altıncı, 530x60, 530x70, 460x80, 530x50 ve 460x70 mm’de istatistiksel olarak farksız ve yedinci, 460x80, 530x50, 460x70, 320x70 ve 320x60 mm’de istatistiksel olarak farksız ve sekizinci, 530x50, 460x70, 320x70, 320x60 ve 320x80 mm’de istatistiksel olarak farksız ve dokuzuncu, 320x70, 320x60, 320x80, 390x70 ve 390x80 mm’de istatistiksel olarak farksız ve onuncu, 320x60, 320x80, 390x70, 390x80 ve 460x60 mm’de istatistiksel olarak farksız ve on birinci ve 320x50 mm’de en düşük olarak on ikinci homojenlik grubunu oluşturmuşlardır.

Tablo 19. YKYL moment değerlerinde örnek uzunlukları ile stop değerlerine ait ikili etkileşimlerinin örnek uzunluklarına göre homojenlik grupları

Örnek uzunluğu (mm)	Stop Değerleri (mm)	Ortalama Moment (Nm)	Homojenlik Grupları
320	60	12,633	A
	70	11,461	B
	80	10,991	B
	50	8,848	C
390	60	15,834	A
	50	15,349	A
	70	8,759	B
	80	7,675	C
460	50	13,616	A
	80	13,603	A
	70	13,538	A
	60	13,092	A
530	80	15,350	A
	60	14,177	B
	70	12,748	C
	50	12,328	C
600	50	23,596	A
	70	22,834	A
	60	19,697	B
	80	12,986	C

Tablo 19 sonuçlarına göre; YKYL’da 320, 390, 530 ve 600 mm örnek uzunluklarında 3 farklı homojenlik gruplarının, 460 mm örnek uzunluğunda ise tek homojenlik grubunun olduğu görülmüştür. Bunlar; 320 mm örnek uzunluğunda 60 mm stop için yüksek, 70 ve 80 mm stoplar için istatistiksel olarak farksız ve orta, 50 mm stop için ise düşük, 390 mm örnek uzunluğunda 60 ve 50 mm stoplar için istatistiksel olarak farksız ve yüksek, 70 mm stop için orta, 80 mm stop için ise düşük, 460 mm örnek uzunluğunda tüm stop değerleri istatistiksel olarak farksız, 530 mm örnek uzunluğunda 80 mm stop için yüksek, 60 mm stop için orta, 70 ve 50 mm stoplar için ise istatistiksel olarak farksız ve düşük, 600 mm örnek uzunluğunda 50 ve 70 mm stoplar için istatistiksel olarak farksız ve yüksek, 60 mm stop için orta, 80 mm stop için ise düşük şeklinde oluşmuştur.

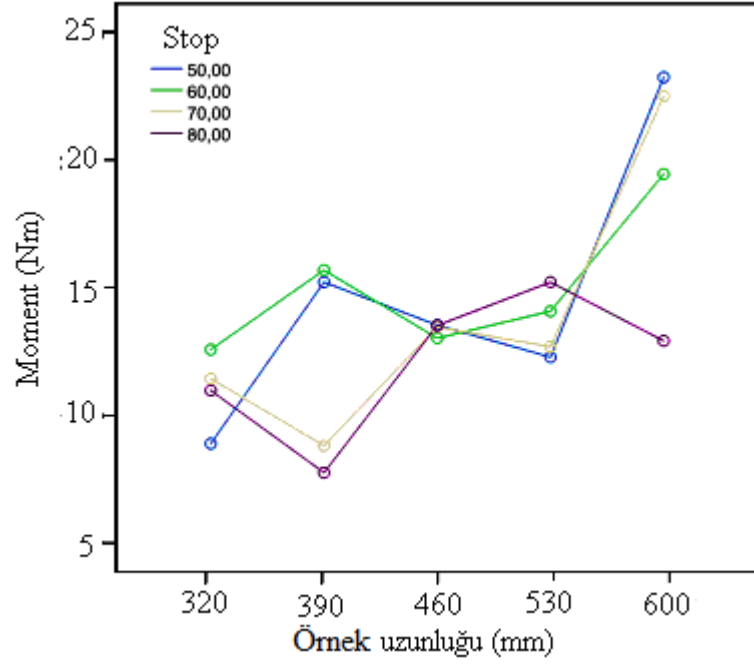
Tablo 20. YKLL moment değerlerinde örnek uzunlukları ile stop değerlerine ait ikili etkileşimlerinin örnek uzunluklarına göre homojenlik grupları

Örnek uzunluğu (mm)	Stop Değerleri (mm)	Ortalama Moment (Nm)	Homojenlik Grupları
320	70	16,126	A
	60	15,719	A
	80	15,490	A
	50	12,428	B
390	60	24,376	A
	50	20,552	B
	70	15,298	C
	80	15,119	C
460	50	18,804	A
	80	17,143	B
	70	16,943	B
	60	14,178	C
530	80	22,451	A
	60	18,448	B
	70	18,230	B
	50	17,031	B
600	50	31,235	A
	70	31,095	A
	60	30,228	A
	80	19,931	B

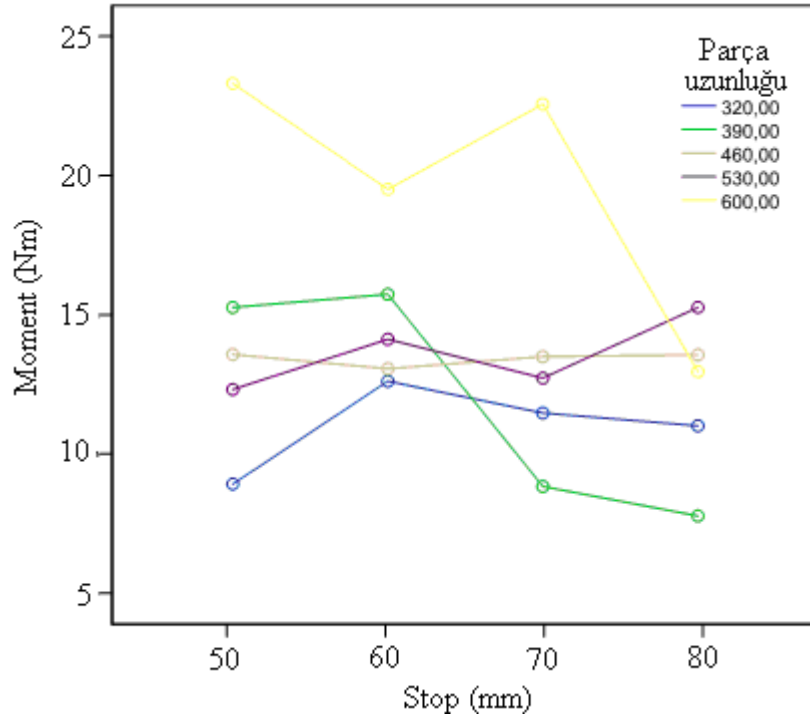
Tablo 20 sonuçlarına göre; YKLL’da 320, 530 ve 600 mm örnek uzunluklarında 2, 390 ve 460 mm örnek uzunluklarında ise 3 farklı homojenlik gruplarının olduğu görülmüştür. Bunlar; 320 mm örnek uzunluğunda 70, 60 ve 80 mm stoplar için istatistiksel olarak farksız ve yüksek, 50 mm stop için ise düşük, 390 mm örnek uzunluğunda 60 mm stop için yüksek, 50 mm stop için orta, 70 ve 80 mm stoplar için ise istatistiksel olarak farksız ve düşük, 460 mm örnek uzunluğunda 50 mm stop için yüksek, 80 ve 70 mm stoplar için istatistiksel olarak farksız ve orta, 60 mm stop için ise düşük, 530 mm örnek uzunluğunda 80 mm stop için yüksek, 60, 70 ve 50 mm stop için ise istatistiksel olarak farksız ve düşük, 600 mm örnek uzunluğunda 50, 70 ve 60 mm stoplar için istatistiksel olarak farksız ve yüksek, 80 mm stop için ise düşük şeklinde oluşmuştur.

Örnek uzunlukları ve stop değerlerine ait grafikler Şekil 22-25’de verilmiştir.

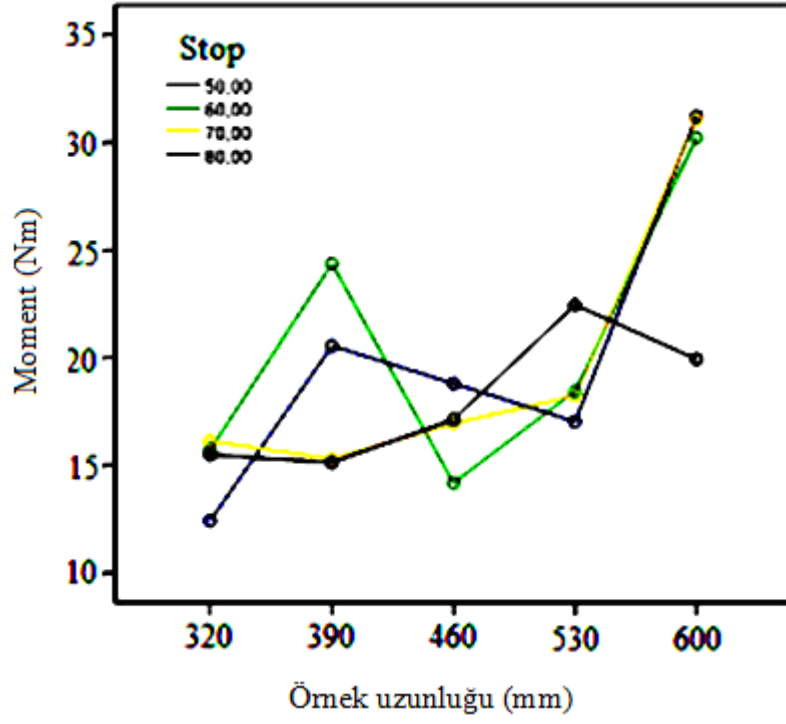




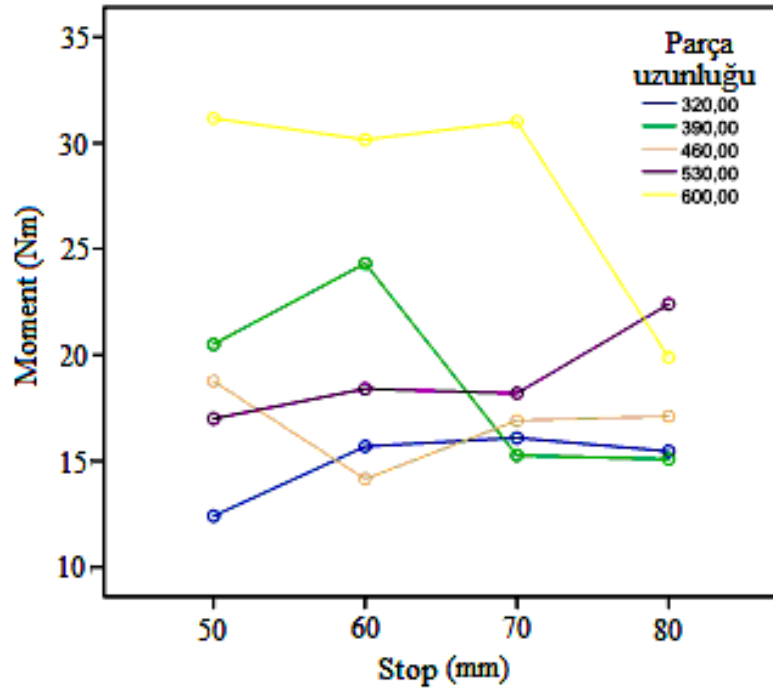
Şekil 22. YKYL'da moment değerleri ile örnek uzunlukları arasındaki ilişki



Şekil 23. YKYL'da moment değerleri ile stoplar arasındaki ilişki



Şekil 24. YKLL'da moment değerleri ile örnek uzunlukları arasındaki ilişki



Şekil 25. YKLL'da moment değerleri ile stoplar arasındaki ilişki

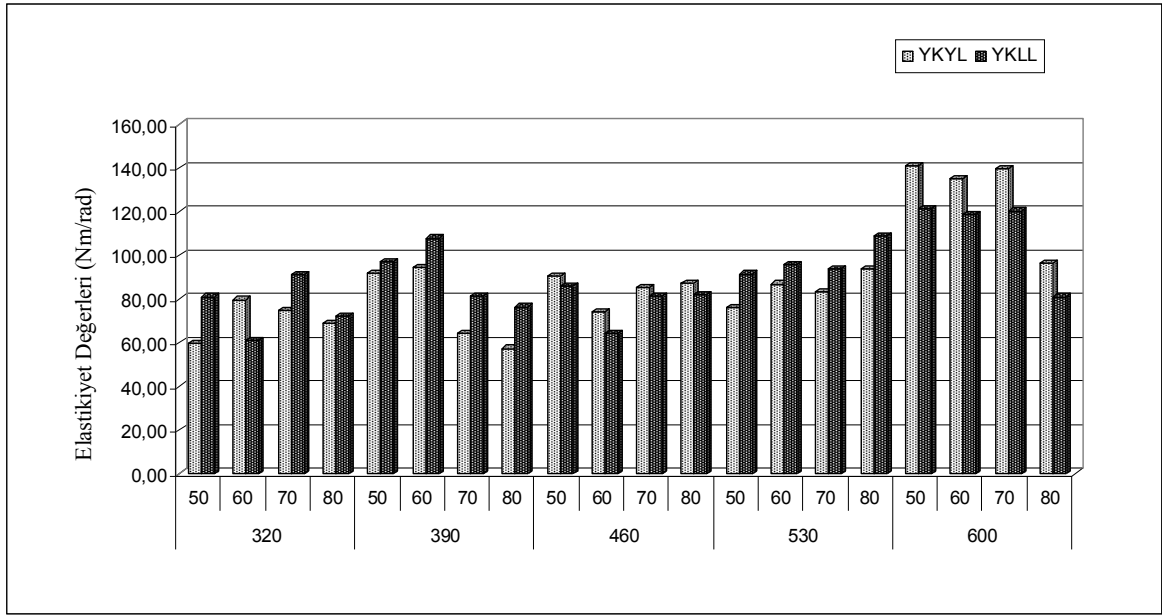
### 3.3. Elastikiyet Değerleri

Deneyle sonuçunda elde edilen değerlerin istatistik değerlendirmesi yapılarak belirlenen elastikiyet değerleri Tablo 21’de verilmiş ve bunlara ait grafiklerde Şekil 26’da gösterilmiştir.

Tablo 21. Elastikiyet değerleri (Nm/rad)

Örnek Uz. (mm)	Stop (mm)	Arka Boşluk (mm)	Kavelalar arası uzaklık (mm)	Örnek Sayısı	Yapay Kaplamalı Yongalevha (YKYL)					Yapay Kaplamalı Liflevha (YKLL)				
					X	S	Min.	Max.	V	X	S	Min.	Max.	V
320	50	46	160	10	59,80	1,62	58,83	60,77	2,64	80,99	2,18	79,96	82,01	4,74
	60	36	160	10	79,72	1,59	78,75	80,69	2,51	61,10	1,62	60,08	62,12	2,61
	70	58	128	10	74,85	1,88	73,88	75,82	3,54	91,20	1,85	90,18	92,22	3,44
	80	80	96	10	68,78	1,52	67,81	69,75	2,32	71,95	1,20	70,92	72,97	1,45
390	50	20	128,128	10	91,85	1,72	90,88	92,82	2,97	97,03	1,19	96,20	98,24	1,63
	60	42	128,96	10	94,25	2,14	93,27	95,22	4,57	107,76	1,87	106,74	108,79	3,48
	70	64	192	10	64,41	1,54	63,43	65,38	2,36	81,15	1,71	80,13	82,17	2,93
	80	54	192	10	57,45	1,42	56,48	58,42	2,03	76,45	1,80	75,42	77,47	3,23
460	50	26	160,160	10	90,55	1,70	89,58	91,52	2,88	85,82	1,10	84,80	86,85	1,21
	60	48	160,182	10	73,95	1,53	72,98	74,92	2,33	64,22	1,82	63,19	65,24	3,32
	70	70	128, 128	10	85,35	1,16	84,38	86,32	1,35	81,47	1,39	80,45	82,49	1,94
	80	60	128, 128	10	87,32	2,00	86,35	88,29	4,00	82,06	1,52	81,04	83,08	2,30
530	50	32	192, 192	10	76,21	1,15	75,24	77,19	1,33	91,52	1,83	90,50	92,54	3,36
	60	54	192, 160	10	86,96	1,27	85,99	87,93	1,60	95,83	1,40	94,81	96,85	1,95
	70	44	192, 160	10	83,20	1,22	82,22	84,17	1,48	93,76	1,44	92,74	94,78	2,07
	80	66	160, 160	10	93,55	1,02	92,58	94,52	1,03	108,93	1,56	107,90	109,95	2,45
600	50	38	160, 160, 128	10	140,87	1,70	139,90	141,84	2,88	121,19	1,89	120,16	122,21	3,56
	60	60	160, 128, 128	10	135,13	1,73	134,16	136,10	3,00	118,52	1,74	117,49	119,54	3,02
	70	50	160, 128, 128	10	139,66	1,23	138,69	140,64	1,52	120,19	1,02	119,17	121,21	1,04
	80	72	192, 192	10	96,55	1,44	95,58	97,52	2,08	81,01	1,98	79,99	82,03	3,91

X = Ortalama (Nm), S = Standart sapma (Nm), V = Varyans (%)



Şekil 26. Örnek uzunluklarına göre stoplara ait elastikiyet değerleri

Tabloda 21'deki sonuçlara göre; YKYL malzemelerde, en büyük elastikiyet değeri 600x50 tipi birleştirmelerde (140.87 Nm/rad), en küçük elastikiyet değeri ise 390x80 tipi birleştirmelerde (57.45 Nm/rad) elde edilmiştir. YKLL malzemelerde ise en büyük elastikiyet değeri 600x60 tipi birleştirmelerde (121.19 Nm/rad), en küçük elastikiyet değeri ise 320x60 tipi birleştirmelerde (61.10 Nm) elde edilmiştir.

Örnek uzunluklarına ait en büyük elastikiyet değerleri (Tablo 21 ve Şekil 26); YKYL da 320 mm ve 390 mm örnek uzunlukları için stop 60 mm (79.72 Nm/rad ve 94.25 Nm/rad), 460 mm ve 600 mm örnek uzunlukları için stop 50 mm (90.55 Nm/rad ve 140.87 Nm/rad) ve 530 mm örnek uzunluğu için stop 80 mm (93.55 Nm/rad), YKLL da ise 320 mm örnek uzunluğu için stop 70 mm (91.20 Nm/rad), 390 mm örnek uzunluğu için stop 60 mm (107.76 Nm/rad), 460 mm ve 600 mm örnek uzunlukları için de stop 50 mm (85.82 Nm/rad ve 121.19 Nm/rad), 530 mm örnek uzunluğu için de stop 80 mm (108.93 Nm/rad) olarak belirlenmiştir. Örnek uzunluklarına ait en küçük elastikiyet değerleri; YKYL da 320 mm ve 530 mm örnek uzunlukları için stop 50 mm (59.80 Nm/rad ve 76.21 Nm/rad), 390 mm ve 600 mm örnek uzunlukları için stop 80 mm (57.45 Nm/rad ve 96.55 Nm/rad), 460 mm örnek uzunluğu için stop 60 mm (73.95 Nm/rad), YKLL da ise 320 mm ve 460 mm örnek uzunlukları için stop 60 mm (61.10 Nm/rad ve 64.22 Nm/rad), 390 mm ve 600 mm örnek uzunlukları için de stop 80 mm (76.45 Nm/rad ve 81.01 Nm/rad) ve 530 mm örnek uzunluğu için de stop 50 mm (91.52 Nm/rad) olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre; en

büyük elastikiyet değerlerinde kavela merkez uzunluklarının fazla ve arka boşluk uzunluklarının az olması etkili olabilir. Bunun yanında; kavela merkez uzunlukları 160 mm'den fazla ve arka boşluk uzunluklarının çok az (20 mm) olmasının da düşük elastikiyet değerleri gösterebileceği ortaya konulabilir. Sonuç olarak; kavelalar arası uzaklıkların 96 mm'den 160 mm'ye çıkıldıkça elastikiyetin arttığı, 160 mm'den 192 mm'ye çıkıldığında ise elastikiyetin genellikle en düşük olduğu söylenebilir. Ayrıca örnek uzunlukları artışının genellikle elastikiyeti artırdığı da söylenebilir.

Stop değerlerine göre en büyük elastikiyet değerleri (Tablo 21); YKYL'da 50 mm, 60 mm, 70 mm ve 80 mm stoplar için 600 mm örnek uzunluğu (140.87 Nm/rad, 135.13 Nm/rad, 139.66 Nm/rad ve 96.55 Nm/rad), YKLL'da ise 50 mm, 60 mm ve 70 mm stoplar için de 600 mm örnek uzunluğu (121.19 Nm/rad, 118.52 Nm/rad ve 120.19 Nm/rad) ve 80 mm stop için ise 530 mm örnek uzunluğu (108.93 Nm/rad) olarak belirlenmiştir. Stop değerlerine göre en küçük elastikiyet değerleri; YKYL'da 50 mm stop için 320 mm örnek uzunluğu (59.80 Nm/rad), 60 mm stop için 460 mm örnek uzunluğu (73.95 Nm/rad), 70 mm ve 80 mm stop için 390 mm örnek uzunluğu (64.41 Nm/rad ve 57.45 Nm/rad), YKLL da ise 50 mm, 60 mm ve 80 mm stop için 320 mm örnek uzunluğu (80.99 Nm/rad, 61.10 Nm/rad ve 71.95 Nm/rad) ve 70 mm stop için 390 mm örnek uzunluğu (81.15 Nm/rad) olarak belirlenmiştir. Burada da; genellikle küçük stoplar da yüksek elastikiyet değerleri elde edildiği, stoplar arttıkça elastikiyet değerlerinde az miktarda düşüş olduğu söylenebilir. Kavela sayısı arttıkça elastikiyetin arttığı ortaya konulabilir.

Deneyler sonucunda elde edilen elastikiyet değerlerinin, levha uzunlukları, stop değerleri ve bunların karşılıkları etkileşimleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi için varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 22 ve 23'de verilmiştir.

Tablo 22. YKYL'da elastikiyet değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (df)	Kareler Ortalaması	F <sub>hesap</sub>	Önem Düzeyi
Uzunluk	81582,489	4	20395,622	8427,736	***
Stop	5091,627	3	1697,209	701,309	***
Uzunluk * stop	24259,222	12	2021,602	835,352	***
Hata	435,611	180	2,420		
Toplam	111368,948	199			

Tablo 23. YKLL’da elastikiyet değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (df)	Kareler Ortalaması	F <sub>hesap</sub>	Önem Düzeyi
Uzunluk	31448,321	4	7862,080	2927,762	***
Stop	3751,350	3	1250,450	465,655	***
uzunluk * stop	23506,437	12	1958,870	729,464	***
Error	483,364	180	2,685		
Total	59189,471	199			

YKYL ve YKLL’da yapılan varyans analizi sonuçlarına göre; elastikiyet üzerinde örnek uzunluğu ve stopun bireysel etkileri ile bunların karşılıklı etkileşimleri % 0,01 önem düzeyinde önemli bulunmuştur.

Örnek uzunluklarına ve stop değerlerine ait homojenlik gruplarının belirlenmesi için yapılan Duncan testinin sonuçları Tablo 24 ve 25’de verilmiştir.

Tablo 24. YKYL’da örnek uzunluklarına göre elastikiyet değerleri homojenlik grupları dağılımı

Örnek Uzunlukları (mm)	Ortalama Elastikiyet (Nm/rad)	Homojenlik Grupları
600	128,0537	A
530	84,9785	B
460	84,2930	B
390	76,9860	C
320	70,7872	D

Tablo 25. YKLL’da örnek uzunlarına göre elastikiyet değerleri homojenlik grupları dağılımı

Örnek Uzunlukları (mm)	Ortalama Elastikiyet (Nm/rad)	Homojenlik Grupları
600	110,2260	A
530	97,5087	B
390	90,6455	C
460	78,3920	D
320	76,3080	E

Tablo 24 ve 25 sonuçlarına göre; YKYL’da, 4 farklı homojenlik gruplarında oluştuğu görülmüştür. Bunlar; 600 mm örnek uzunluğunda yüksek, 530 mm ve 460 mm örnek uzunluklarında istatistiksel olarak farksız ve orta, 390 mm örnek uzunluğunda düşük ve 320 mm örnek uzunluğunda ise en düşük; YKLL da ise, 5 homojenlik grubu 600 mm

örnek uzunluğunda en yüksek, 530 mm örnek uzunluğunda yüksek, 390 mm örnek uzunluğunda orta, 460 mm örnek uzunluğunda düşük ve 320 mm örnek uzunluğunda ise yine en düşük şeklinde çıkmıştır.

Stop değerlerine ait homojenlik gruplarının belirlenmesi için yapılan Duncan testinin sonuçları Tablo 26 ve 27’de verilmiştir.

Tablo 26. YKYL’da stoplara göre elastikiyet değerleri homojenlik grupları

Stop Değerleri (mm)	Ortalama Elastikiyet (Nm/rad)	Homojenlik Grupları
60	94,0008	A
50	91,8566	B
70	89,4932	C
80	80,7282	D

Tablo 27. YKLL’da stop değerlerine göre elastikiyet değerleri homojenlik grupları

Stop Değerleri (mm)	Ortalama Elastikiyet (Nm/rad)	Homojenlik Grupları
50	95,3464	A
70	93,5540	B
60	89,4854	C
80	84,0784	D

Tablo 26 ve 27 sonuçlarına göre; hem YKYL hem de YKLL’da 4 farklı homojenlik gruplarında olduğu görülmüştür. Bunlar; YKYL’da 60 mm stop da en yüksek, 50 mm stop da yüksek, 70 mm stop da düşük ve 80 mm stop da ise en düşük, YKLL’da ise, 50 mm stop da en yüksek, 70 mm stop da yüksek, 60 mm stop da düşük ve 80 mm stop da ise yine en düşük şeklinde oluşmuştur.

Örnek uzunlukları ile stop değerlerine ait ikili etkileşimlerinin homojenlik gruplarının belirlenmesi için yapılan Duncan testinin sonuçları Tablo 28 ve 29’da verilmiştir.

Örnek uzunlukları ile stop değerlerine ait ikili etkileşimlerinin homojenlik gruplarının belirlenmesi için yapılan Duncan testinin sonuçları Tablo 28 ve 29’da tüm verilere göre, Tablo 30 ve 31’de ise örnek uzunluklarına göre ayrı ayrı verilmiştir.

Tablo 28. YKYL elastikiyet değerlerinde örnek uzunlukları ile stop değerlerine ait ikili etkileşimlerinin homojenlik grupları

Örnek uz - Stop (mm)	Ortalama Elastikiyet (Nm/rad)	Homojenlik Grupları
600-50	140,8680	A
600-70	139,6640	A
600-60	135,1310	B
600-80	96,5520	C
390-60	94,2450	D
530-80	93,5470	D
390-50	91,8470	E
460-50	90,5520	E
460-80	87,3190	F
530-60	86,9580	F
460-70	85,3530	G
530-70	83,1950	H
320-60	79,7220	I
530-50	76,2140	J
320-70	74,8490	J, K
460-60	73,9480	K
320-80	68,7760	L
390-70	64,4050	M
320-50	59,8020	N
390-80	57,4470	O

Tablo 28 sonuçlarına göre; YKYL’da 15 farklı homojenlik gruplarının oluştuğu görülmüştür. Bunlar; 600x50 ve 600x70 mm’de istatistiksel olarak farksız ve en yüksek olarak birinci, 600x60 mm’de ikinci, 600x80 mm’de üçüncü, 390x60 ve 530x80 mm’de istatistiksel olarak farksız ve dördüncü, 390x50 ve 460x50 mm’de istatistiksel olarak farksız ve beşinci, 460x80 ve 530x60 mm’de istatistiksel olarak farksız ve altıncı, 460x70 mm’de yedinci, 530x70 mm’de sekizinci, 320x60 mm’de dokuzuncu, 530x50 ve 320x70 mm’de istatistiksel olarak farksız ve onuncu, 320x70 ve 460x60 mm’de istatistiksel olarak farksız ve on birinci, 320x80 mm’de on ikinci, 390x70 mm’de on üçüncü, 320x50 mm’de on dördüncü ve 390x80 mm’de en düşük olarak on beşinci homojenlik grubunu oluşmuşlardır.



Tablo 29. YKLL elastikiyet değerlerinde örnek uzunlukları ile stop değerlerine ait ikili etkileşimlerinin homojenlik grupları

Örnek uz - Stop (mm)	Ortalama Elastikiyet (Nm/rad)	Homojenlik Grupları
600-50	121,1860	A
600-70	120,1910	A
600-60	118,5160	B
530-80	108,9260	C
390-60	107,7640	C
390-50	97,2200	D
530-60	95,8310	D
530-70	93,7600	E
530-50	91,5180	F
320-70	91,1980	F
460-50	85,8220	G
460-80	82,0610	H
460-70	81,4700	H
390-70	81,1510	H
600-80	81,0110	H
320-50	80,9860	H
390-80	76,4470	I
320-80	71,9470	J
460-60	64,2150	K
320-60	61,1010	L

Tablo 29 sonuçlarına göre; YKLL’da 12 farklı homojenlik gruplarının oluştuğu görölmüşür. Bunlar; 600x50 ve 600x70 mm’de istatistiksel olarak farksız ve en yüksek olarak birinci, 600x60 mm’de ikinci, 530x80 ve 390x60 mm’de istatistiksel olarak farksız ve üçüncü, 390x50 ve 530x60 mm’de istatistiksel olarak farksız ve dördüncü, 530x70 mm’de beşinci, 530x50 ve 320x70 mm’de istatistiksel olarak farksız ve altıncı, 460x50 mm’de yedinci, 460x80, 460x70, 390x70, 600x80 ve 320x50 mm’de istatistiksel olarak farksız ve sekizinci, 390x80 mm’de dokuzuncu, 320x80 mm’de onuncu, 460x60 mm’de on birinci ve 320x60 mm’de en düşük olarak on ikinci homojenlik grubunu oluşmuşlardır.

Tablo 30. YKYL elastikiyet değerlerinde örnek uzunlukları ile stop değerlerine ait ikili etkileşimlerinin örnek uzunlarına göre homojenlik grupları

rnek uzunluğu (mm)	Stop Değerleri (mm)	Ortalama Elastikiyet (Nm/rad)	Homojenlik Grupları
320	60	79,722	A
	70	74,849	B
	80	68,776	C
	50	59,802	D
390	60	94,245	A
	50	91,847	B
	70	64,405	C
	80	57,447	D
460	50	90,552	A
	80	87,319	B
	70	85,353	C
	60	73,948	D
530	80	93,547	A
	60	86,958	B
	70	83,195	C
	50	76,214	D
600	50	140,868	A
	70	139,664	A
	60	135,131	B
	80	96,552	C

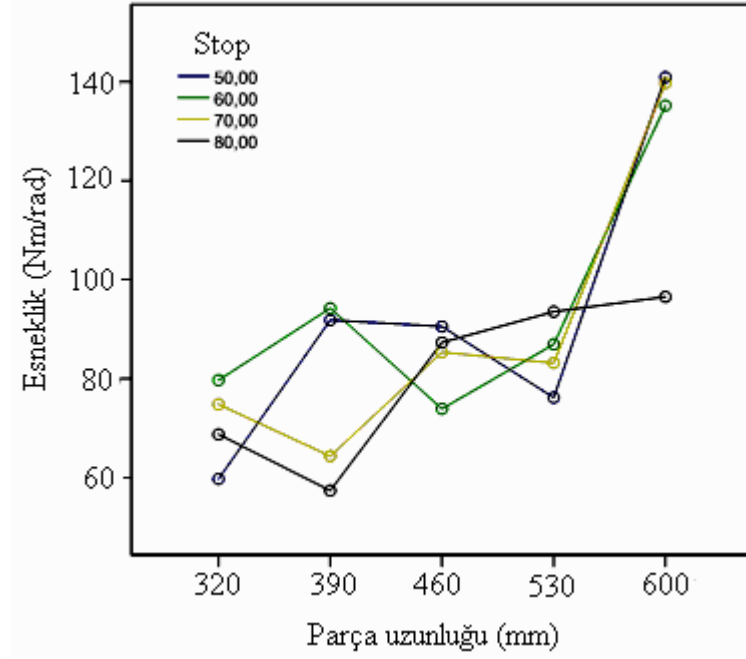
Tablo 30 sonuçlarına göre YKYL’da 320, 390, 460 ve 530 mm örnek uzunluklarında 4 farklı homojenlik gruplarının, 600 mm örnek uzunluğunda ise 3 homojenlik grubunun olduğu görülmüştür. Bunlar; 320 mm örnek uzunluğunda 60 mm stop için en yüksek, 70 mm stop için yüksek, 80 mm stop için orta ve 50 mm stop için ise düşük, 390 mm örnek uzunluğunda 60 mm stop için en yüksek, 50 mm stop için yüksek, 70 mm stop için orta ve 80 mm stop için ise düşük, 460 mm örnek uzunluğunda 50 mm stop için en yüksek, 80 mm stop için yüksek, 70 mm stop için orta ve 60 mm stop için ise düşük, 530 mm örnek uzunluğunda 80 mm stop için en yüksek, 60 mm stop için yüksek, 70 mm stop için orta ve 50 mm stop için ise düşük, 600 mm örnek uzunluğunda 50 ve 70 mm stoplar için istatistiksel olarak farksız ve yüksek, 60 mm stop için orta, 80 mm stop için ise düşük Şeklinde olduğu.

Tablo 31. YKLL elastikiyet değerlerinde örnek uzunlukları ile stop değerlerine ait ikili etkileşimlerinin örnek uzunlarına göre homojenlik grupları

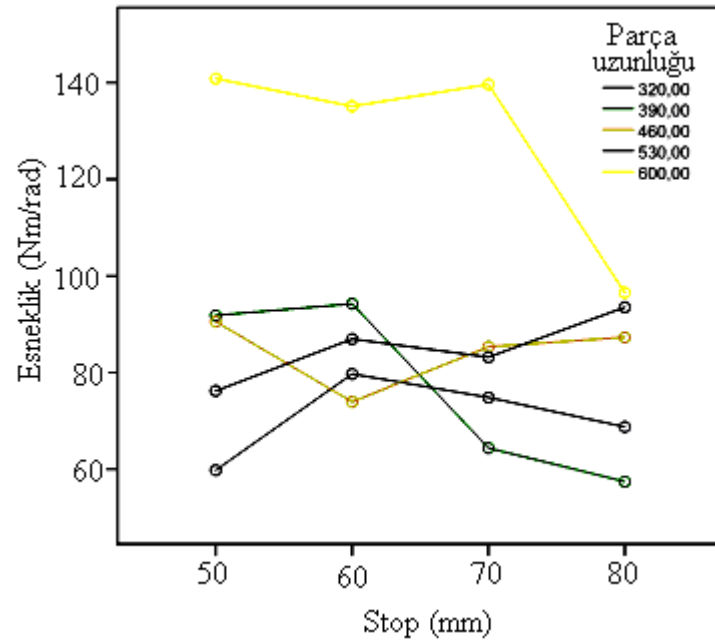
Örnek uzunluğu (mm)	Stop Değerleri (mm)	Ortalama Elastikiyet (Nm/rad)	Homojenlik Grupları
320	70	91,198	A
	50	80,986	B
	80	71,947	C
	60	61,101	D
390	60	107,764	A
	50	97,220	B
	70	81,151	C
	80	76,447	D
460	50	85,822	A
	80	82,061	B
	70	81,470	B
	60	64,215	C
530	80	108,926	A
	60	95,831	B
	70	93,760	C
	50	91,518	D
600	50	121,186	A
	70	120,191	A
	60	118,516	B
	80	81,011	C

Tablo 31 sonuçlarına göre YKLL’da 320, 390 ve 530 mm örnek uzunluklarında 4 farklı homojenlik gruplarının, 460 ve 600 mm örnek uzunluğunda ise 3 homojenlik gruplarının oluştuğu görülmüştür. Bunlar; 320 mm örnek uzunluğunda 70 mm stop için en yüksek, 50 mm stop için yüksek, 80 mm stop için orta ve 60 mm stop için ise düşük, 390 mm örnek uzunluğunda 60 mm stop için en yüksek, 50 mm stop için yüksek, 70 mm stop için orta ve 80 mm stop için ise düşük, 460 mm örnek uzunluğunda 50 mm stop için yüksek, 80 ve 70 mm stoplar için istatistiksel olarak farksız ve orta ve 60 mm stop için ise düşük, 530 mm örnek uzunluğunda 80 mm stop için en yüksek, 60 mm stop için yüksek, 70 mm stop için orta ve 50 mm stop için ise düşük, 600 mm örnek uzunluğunda 50 ve 70 mm stoplar için istatistiksel olarak farksız ve yüksek, 60 mm stop için orta, 80 mm stop için ise düşük şeklinde oluşmuştur.

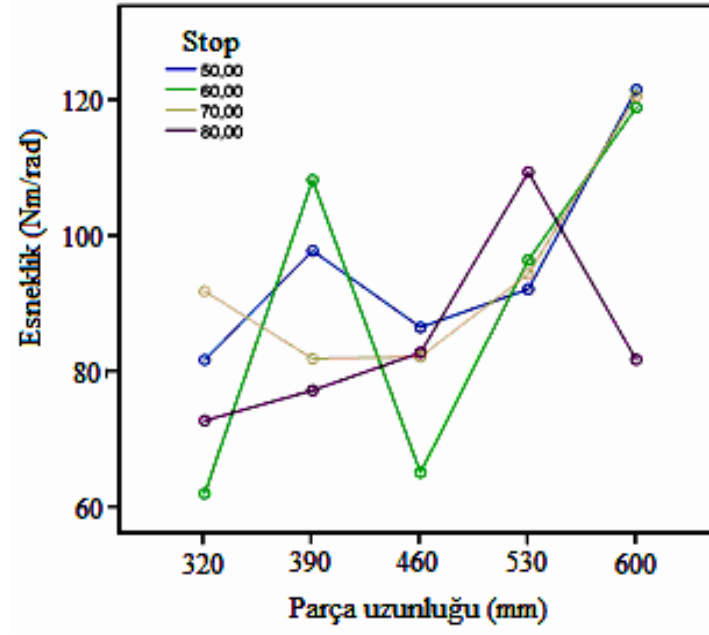
Örnek uzunlukları ve stop değerlerine ait grafikler Şekil 27-30’da verilmiştir.



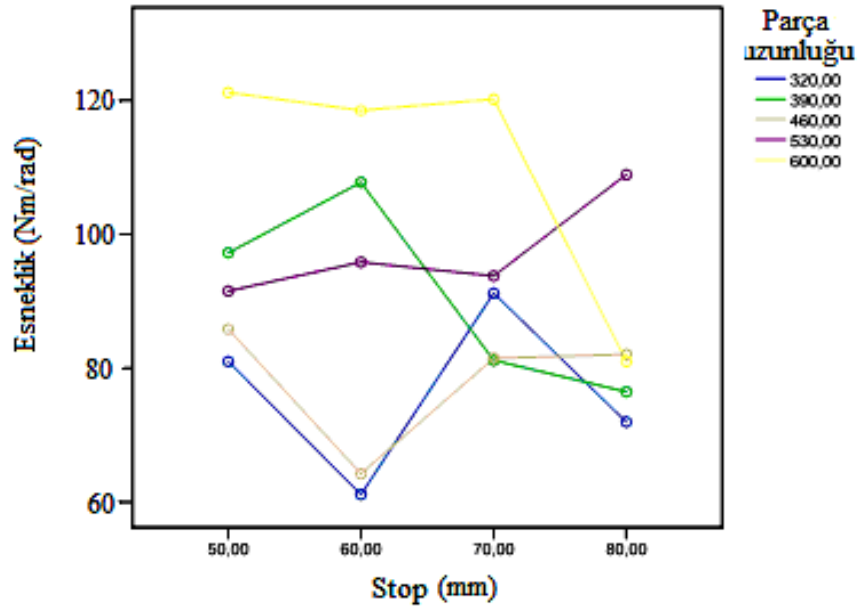
Şekil 27. YKYL’da elastikiyet değerleri ile örnek uzunlukları arasındaki ilişkisi



Şekil 28. YKYL’da elastikiyet değerleri ile stoplar arasındaki ilişkisi



Şekil 29. YKLL'da elastikiyet değerleri ile örnek uzunlukları arasındaki ilişki



Şekil 30. YKLL'da elastikiyet değerleri ile stoplar arasındaki ilişki

Çalışmada elde edilen sonuçlara göre levha çeşidine göre ortalama direnç ve elastikiyet değerleri Tablo 32'de verilmiştir.

Tablo 32. Levha çeşidine göre ortalama direnç ve elastikiyet değerleri

Özellikler	YKYL	YKLL
Moment (Nm)	13,96	19,54
Elastikiyet (Nm/rad)	89,02	90,61

Tabloda görüldüğü gibi YKLL da YKYL ya göre moment değerlerinde % 40 daha yüksek, elastikiyet değerlerinde ise yaklaşık aynı sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar; YKLL'nin fiziksel ve mekanik özelliklerinin YKYL'den daha yüksek olmasına, YKLL'da kavela yeri yüzeyinin daha az pürüzlü ve boşluklu olması nedeniyle daha büyük tutkal yüzey alanının olmasına, YKLL'da kavela yeri yüzeyi ile tutkal katmanı arasında oluşacak adezyon kuvvetinin YKYL yüzeyine oranla daha güçlü olmasına (pürüzlü yüzeylerde noktasal temas gerçekleştiğinden adezyon kuvveti azalır) bağlanabilir.

Mobilya konstrüksiyonunda dirençlerle ilgili birçok çalışmalarla karşılaşılmaktadır. Bunlar; konstrüksiyonda kullanılan malzeme çeşitleri ve kalınlıkları, birleştirme yöntemleri, birleştirme elemanları boyutları, sayıları ve kenara uzaklıkları ve tutkal çeşidi ile ilgili çalışmalar üzerinde durulmakta ve farklı sonuçlarla karşılaşılmaktadır.

Birleştirme elemanları arasındaki uzaklıklar ile ilgili yapılan çalışmalarda kavelalar arası uzaklıkların en az 76 mm olması gerektiği [82], aynı şekilde kavela uzaklıklarının yaklaşık olarak 57 mm'den daha az olması durumunda direncin azalmaya başladığı [51] belirtilmektedir. Diğer bazı çalışmalarda; kavelalar arası uzaklıkların en az 96 mm olması gerektiği [2, 81], 96 mm'den 128 mm'ye arttıkça direncin arttığı, 160 mm'ye çıkıldığında ise direncin azaldığı [81] açıklanmaktadır. Vidalar arası en uygun uzaklığın yaklaşık olarak 76 mm [42], diğer bir çalışmada ise 102 mm [50] olduğu açıklanmaktadır. Çalışmada kavelalar arası uzaklıkların 160 mm'ye çıkıldığında direncin arttığı, 160 mm'den 192 mm'ye çıkıldığında ise direncin azaldığı görülmüştür.

Birleştirme elemanlarının kenara uzaklıkları ile ilgili yapılan çalışmalarda kavelaların kenara uzaklığının 45 mm'den az olması durumunda birleştirme direncinin azaldığı, uzaklık arttıkça direncin arttığı belirtilmektedir [81]. Çalışmada eksantrik çektirmelerin kenara uzaklıkları azaldıkça direncin arttığı görülmüştür.

Birleştirme elemanı sayılı ile ilgili yapılan çalışmalarda; kavela sayısı arttıkça çekme direncinde artışa, basınç direncinde ise azalmaya neden olduğu [84], aynı şekilde kavela sayısı artışının elastikiyet değerini arttırdığı [43], 3 kavelalı birleştirmelerin 2 kavelalılarına göre daha iyi sonuçlar gösterdiği [2] belirtilmektedir. Vida sayısı artışının

direnci arttırdığı açıklanmaktadır [50, 56, 66]. Çalışmada deney örneklerinde, örnek uzunlukları arttıkça kavela sayısı arttığından dolayı örnek uzunluğu arttıkça yani kavela sayısı arttıkça direncin arttığı görülmüştür.

Malzeme çeşidi ile ilgili yapılan çalışmalarda kavelalı birleştirmelerde, MDF'nin yongalevhadan % 14 daha dirençli ve % 8 daha rijit olduğu [45, 58], aynı şekilde MDF'nin yongalevhadan % 60 [84], diğer bir çalışmada ise MDF'nin yongalevhadan yaklaşık 3 kat daha iyi sonuçlar verdiği [2] belirtilmektedir. Kavelalı birleştirmelerde kenarları masifli liflevhaların yongalevhalarla göre çekme de % 31 yüksek direnç gösterdiği [85], basınç da ise % 55 daha iyi sonuçlar verdiği [86], diğer bir çalışmada ise liflevhaların yongalevhalarla üstünlük sağladığını [83] ortaya koyulmaktadır. Kavelalı ve kavelalı-vidalı birleştirmelerde; en iyi sonucu kontrplağın verdiği ve bunu MDF ve yongalevhanın izlediği ve kontrplağın MDF'ye göre % 23, yongalevhaya göre ise % 90 ve MDF'nin de yonga levhaya göre % 53 daha yüksek moment taşıdığı [90], diğer bir çalışmada ise yine malzeme tercihinin kontrplak, MDF ve yongalevha şeklinde yapılması gerektiği ve MDF'nin yongalevhaya göre % 29 daha yüksek değerler elde edildiğini [91] açıklanmaktadır. Kavelalı, minifiksli kavelalı, multifiksli kavelalı, tutkallı minifiksli kavelalı ve tutkallı multifiksli kavelalı birleştirmelerde; liflevha dirençlerinin yongalevhalarla göre sırasıyla % 72, % 33, % 51, % 52 ve % 46 arttırdığı; bunun yanında lambalı kınışlı birleştirmede % 20 azaldığı belirtilmektedir [69]. Yivli kavelalı, düz kavelalı, bisküvili, düz ve yabancı çitalı birleştirmelerde hem çekme hem de basınç deneylerinde melamin kaplı liflevhaların melamin kaplı yongalevhalarla yüksek çıktığını, çekme dirençlerine ait bu değerlerin % 75 olduğunu, basınç dirençlerinde ise istatistiksel olarak bir fark olmadığı belirtilmektedir [87]. Tip I (trapez), Tip II (minifiks), Tip III (minifiks) ve Tip IV (blum) ve kavela birleştirme yöntemlerinde MDF levhaların yongalevhalarla % 31 daha dirençli ve % 21 daha rijit olduğu [45, 58], Kenarı tutkallı birleştirmelerde MDF'nin yonga levhadan ortalama % 11 daha rijit olduğu açıklanmaktadır [35]. Metal trapez, plastik trapez, minifiks, köşe bağlantı, rafix ve pipo birleştirme elemanları ile yapılan köşe birleştirmelerinde lamineli MDF'lerin lamineli yongalevha'lardan % 22 daha dirençli olduğu belirtilmektedir [49]. Kendinden plastik dübelli metal minifiks birleştirmelerinde MDF'nin yongalevhaya oranla % 54 daha iyi sonuç verdiği açıklanmaktadır [89]. Vidalı birleştirmelerde; MDF lamin suntalamdan % 15 daha dirençli [3], diğer bir çalışmada ise daha yüksek yük taşıma kapasitesi olduğu belirtilmektedir [93]. MDF'lerin PB'ye göre basınç deneylerinde % 19, çekme

deneylerinde ise % 36 daha yüksek eğilme moment değerleri gösterdiği [56], diğer bir çalışmada ise en dirençli MDF'nin en dirençsiz yongalevhadan 2 kat daha kuvvetli ve en dirençli yongalevhanın da en dirençsiz MDF'den daha kuvvetli olduğu [66] açıklanmaktadır. Vidalı-tutkalı birleştirmelerde, MDF'lerin yongalevhalardan basınç deneylerinde 4x50 vidalarda % 54, 5x60 vidalarda % 62; çekme deneylerinde ise 4x50 vidalarında % 10, 5x60 vidalarında ise % 49 daha iyi direnç değerleri gösterdiği belirtilmektedir [4]. Gönyeburun ve düz birleştirmelerde, liflevhanın yongalevhadan çekme dirençlerinde % 22, basınç dirençlerinde ise % 29 daha dirençli olduğu açıklanmaktadır [38]. Yabancı çatalı birleştirmelerde, MDF ve yongalevhaların suntalamdan daha dirençli olduğu, MDF'nin suntalamdan basınç deneylerinde % 38, çekme deneylerinde ise % 148 daha iyi sonuçlar verdiği ve ayrıca MDF ile yongalevhanın yaklaşık aynı değerler gösterdiği belirtilmektedir [95]. Tutkalı yabancı çatalı ve trapez birleştirme yöntemlerinde, liflevhaların yongalevhalarla göre çekme direncinde % 20 daha dirençli olduğu açıklanmaktadır [92]. Çalışmada elde edilen sonuçlar 2, 4, 35, 66, 84, 86, 89 ve 90 nolu çalışmalardan düşük, 3, 38, 45, 49, 56, 58, 69, 85, 91, 92 ve 95 nolu çalışmalardan ise yüksek çıkmıştır.

Birleştirme elemanları boyutları ile ilgili yapılan çalışmalarda kavelalı birleştirmelerde kavela çapı 8 mm'den 10 mm'ye arttığında basınç direncini % 12-22 arttırdığı saptanmıştır [81]. 6, 8 ve 10 mm kavela çaplarında hem çekme hem de basınç deneylerinde kavela çapının 6 mm'den 10 mm'ye arttıkça direncin arttığı [52]; 8 mm çaplı kavelaların 10 mm olanlara göre daha iyi sonuçlar elde edildiği [84]; Vida çapı 4 mm'den 5 mm'ye çıktığında moment direncinin arttığı [44]; 6 mm çaptan daha büyük vidaların, kenar vida direncini önemli ölçüde arttırdığı, daha küçük çaplı vidaların ise en yüksek kenar direnci gösterdiği [62] ve vida çapı arttıkça birleştirme direncinin arttığı açıklanmaktadır [56].

Vida uzunlukları ile ilgili yapılan çalışmalarda büyük boyutlu vidalarda, vida uzunluğunun direnci ve dayanıklılığı önemli ölçüde etkilediği, küçük boyutlu vidalarda ise vida uzunluğunun dirence etkisinin daha az önemli olduğu [42]; vida uzunluğunun vida çapından dirençte daha fazla etkili olduğu belirtilmektedir [51, 56]. Vida uzunluğunun 50 mm'den 60 mm'ye artması ile % 33 oranında, 60 mm'den 80 mm'ye artması ile % 1,3 oranında direncin arttığı açıklanmaktadır [50]. Vida uzunluğunun moment direncini olumlu yönde etkilediği, ancak vida uzunluğunun 40 mm'den 50 mm'ye çıktığında önemli bir artış olduğunu, bunun yanında 50 mm'den 60 mm'ye çıktığında ise direnç artışının önemli



olmadığını, ayrıca yongalevhelerde 50 mm uzunluğunda, MDF’lerde ise 4x50 mm ve 5x60 mm uzunluğundaki vidaların kullanılması önerilmektedir [44]. Yongalevhada vida uzunluğunu etkisinin önemli olmadığı, MDF’de ise 45 mm uzunluğundaki vidaların 40 ve 50 mm uzunluktakilerden daha yüksek taşıma kapasitesine sahip olduğu belirtilmektedir [93].

Birleştirme eleman yüzeyi ile ilgili yapılan çalışmalarda yongalevhelerde yivli yüzeyli kavelaların, liflevhalarda ise düz yüzeyli kavelaların daha iyi sonuçlar gösterdiği belirtilmektedir [84]. Eğimli (şevli) dişli vidalar ile düz dişli vidaların performansları arasında az farklılık gösterdiği açıklanmaktadır [62]. Aynı şekilde eğilme moment direncinin yabancı çitanın büyüklüğü (yüzey alanı) ile olumlu yönde ilişkili olduğu belirtilmektedir [94].

Malzeme kalınlığı ile ilgili yapılan çalışmalarda levha kalınlığının 16 mm’den 18 mm’ye arttığında daha iyi sonuçlar elde edildiği [81, 90]; kalınlığı az malzemelerin dirençlerde önemli farklılık olmadığı durumlarda teknik ve ekonomik açılarından daha uygulanabilir olduğunu belirtilmektedir [90]. Moment taşımının önemli olduğu birleştirmelerde 14 ve 16 mm yerine 18 mm levha kalınlığı kullanılması gerektiği önerilmektedir [91]. Aynı şekilde diğer bir çalışmada levha kalınlığı arttıkça elastikiyet değerinin arttığı açıklanmaktadır [43].

Kavela boşluk derinliği ile ilgili yapılan çalışmalarda kenar parçalardaki kavela boşluk derinliğinin en az 25 mm olması durumunda en iyi direncin elde edildiği belirtilmektedir [52, 82]. Parça yüzeyindeki kavela boşluk derinliğinin 6 mm’den 16 mm’ye çıktıkça direncin arttığı ve 19 mm’den 38 mm’ye çıktıkça ise direnci etkilemediği açıklanmaktadır [52].

Birleştirme yöntemleri ile ilgili yapılan çalışmalarda kavelalı birleştirmelerin minifiks birleştirmelere göre daha yüksek değerler elde edildiği belirlenmiştir [43]. Kavelalı birleştirmelerin en yüksek direnci gösterdiği bunu trapez, blum, Tip III minifiks ve Tip II minifiksin izlediği ve Tip III ve Tip II’nin direncinde önemli ölçüde farklılık olmadığı açıklanmaktadır. Birleştirmelerin rijitliğinde ise; kavelalı birleştirmelerin diğer birleştirmelerden daha rijit olduğunu ve bunu da Tip II minifiksin izlediğini, Tip III minifiksin ve bulumun en düşük ve önemli bir farklılık göstermediğini, aynı şekilde trapezin en esnek olduğu belirtilmiştir [45, 58]. Tutkalsız birleştirmelerin tutkallı birleştirmelerden daha yüksek dirençli olduğu ortaya koyulmuştur [69, 83]. Kavelalı, lambalı kınışlı, kavelalı-minifiksli, kavelalı- multifiksli, tutkallı-kavelalı-minifiks ve

tutkallı-kavelalı- multifiks birleştirmelerde en iyi sonucu tutkalsız multifiksli, onu tutkalsız minifiksli birleştirmelerin izlediğini ve en zayıf birleştirmelerin ise kendinden kinişli (lambalı) kőőe birleştirmelerin gősterdiđi belirtilmektedir [69]. Kavelalı, kendinden kinişli, minifiks ve multifiks birleştirme arasından en iyi sonucu tutkalsız multifiksli kőőe birleştirmelerin verdiği, ikinci sırayı ise tutkalsız minifiksli kőőe birleştirmelerin izlediği belirtilmektedir [83]. Polivinilasetat D3 (PVA D3), polivinilasetat D4 (PVA D4) ve Desmodur VTKA (DVTKA) tutkallı yivli kavelalı (GDj), dőz kavelalı (PDj), biskővili (Bij), dőz (Bu) ve yabancı ıtalı birleştirmelerden (Sj) ekme deneylerinde en yőksek değer GDj birleştirmelerin, en dőřük değer ise Bij birleştirmelerin gősterdiđi açıklanmaktadır [87]. Kombineli birleştirmelerin daha yőksek direnç değerleri gősterdiđi, bunu sırasıyla kavelalı ve yabancı ıtalı birleştirmenin izlediğin belirtilmektedir [88]. Yongalevhada; hem çekme hem de basınçta en bőyők direnci metal trapezin, bunu kőőe bağlantı, plastik trapez, pipo, minifiks ve rafiksin izlediği, liflevhada ise çekme deneylerinde en bőyők direnci metal trapezin, bunu da kőőe bağlantı, pipo, plastik trapez, minifiks ve rafiksin izlediği; basınç deneylerinde ise en bőyők direnci metal trapezin, bunu da kőőe bağlantı, minifiks, plastik trapez, pipo ve rafiksin izlediği belirtilmektedir [49]. Tek ektirmeli (antirotasyon), çift çektirmeli, demonte (rondofiks), çok amaçlı (multifiks) ve kendinden plastik dőbelli metal minifiks birleştirme yőntemlerinden en yőksek basınç ve çekme dirençleri űretilen çift çektirmeli bağlantı elemanında (1530,6 N ve 2668,9 N); en dőřük ise kendinden plastik dőbelli metal minifiks bağlantı elemanında (117,9 N ve 316,7 N) elde edildiği belirtilmektedir [89]. Kavelalı-vidalı birleştirmelerin kavelalı birleştirmelerden % 95 oranında daha yőksek moment direnci gősterdiđi [90], aynı űekilde kavelalı-vidalı birleştirmelerin kavelalılarından daha fazla yők taşıdığı [91] açıklanmaktadır. 4 x 50 vidaların 5x60 vidalardan daha dirençli olduğu belirtilmektedir [3]. 5x60 vidaların 4x50 vidalardan basınçta % 24, çekmede ise %56 daha iyi sonuçlar gősterdiđi açıklanmaktadır [4]. Trapez birleştirmelerin tutkallı yabancı ıtalı birleştirmelere gőre çekme ve basınçta altı kat daha dirençli olduğun belirtilmektedir [92]. Plastik dőbelli-vidaların birleştirme performanslarını dőřőrdőđő açıklanmaktadır [62].

Deney yöntemi ile ilgili yapılan çalışmalarda çekme dirençlerinin basınç dirençlerinden bőyők olduğu [35, 49, 52, 82, 87, 88, 89, 90]; diğer bazı çalışmalarda bunun aksine basınç dirençlerinin çekme dirençlerinden bőyők olduğu [2, 51, 94] belirtilmektedir.

Tutkal çeşidi ile ilgili yapılan çalışmalarda Polivinilasetat tutkalının da en iyi sonucu verdiğini belirlemişlerdir [85, 86, 87, 88]. PVAc tutkalının DVTKA tutkalından ise % 30 daha az dirençli olduğunu [38], poliüretan tutkallı birleştirmenin PVAc'den daha dirençli olduğunu [95] belirtmişlerdir.

Göçme ile ilgili yapılan çalışmalarda vidalı birleştirmelerin kavelalı birleştirmelere göre göçmesinde önemli farklılıklar olmamakla birlikte bunun daha uzun sürede gerçekleştiği belirtilmektedir [91]. Köşe birleştirmelerde kavela miktarının 2'den 4'e, 4'den 8'e arttığında kabin tipi mobilyaların göçmesini % 5-15 azaldığı açıklanmaktadır [33]. Vida uzunluğu 50 mm olan birleştirmelerin çoğunun kenar elemanın yarılmasından dolayı göçtüğü, bununla birlikte vida uzunluğu 60 ve 80 mm olanlarda ise bütün birleştirmelerin levha yüzeylerindeki kırılmasından dolayı göçtüğü belirtilmektedir [50]. Vidaların etki alanlarının yaklaşık olarak 60 mm olduğu ve bu bölgede levhalarda yarıma ve çatlakların meydana geldiği açıklanmaktadır [93].

### 3.4. Değişkenler Arasındaki Korelasyon Analizi Sonuçları

Levha çeşidi, örnek uzunluğu, stop, moment ve elastikiyet değişkenleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi için pearson korelasyon analizi yapılmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 33'de verilmiştir.

Tablo 33. Pearson korelasyon analizi sonuçları

		Elastikiyet	Levha Çeşidi	Örnek Uzunluğu	Stop
Moment	Pearson Korelasyon	,768**	,488**	,567**	-,157**
	Sig.	,000	,000	,000	,002
Elastikiyet	Pearson Korelasyon		,039	,675**	-,183**
	Sig.		,441	,000	,000
Levha Çeşidi	Pearson Korelasyon			,000	,000
	Sig.			1,000	1,000
Örnek Uzunluğu	Pearson Korelasyon				,000
	Sig.				1,000

n = 400, \*\* = 0,01 önem düzeyinde korelasyon vardır, ns. = P>0,05 düzeyinde korelasyon yoktur.

Tablo 33'deki korelasyon analizi sonuçlarına göre; levha çeşidi, örnek uzunluğu, stop, moment ve elastikiyet arasında  $P < 0,05$  önem düzeyi ile anlamlı korelasyonlar bulunmuştur. Moment ile elastikiyet, levha çeşidi ve örnek uzunluğu arasında; elastikiyet ile örnek uzunluğu değerleri arasında pozitif, moment ile stop değerleri ve elastikiyet ile stop değerleri arasında ise negatif korelasyon bulunmuştur. Elastikiyet ile levha çeşidi arasında, levha çeşidi ile örnek uzunluğu ve stop arasında ve örnek uzunluğu ile stop arasında anlamlı korelasyon olmadığı bulunmuştur. Elde edilen korelasyon katsayıları ile en yüksekte en düşüğe doğru sırası ile moment- elastikiyet için ( $r = 0,768$ ) yüksek, elastikiyet -örnek uzunluğu için ( $r = 0,675$ ), moment-örnek uzunluğu için ( $r = 0,567$ ) orta, moment-levha çeşidi için ( $r = 0,488$ ) zayıf, elastikiyet -stop için ( $r = 0,183$ ) ve moment-stop için ( $r = 0,157$ ) en zayıf olarak bulunmuştur.

### **3.5. Yapay Sinir Ağları Yöntemi**

Çalışmada levha çeşitleri, uzunlukları ile stopların moment ve elastikiyet üzerindeki etkilerini incelemek için YSA yöntemi kullanılmış ve elde edilen sonuçlar, ayrı ayrı sınıflandırılarak tablolarda verilmiştir.

#### **3.5.1. Yapay Kaplamalı Yongalevhada Moment Değerlerine Göre Yapay Sinir Ağları Yöntemi**

YSA'da öğrenme amacıyla YKYL da moment değerlerine ait kullanılan veri seti Tablo 34'de görülmektedir.

Tablo 34. Moment değerlerine ait veri seti

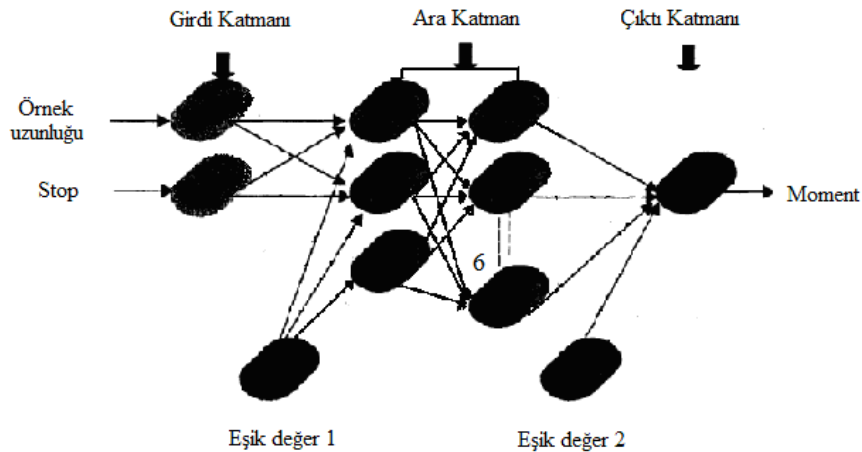
	Örnek uzunluğu (mm)	Stop (mm)	Moment (Nm)
<b>Eğitim</b>	320	60	12,63
	320	80	10,99
	390	50	15,35
	390	60	15,83
	390	70	8,76
	460	50	13,62
	460	70	13,54
	460	80	13,6
	530	50	12,33
	530	70	12,75
	530	80	15,35
	600	60	19,7
	600	80	12,98
	<b>Test</b>	320	50
320		70	11,46
390		80	7,67
460		60	13,09
530		60	14,18
600		50	23,6
600		70	22,85

Tahmini değerlerin gerçek değerlerle karşılaştırılması sonucunda seçilen model kullanılarak hesaplanan değerler ile gerçek (deneysel) değerlerin karşılaştırılması ve hesaplanan sapma miktarları Tablo 35’de görülmektedir.

Tablo 35. Hesaplanan değerler ile gerçek değerlerin karşılaştırılması ve sapma miktarları

	Gerçek değerler	Hesaplanan değerler	Hata
Eğitim	12,63	12,6296	0,0004
	10,99	10,9906	-0,0006
	15,35	15,5925	-0,2425
	15,83	15,5874	0,2426
	8,76	8,76	0
	13,62	13,6005	0,0195
	13,54	13,5838	-0,0438
	13,6	13,5755	0,0245
	12,33	12,331	-0,001
	12,75	12,7495	0,0005
	15,35	15,35	0
	19,7	19,7	0
	12,98	12,98	0
	Test	8,85	7,67
11,46		11,7776	-0,3176
7,67		7,67	0
13,09		13,5922	-0,5022
14,18		12,5073	1,6727
23,6		19,7009	3,8991
22,85		19,8585	2,9915

Gizli katmanında farklı sayıda hücre değerleri alınarak, farklı mimaride YSA'lar elde edilmiş ve YKYL da moment değerleri için bunlardan Şekil 31'de görülen [3 6 1] yapısı en uygun bulunmuştur.



Şekil 31. Moment değerleri için seçilen YSA mimarisi

Tanjant sigmoid fonksiyonu modeline göre eğitim ve deneme veri kümeleri eşitlik 9 yardımıyla  $[-1,1]$  aralığına normalize edilmiştir.

$$X_{\text{norm}} = 2 \times \frac{X - X_{\text{min}}}{X_{\text{max}} - X_{\text{min}}} - 1 \quad (9)$$

Burada,

$X_{\text{norm}}$  = normalize edilmiş değeri,

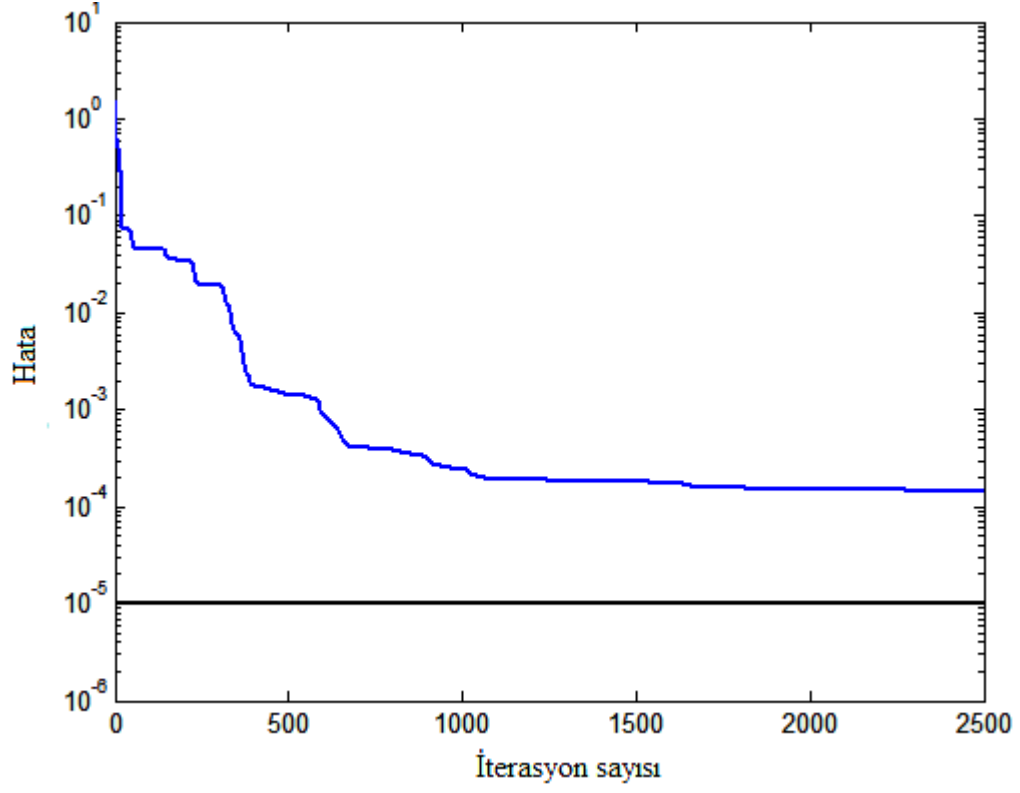
$X$  = ilk değeri,

$X_{\text{max}}$  = maksimum değeri,

$X_{\text{min}}$  = minimum değeri

Eğitimde karesel hata  $e \leq 0,00001$  şartı sağlanmaya çalışılmış, YKYL'nın moment değeri için [3 6 1] gizli hücreli YSA'larda bu hata değerinin altına inilebilmiştir. Her bir veri setinin hesaplanmasından sonra bütün ağırlıklar düzeltilerek yenilenmiştir. [3 6 1] gizli hücresi olan ağ 2500 tekrardan sonra istenilen hata değerine ulaşmıştır. Elde edilen veriler ters normalize işlemine tabi tutularak orijinal değerlerine çevrilmiştir.

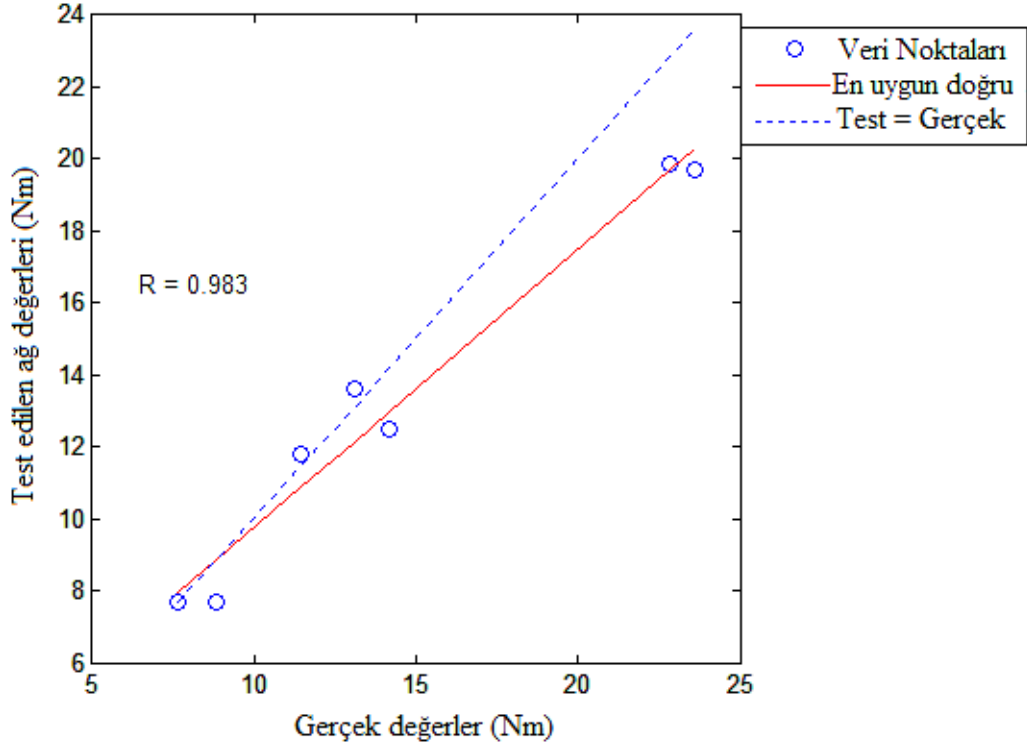
Seçilen yapay sinir ağının iterasyona bağlı hata değişim miktarı Şekil 32'deki grafikte görülmektedir.



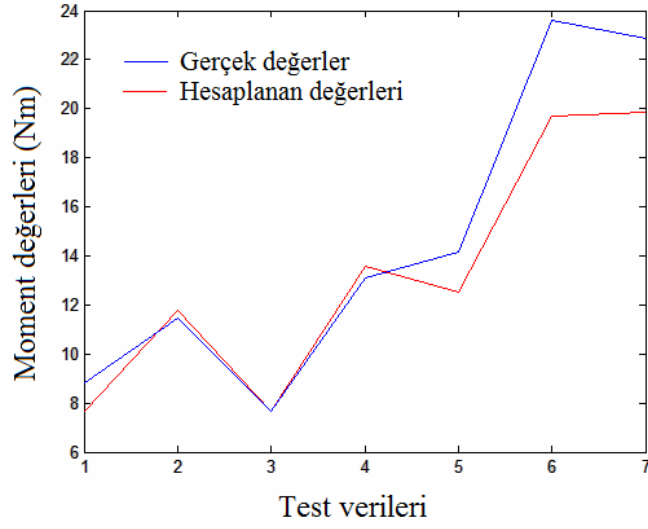
Şekil 32. YSA'nın iterasyona bağlı hata değişim grafiği

Gerçek değerler (deneysel ölçüm sonuçları) ile YSA metodu kullanılarak hesaplanmış değerler (simulasyon değerleri) arasındaki ilişki Şekil 33'de, karşılaştırılması ise Şekil 34'de görülmekte olup korelasyon katsayısı 4,099 olarak bulunmuştur.





Şekil 33. Deneysel değerler ile eğitim değerleri arasındaki ilişki



Şekil 34. Deneysel değerler ile eğitim değerlerinin karşılaştırılması

Test setinden elde edilen sonuçlar ile problemin gerçek sonucu göz önüne alındığında % 8,8 hata oranıyla ağıın yeterli hassasiyette sonuçlar bulunduğu görülmektedir.

Eğitilen ve test edilen yapay sinir ağına sınır değerleri arasında sunulan verilerden elde edilen YKYL moment değerlerine ait sonuçlar Tablo 36'da verilmiştir.

Tablo 36. Eğitilen ve test edilen yapay sinir ağına sınır değerleri arasında sunulan verilerden elde edilen moment değerlerine ait sonuçlar

Ö. U.	Stop	Hes. Değ.	Ö. U.	Stop	Hes. Değ.	Ö. U.	Stop	Hes. Değ.	Ö. U.	Stop	Hes. Değ.
320	50	7,67	400	50	15,38	480	50	12,98	560	50	19,92
320	60	12,63	400	60	15,38	480	60	12,97	560	60	19,92
320	70	11,78	400	70	15,11	480	70	12,96	560	70	19,92
320	80	10,99	400	80	7,67	480	80	12,96	560	80	22,59
330	50	11,47	410	50	15,14	490	50	12,70	570	50	19,85
330	60	7,67	410	60	15,13	490	60	12,69	570	60	19,85
330	70	7,67	410	70	15,12	490	70	12,69	570	70	19,85
330	80	7,67	410	80	7,67	490	80	12,68	570	80	23,22
340	50	16,12	420	50	14,87	500	50	12,45	580	50	19,79
340	60	7,67	420	60	14,86	500	60	12,44	580	60	19,79
340	70	7,67	420	70	14,85	500	70	12,44	580	70	19,80
340	80	7,67	420	80	8,02	500	80	12,44	580	80	22,73
350	50	16,16	430	50	14,57	510	50	12,23	590	50	19,74
350	60	7,67	430	60	14,56	510	60	12,23	590	60	19,74
350	70	7,67	430	70	14,56	510	70	12,22	590	70	19,78
350	80	7,67	430	80	14,19	510	80	12,23	590	80	17,72
360	50	16,06	440	50	14,26	520	50	12,04	600	50	19,70
360	60	10,01	440	60	14,25	520	60	12,04	600	60	19,70
360	70	7,67	440	70	14,24	520	70	12,03	600	70	19,86
360	80	7,67	440	80	14,22	520	80	12,06	600	80	12,98
370	50	15,93	450	50	13,93	530	50	12,33			
370	60	15,74	450	60	13,92	530	60	12,51			
370	70	7,67	450	70	13,91	530	70	12,75			
370	80	7,67	450	80	13,90	530	80	15,35			
380	50	15,77	460	50	13,60	540	50	20,11			
380	60	15,77	460	60	13,59	540	60	20,11			
380	70	7,67	460	70	13,58	540	70	20,10			
380	80	7,67	460	80	13,58	540	80	20,52			
390	50	15,59	470	50	13,28	550	50	20,01			
390	60	15,60	470	60	13,27	550	60	20,01			
390	70	8,76	470	70	13,26	550	70	20,00			
390	80	7,67	470	80	13,26	550	80	21,31			

Ö. U. = Örnek uzunluğu, Hes. Değ. = Hesaplanan Değer

YKYL da moment değerlerine göre; YSA yöntemi ile 10 mm aralık ile elde edilen örnek uzunluklarındaki 4 farklı stopta en yüksek moment değerleri (optimum delgi planları) Tablo 37’de gösterilmiştir.

Tablo 37. Örnek uzunluklarında en yüksek moment değeri gösteren stoplar

Ö. U.	Stop	Hes. Değ.	Ö. U.	Stop	Hes. Değ.	Ö. U.	Stop	Hes. Değ.	Ö. U.	Stop	Hes. Değ.
320	60	12,63	400	50	15,38	480	50	12,98	560	80	22,59
330	50	11,47	410	50	15,14	490	50	12,70	570	80	23,22
340	50	16,12	420	50	14,87	500	50	12,45	580	80	22,73
350	50	16,16	430	50	14,57	510	60	12,23	590	70	19,78
360	50	16,06	440	50	14,26	520	80	12,06	600	70	19,86
370	50	15,93	450	50	13,93	530	80	15,35			
380	50	15,77	460	50	13,60	540	80	20,52			
390	60	15,60	470	50	13,28	550	80	21,31			

Ö. U. = Örnek uzunluğu, Hes. Değ. = Hesaplanan Değer

## 5.2. Yapay Kaplamalı Liflevhalarda Moment Değerlerine Göre Yapay Sinir Ağları Yöntemi

YSA'da öğrenme amacıyla YKLL da moment değerlerine ait kullanılan veri seti Tablo 38'de görülmektedir.

Tablo 38. Moment değerlerine ait veri seti

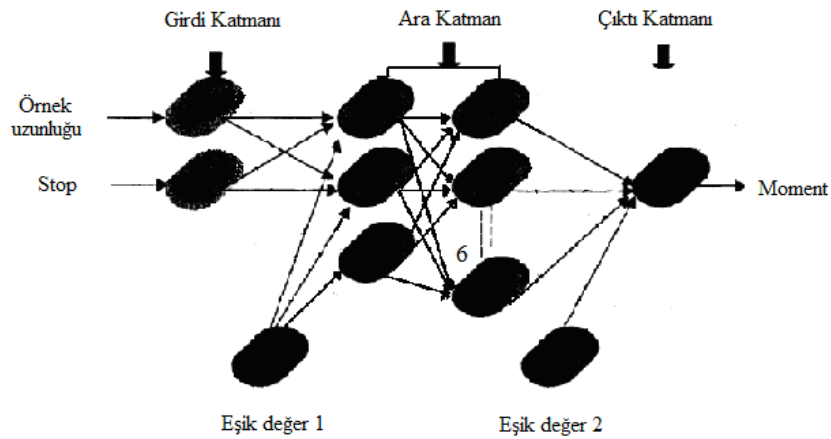
	Örnek uzunluğu (mm)	Stop (mm)	Moment (Nm)
Eğitim	320	60	15,72
	320	70	16,13
	390	60	24,38
	390	80	15,12
	460	50	18,8
	460	70	16,94
	460	80	17,14
	530	50	17,03
	530	60	18,45
	530	80	22,45
	600	50	31,23
	600	70	31,09
	600	80	19,93
Test	320	50	12,43
	320	80	15,49
	390	50	20,55
	390	70	15,3
	460	60	14,18
	530	70	18,23
	600	60	30,23

Tahmini değerlerin gerçek değerlerle karşılaştırılması sonucunda seçilen model kullanılarak hesaplanan değerler ile gerçek (deneysel) değerlerin karşılaştırılması ve hesaplanan sapma miktarları Tablo 39'da görülmektedir.

Tablo 39. Hesaplanan değerler ile gerçek değerlerin karşılaştırılması ve sapma miktarı

	Gerçek değerler	Hesaplanan değerler	Hata
Eğitim	15,72	15,7212	-0,0012
	16,13	16,1388	-0,0088
	24,38	24,3668	0,0132
	15,12	15,1241	-0,0041
	18,8	18,8227	-0,0227
	16,94	16,9373	0,0027
	17,14	17,1349	0,0051
	17,03	17,0564	-0,0264
	18,45	18,4673	-0,0173
	22,45	22,416	0,034
	31,23	31,1959	0,0341
	31,09	31,0648	0,0252
	19,93	19,9612	-0,0312
Test	12,43	14,7285	-2,2985
	15,49	15,2948	0,1952
	20,55	17,4855	3,0645
	15,3	15,4367	-0,1367
	14,18	15,6427	-1,4627
	18,23	19,3737	-1,1437
	30,23	31,2008	-0,9708

Gizli katmanında farklı sayıda hücre değerleri alınarak, farklı mimaride YSA'lar elde edilmiş ve YKLL da moment değerleri için bunlardan Şekil 35'de görülen [3 6 1] yapısı en uygun bulunmuştur.

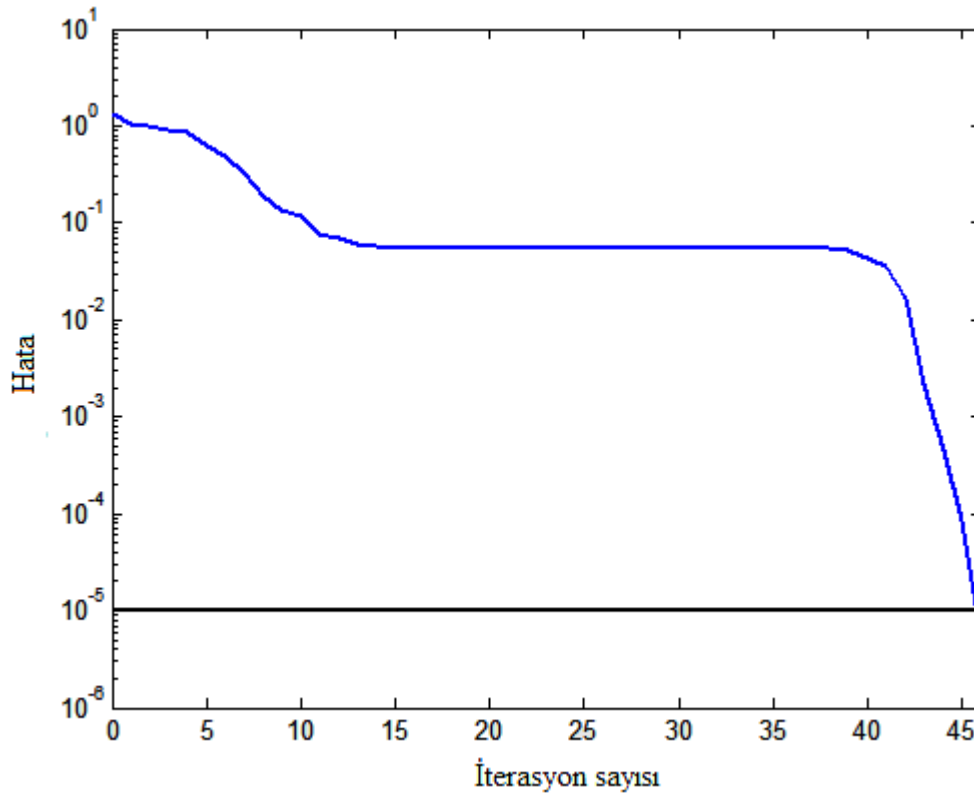


Şekil 35. Moment değerleri için seçilen YSA mimarisi

Tanjant sigmoid fonksiyonu modeline göre eğitim ve deneme veri kümeleri eşitlik 9 yardımıyla  $[-1,1]$  aralığına normalize edilmiştir.

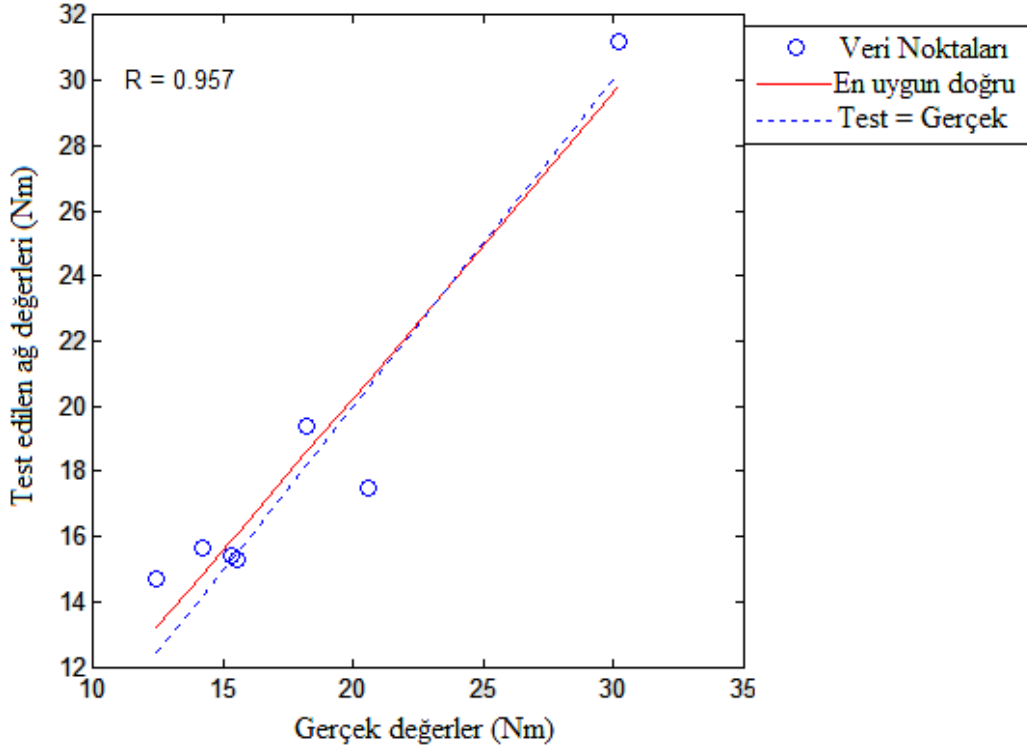
Eğitimde karesel hata  $e \leq 0,00001$  şartı sağlanmaya çalışılmış, YKYL'nin moment değeri için  $[3 \ 6 \ 1]$  gizli hücreli YSA'larda bu hata değerinin altına inilebilmiştir. Her bir veri setinin hesaplanmasından sonra bütün ağırlıklar düzeltilerek yenilenmiştir.  $[3 \ 6 \ 1]$  gizli hücresi olan ağ 47 tekrardan sonra istenilen hata değerine ulaşmıştır. Elde edilen veriler ters normalize işlemine tabi tutularak orijinal değerlerine çevrilmiştir.

Seçilen yapay sinir ağının iterasyona bağlı hata değişim miktarı Şekil 36'daki grafikte görülmektedir.

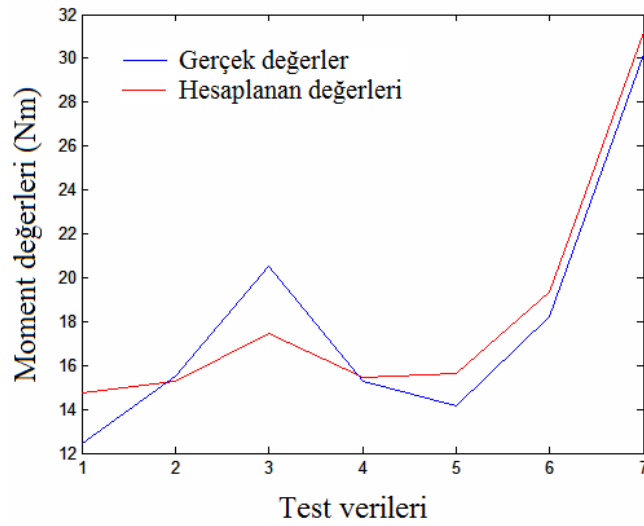


Şekil 36. YSA'nın iterasyona bağlı hata değişim grafiği

Gerçek değerler (deneysel ölçüm sonuçları) ile YSA metodu kullanılarak hesaplanmış değerler (simulasyon değerleri) arasındaki ilişki Şekil 37'de, karşılaştırılması ise Şekil 38'de görülmekte olup korelasyon katsayısı 2,732 olarak bulunmuştur.



Şekil 37. Deney değerleri ile eğitim değerleri arasındaki ilişki



Şekil 38. Deney değerleri ile eğitim değerlerinin karşılaştırılması

Test setinden elde edilen sonuçlar ile problemin gerçek sonucu göz önüne alındığında % 7,9 hata oranıyla ağın yeterli hassasiyette sonuçlar bulduğu görülmektedir.

Eğitilen ve test edilen yapay sinir ağına sınır değerleri arasında sunulan verilerden elde edilen YKLL moment değerlerine ait sonuçlar Tablo 40'da verilmiştir.

Tablo 40. Eğitilen ve test edilen yapay sinir ağına sınır değerleri arasında sunulan verilerden elde edilen moment değerlerine ait sonuçlar

Ö. U.	Stop	Hes. Değ.	Ö. U.	Stop	Hes. Değ.	Ö. U.	Stop	Hes. Değ.	Ö. U.	Stop	Hes. Değ.
320	50	14,73	400	50	21,64	480	50	17,19	560	50	18,66
320	60	15,72	400	60	26,88	480	60	16,05	560	60	26,16
320	70	16,14	400	70	15,33	480	70	17,32	560	70	29,80
320	80	15,29	400	80	15,15	480	80	17,47	560	80	31,14
330	50	14,75	410	50	27,81	490	50	17,00	570	50	20,82
330	60	15,91	410	60	26,01	490	60	16,28	570	60	29,71
330	70	16,03	410	70	15,31	490	70	17,45	570	70	31,08
330	80	15,29	410	80	15,31	490	80	17,67	570	80	31,20
340	50	14,78	420	50	30,04	500	50	16,93	580	50	25,49
340	60	16,18	420	60	21,03	500	60	16,56	580	60	31,01
340	70	15,93	420	70	15,44	500	70	17,62	580	70	31,20
340	80	15,28	420	80	15,64	500	80	17,99	580	80	31,20
350	50	14,85	430	50	29,67	510	50	16,91	590	50	30,33
350	60	16,58	430	60	16,90	510	60	16,96	590	60	31,18
350	70	15,84	430	70	15,77	510	70	17,89	590	70	31,21
350	80	15,27	430	80	16,10	510	80	18,60	590	80	30,70
360	50	14,99	440	50	26,75	520	50	16,95	600	50	31,20
360	60	17,26	440	60	15,67	520	60	17,55	600	60	31,20
360	70	15,75	440	70	16,20	520	70	18,38	600	70	31,06
360	80	15,25	440	80	16,54	520	80	19,83	600	80	19,96
370	50	15,27	450	50	21,81	530	50	17,06			
370	60	18,52	450	60	15,51	530	60	18,47			
370	70	15,66	450	70	16,62	530	70	19,37			
370	80	15,21	450	80	16,89	530	80	22,42			
380	50	15,90	460	50	18,82	540	50	17,27			
380	60	20,86	460	60	15,64	540	60	19,97			
380	70	15,55	460	70	16,94	540	70	21,47			
380	80	15,16	460	80	17,13	540	80	26,94			
390	50	17,49	470	50	17,64	550	50	17,72			
390	60	24,37	470	60	15,84	550	60	22,45			
390	70	15,44	470	70	17,16	550	70	25,50			
390	80	15,12	470	80	17,31	550	80	30,44			

Ö. U. = Örnek uzunluğu, Hes. Değ. = Hesaplanan Değer

YKLL da moment değerlerine göre YSA yöntemi ile 10 mm aralık ile elde edilen örnek uzunluklarındaki 4 farklı stopta en yüksek moment değerleri (optimum delgi planları) Tablo 41'de gösterilmiştir.



Tablo 41. Örnek uzunluklarında en yüksek moment değeri gösteren stoplar

Ö. U.	Stop	Hes. Değ.	Ö. U.	Stop	Hes. Değ.	Ö. U.	Stop	Hes. Değ.	Ö. U.	Stop	Hes. Değ.
320	70	16,14	400	60	26,88	480	80	17,47	560	80	31,14
330	70	16,03	410	50	27,81	490	80	17,67	570	80	31,20
340	60	16,18	420	50	30,04	500	80	17,99	580	70	31,20
350	60	16,58	430	50	29,67	510	80	18,60	590	70	31,21
360	60	17,26	440	50	26,75	520	80	19,83	600	60	31,20
370	60	18,52	450	50	21,81	530	80	22,42			
380	60	20,86	460	50	18,82	540	80	26,94			
390	60	24,37	470	50	17,64	550	80	30,44			

Ö. U. = Örnek uzunluğu, Hes. Değ. = Hesaplanan Değer

### 3.5.3. Yapay Kaplamalı Yongalevhada Elastikiyet Değerlerine Göre Yapay Sinir Ağları Yöntemi

YSA'da öğrenme amacıyla YKYL da elastikiyet değerlerine ait kullanılan veri seti Tablo 42'de görülmektedir.

Tablo 42. Elastikiyet değerlerine ait veri seti

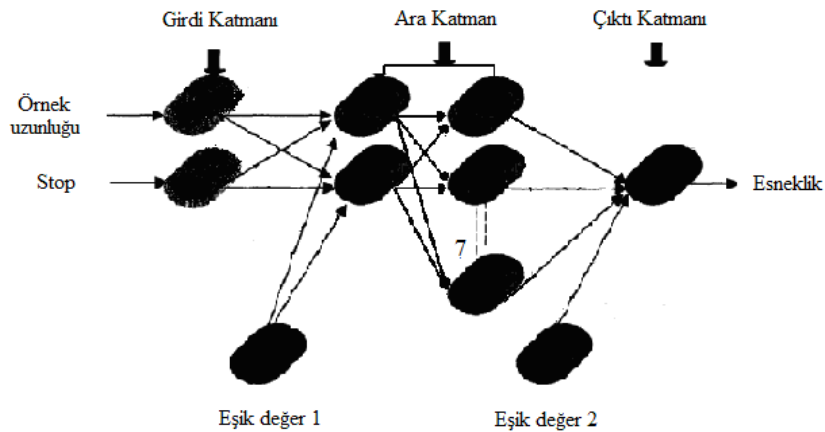
	Levha uzunluğu (mm)	Stop (mm)	Elastikiyet (Nm/rad)
Eğitim	320	60	79,72
	320	80	68,78
	390	50	91,85
	390	60	94,25
	390	70	64,41
	460	50	90,55
	460	70	85,35
	460	80	87,32
	530	50	76,21
	530	60	86,96
	530	80	93,55
	600	60	135,13
	600	70	139,66
	Test	320	50
320		70	74,85
390		80	57,45
460		60	73,95
530		70	83,2
600		50	140,87
600		80	96,55

Tahmini değerlerin gerçek değerlerle karşılaştırılması sonucunda seçilen model kullanılarak hesaplanan değerler ile gerçek (deneysel) değerlerin karşılaştırılması ve hesaplanan sapma miktarları Tablo 43'de görülmektedir.

Tablo 43. Hesaplanan değerler ile gerçek değerlerin karşılaştırılması ve sapma miktarları

	Gerçek değerler	Hesaplanan değerler	Hata
Eğitim	79,72	79,72	0
	68,78	68,78	0
	91,85	91,85	0
	94,25	94,25	0
	64,41	64,41	0
	90,55	90,55	0
	85,35	85,35	0
	87,32	87,32	0
	76,21	76,21	0
	86,96	86,96	0
	93,55	93,55	0
	135,13	140,87	-5,74
	139,66	139,66	0
	Test	59,8	58,6529
74,85		77,9983	-3,1483
57,45		57,5133	-0,0633
73,95		87,0012	-13,0512
83,2		95,2714	-12,0714
140,87		140,87	0
96,55		75,4205	21,1295

Gizli katmanında farklı sayıda hücre değerleri alınarak, farklı mimaride YSA'lar elde edilmiş ve YKYL da elastikiyet moment değerleri için bunlardan Şekil 39'da görülen [2 7 1] yapısı en uygun bulunmuştur.

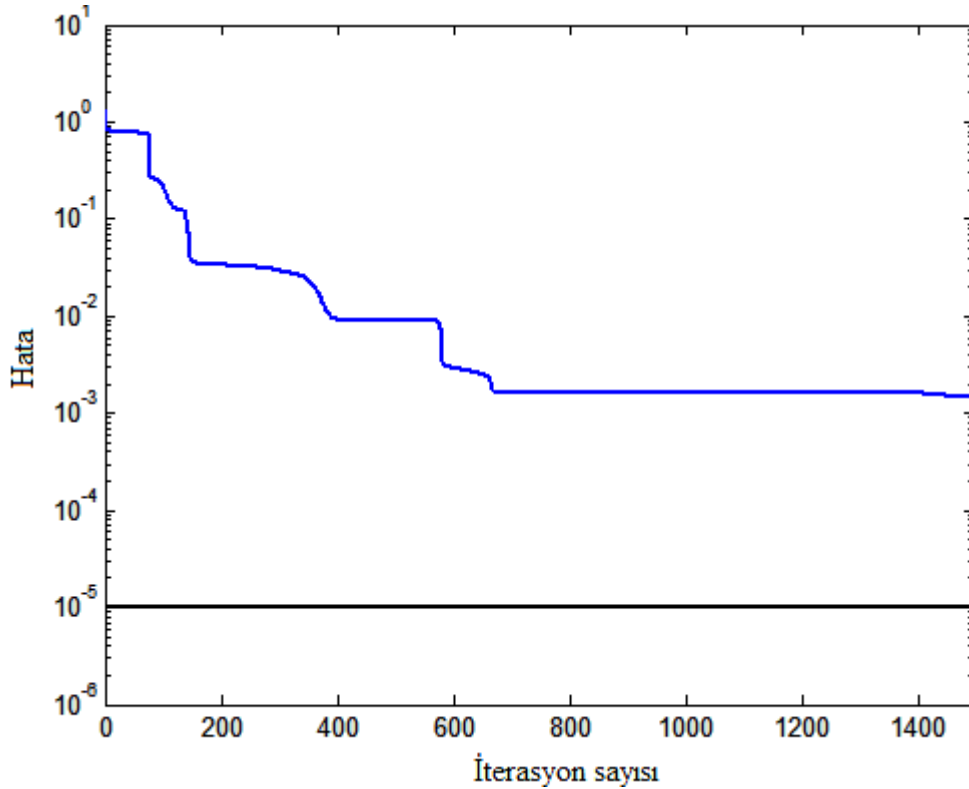


Şekil 39. Elastikiyet değerleri için seçilen YSA mimarisi

Tanjant sigmoid fonksiyonu modeline göre eğitim ve deneme veri kümeleri eşitlik 9 yardımıyla  $[-1,1]$  aralığına normalize edilmiştir.

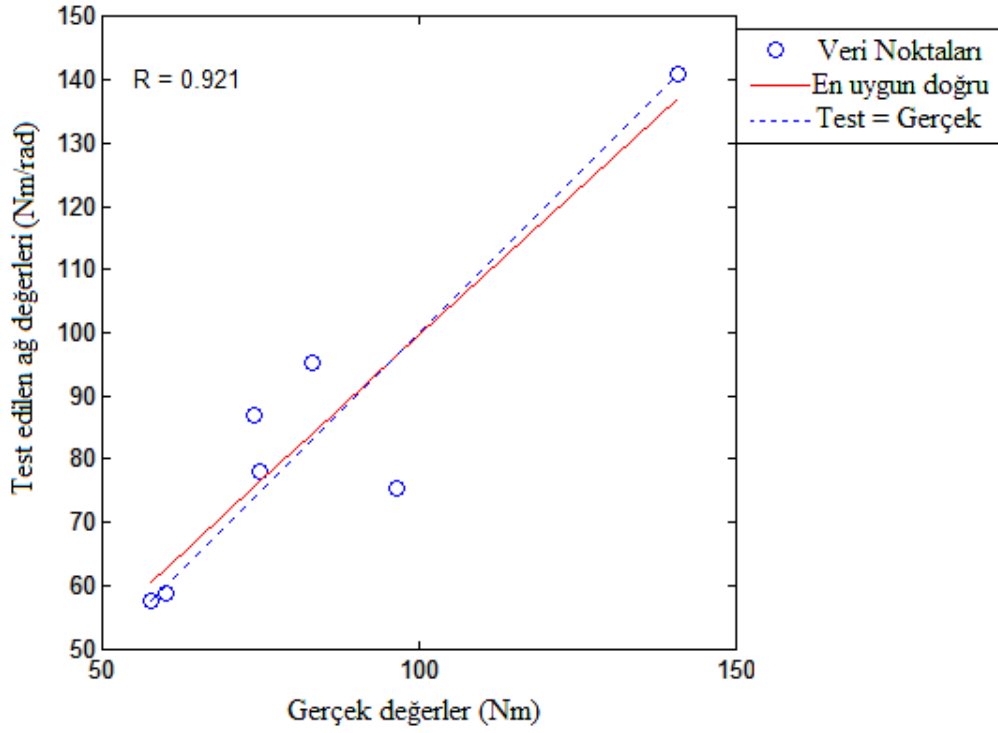
Eğitimde karesel hata  $e \leq 0,00001$  şartı sağlanmaya çalışılmış, YKYL'nin moment değeri için  $[2 \ 7 \ 1]$  gizli hücreli YSA'larda bu hata değerinin altına inilebilmiştir. Her bir veri setinin hesaplanmasından sonra bütün ağırlıklar düzeltilerek yenilenmiştir.  $[2 \ 7 \ 1]$  gizli hücresi olan ağ 1500 tekrardan sonra istenilen hata değerine ulaşmıştır. Elde edilen veriler ters normalize işlemine tabi tutularak orijinal değerlerine çevrilmiştir.

Seçilen yapay sinir ağının iterasyona bağlı hata değişim miktarı Şekil 40'daki grafikte görülmektedir.

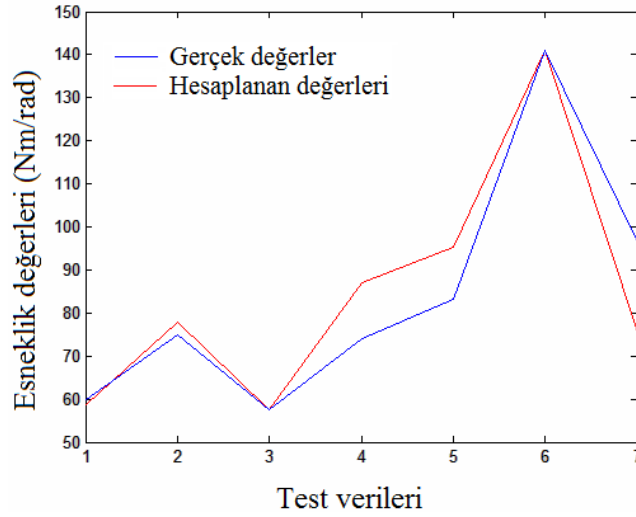


Şekil 40. YSA'nın iterasyona bağlı hata değişim grafiği

Gerçek değerler (deneysel ölçüm sonuçları) ile YSA metodu kullanılarak hesaplanmış değerler (simulasyon değerleri) arasındaki ilişki Şekil 41'de, karşılaştırılması ise Şekil 42'de görülmekte olup korelasyon katsayısı 110,534 olarak bulunmuştur.



Şekil 41. Deney değerleri ile eğitim değerleri arasındaki ilişki



Şekil 42. Deney değerleri ile eğitim değerlerinin karşılaştırılması

Test setinden elde edilen sonuçlar ile problemin gerçek sonucu göz önüne alındığında % 8,6 hata oranıyla ağın yeterli hassasiyette sonuçlar bulduğu görülmektedir.

Eğitilen ve test edilen yapay sinir ağına sınır değerleri arasında sunulan verilerden elde edilen YKYL elastikiyet değerlerine ait sonuçlar Tablo 44'de verilmiştir.

Tablo 44. Eğitilen ve test edilen yapay sinir ağına sınır değerleri arasında sunulan verilerden elde edilen yonga levha elastikiyet değerlerine ait sonuçlar

Ö. U.	Stop	Hes. Değ.	Ö. U.	Stop	Hes. Değ.	Ö. U.	Stop	Hes. Değ.	Ö. U.	Stop	Hes. Değ.
320	50	58,65	400	50	88,46	480	50	94,53	560	50	126,09
320	60	79,72	400	60	94,66	480	60	90,86	560	60	75,07
320	70	78,00	400	70	84,94	480	70	87,23	560	70	78,94
320	80	68,78	400	80	58,04	480	80	85,37	560	80	91,80
330	50	57,53	410	50	86,24	490	50	95,39	570	50	140,87
330	60	67,03	410	60	91,32	490	60	92,98	570	60	79,91
330	70	81,60	410	70	94,81	490	70	89,07	570	70	75,59
330	80	73,60	410	80	66,94	490	80	86,06	570	80	84,69
340	50	57,61	420	50	85,37	500	50	93,78	580	50	140,87
340	60	58,21	420	60	88,05	500	60	94,74	580	60	135,54
340	70	78,57	420	70	94,27	500	70	91,17	580	70	75,20
340	80	78,69	420	80	87,37	500	80	87,47	580	80	78,22
350	50	60,77	430	50	85,65	510	50	88,07	590	50	140,87
350	60	57,52	430	60	86,03	510	60	95,36	590	60	140,87
350	70	64,88	430	70	90,79	510	70	93,27	590	70	82,57
350	80	81,75	430	80	95,15	510	80	89,37	590	80	75,37
360	50	79,12	440	50	86,78	520	50	80,63	600	50	140,87
360	60	57,69	440	60	85,35	520	60	93,22	600	60	140,87
360	70	57,93	440	70	87,67	520	70	94,93	600	70	139,66
360	80	77,13	440	80	93,83	520	80	91,49	600	80	75,42
370	50	93,44	450	50	88,50	530	50	76,21			
370	60	62,35	450	60	85,77	530	60	86,96			
370	70	57,51	450	70	85,86	530	70	95,27			
370	80	62,98	450	80	90,27	530	80	93,55			
380	50	94,97	460	50	90,55	540	50	75,02			
380	60	82,17	460	60	87,00	540	60	79,74			
380	70	57,82	460	70	85,35	540	70	92,56			
380	80	57,75	460	80	87,32	540	80	95,09			
390	50	91,85	470	50	92,68	550	50	78,16			
390	60	94,25	470	60	88,78	550	60	75,87			
390	70	64,41	470	70	85,90	550	70	85,83			
390	80	57,51	470	80	85,71	550	80	95,12			

Ö. U. = Örnek uzunluğu, Hes. Değ. = Hesaplanan Değer

YKYLda elastikiyet değerlerine göre YSA yöntemi ile 10 mm aralık ile elde edilen örnek uzunluklarındaki 4 farklı stopta en yüksek elastikiyet değerleri (optimum delgi planları) Tablo 45’de gösterilmiştir.

Tablo 45. Örnek uzunluklarında en yüksek elastikiyet değeri gösteren stoplar

Ö. U.	Stop	Hes. Değ.	Ö. U.	Stop	Hes. Değ.	Ö. U.	Stop	Hes. Değ.	Ö. U.	Stop	Hes. Değ.
320	60	79,72	400	60	94,66	480	50	94,53	560	50	126,09
330	70	81,60	410	70	94,81	490	50	95,39	570	50	140,87
340	80	78,69	420	70	94,27	500	60	94,74	580	60	135,54
350	80	81,75	430	80	95,15	510	60	95,36	590	50, 60	140,87
360	50	79,12	440	80	93,83	520	70	94,93	600	50, 60	140,87
370	50	93,44	450	80	90,27	530	70	95,27			
380	50	94,97	460	50	90,55	540	80	95,09			
390	60	94,25	470	50	92,68	550	80	95,12			

Ö. U. = Örnek uzunluğu, Hes. Değ. = Hesaplanan Değer

### 3.5.4. Yapay Kaplamalı Liflevhalarda Elastikiyet Değerlerine Göre YSA Yöntemi

YSA'da öğrenme amacıyla YKLL da elastikiyet değerlerine ait kullanılan veri seti Tablo 46'da görülmektedir.

Tablo 46. Elastikiyet değerlerine ait veri seti

	Örnek uzunluğu (mm)	Stop (mm)	Elastikiyet (Nm/rad)
Eğitim	320	60	61,1
	320	80	71,95
	390	50	97,03
	390	60	107,76
	390	70	81,15
	460	50	85,82
	460	70	81,47
	460	80	82,06
	530	50	91,52
	530	60	95,83
	530	80	108,93
	600	60	118,52
600	70	120,19	
Test	320	50	80,99
	320	70	91,2
	390	80	76,45
	460	60	64,22
	530	70	93,76
	600	50	121,19
	600	80	81,01

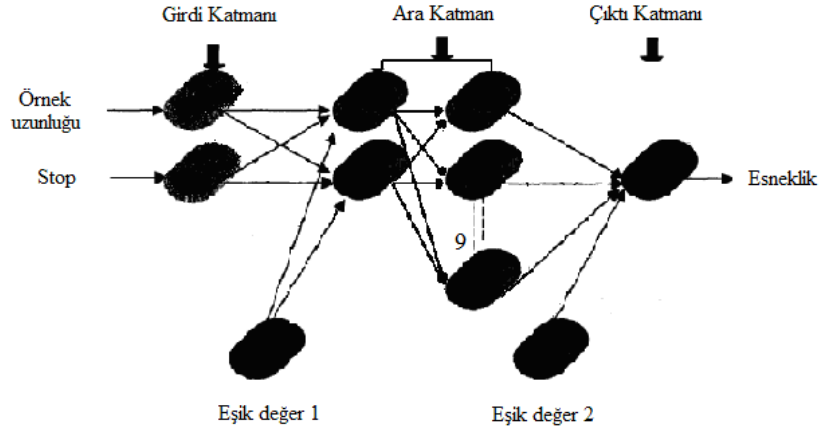
Tahmini değerlerin gerçek değerlerle karşılaştırılması sonucunda seçilen model kullanılarak hesaplanan değerler ile gerçek (deneysel) değerlerin karşılaştırılması ve hesaplanan sapma miktarları Tablo 47’de görülmektedir.

Tablo 47. Hesaplanan değerler ile gerçek değerlerin karşılaştırılması ve sapma miktarı

	<b>Gerçek değerler</b>	<b>Hesaplanan değerler</b>	<b>Hata</b>
<b>Eğitim</b>	61,1	61,1602	-0,0602
	71,95	71,9428	0,0072
	97,03	97,0232	0,0068
	107,76	107,7583	0,0017
	81,15	81,1663	-0,0163
	85,82	85,8205	-0,0005
	81,47	81,4779	-0,0079
	82,06	82,0701	-0,0101
	91,52	91,5201	-0,0001
	95,83	95,873	-0,043
	108,93	108,9166	0,0134
	118,52	118,319	0,201
	120,19	119,9583	0,2317
<b>Test</b>	80,99	97,668	-16,678
	91,2	107,234	-16,034
	76,45	72,4759	3,9741
	64,22	67,0455	-2,8255
	93,76	107,8055	-14,0455
	121,19	121,1386	0,0514
	81,01	91,8522	-10,8422

Gizli katmanında farklı sayıda hücre değerleri alınarak, farklı mimaride YSA’lar elde edilmiş ve YKLL da elastikiyet değerleri için bunlardan Şekil 43’de görülen [2 9 1] yapısı en uygun bulunmuştur.



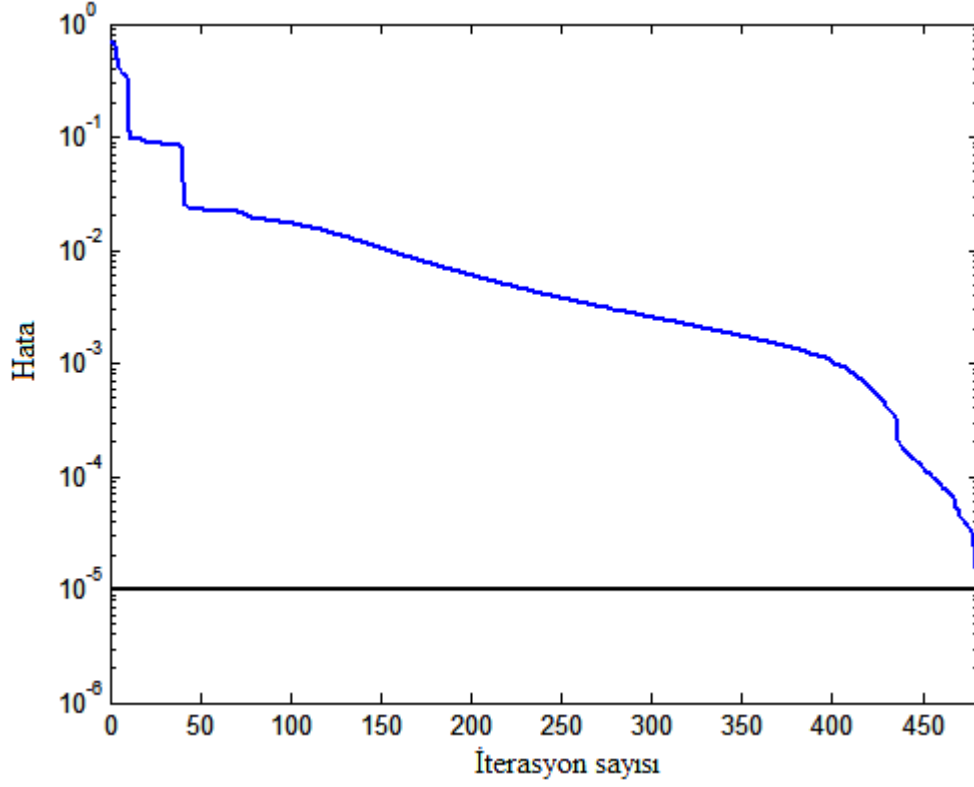


Şekil 43. Elastikiyet değerleri için seçilen YSA mimarisi

Tanjant sigmoid fonksiyonu modeline göre eğitim ve deneme veri kümeleri eşitlik 9 yardımıyla  $[-1,1]$  aralığına normalize edilmiştir.

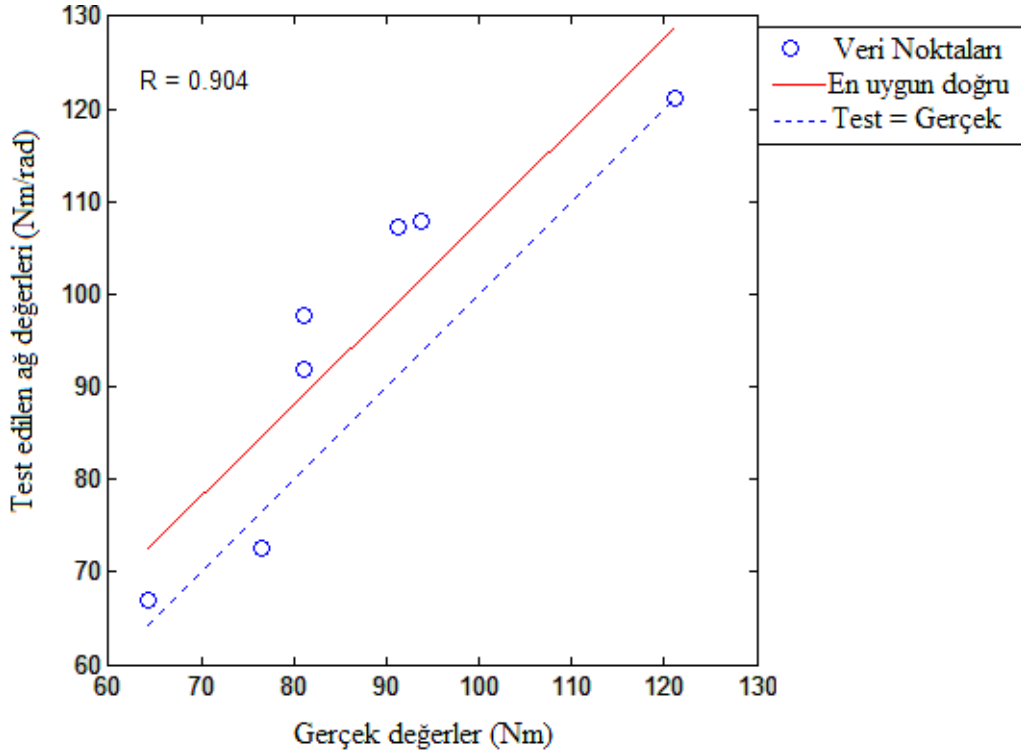
Eğitimde karesel hata  $e \leq 0,00001$  şartı sağlanmaya çalışılmış, YKYL'nın moment değeri için  $[2 \ 9 \ 1]$  gizli hücreli YSA'larda bu hata değerinin altına inilebilmiştir. Her bir veri setinin hesaplanmasından sonra bütün ağırlıklar düzeltilerek yenilenmiştir.  $[2 \ 9 \ 1]$  gizli hücresi olan ağ 480 tekrardan sonra istenilen hata değerine ulaşmıştır. Elde edilen veriler ters normalize işlemine tabi tutularak orijinal değerlerine çevrilmiştir.

Seçilen yapay sinir ağının iterasyona bağlı hata değişim miktarı Şekil 44'deki grafikte görülmektedir.

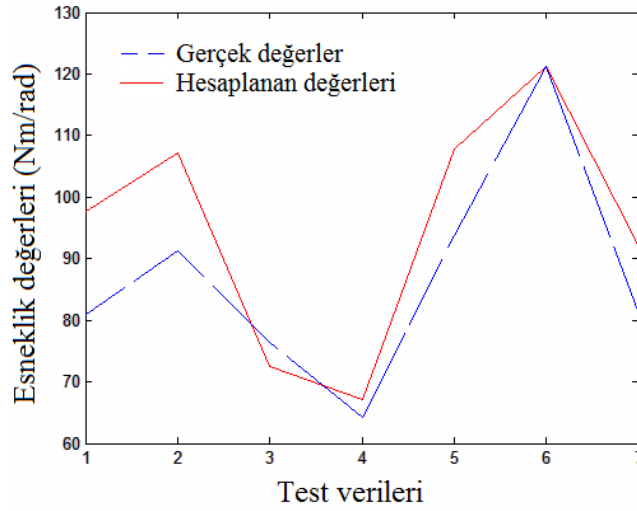


Şekil 44. YSA'nın iterasyona bağlı hata değişim grafiği

Gerçek değerler (deneysel ölçüm sonuçları) ile YSA metodu kullanılarak hesaplanmış değerler (simulasyon değerleri) arasındaki ilişki Şekil 45'de, karşılaştırılması ise Şekil 46'da görülmekte olup korelasyon katsayısı 124,836 olarak bulunmuştur.



Şekil 45. Deneysel değerleri ile eğitim değerleri arasındaki ilişki



Şekil 46. Deneysel değerleri ile eğitim değerlerinin karşılaştırılması

Test setinden elde edilen sonuçlar ile problemin gerçek sonucu göz önüne alındığında % 10,9 hata oranıyla ağıın yeterli hassasiyette sonuçlar bulunduğu görülmektedir.

Eğitilen ve test edilen yapay sinir ağına sınır değerleri arasında sunulan verilerden elde edilen YKLL'nın elastikiyet değerlerine ait sonuçlar Tablo 48'de verilmiştir.

Tablo 48. Eğitilen ve test edilen yapay sinir ağına sınır değerleri arasında sunulan verilerden elde edilen elastikiyet değerlerine ait sonuçlar

Ö. U.	Stop	Hes. Değ.	Ö. U.	Stop	Hes. Değ.	Ö. U.	Stop	Hes. Değ.	Ö. U.	Stop	Hes. Değ.
320	50	97,67	400	50	96,67	480	50	80,58	560	50	121,09
320	60	61,16	400	60	100,19	480	60	69,60	560	60	111,01
320	70	107,23	400	70	79,40	480	70	86,66	560	70	116,82
320	80	71,94	400	80	72,86	480	80	90,42	560	80	107,31
330	50	97,56	410	50	96,10	490	50	82,09	570	50	121,15
330	60	61,10	410	60	89,48	490	60	72,55	570	60	113,86
330	70	104,28	410	70	78,35	490	70	90,20	570	70	118,30
330	80	71,92	410	80	73,41	490	80	95,41	570	80	104,57
340	50	97,49	420	50	95,21	500	50	89,95	580	50	121,15
340	60	61,11	420	60	79,16	500	60	76,88	580	60	115,89
340	70	100,37	420	70	77,91	500	70	94,30	580	70	119,22
340	80	71,91	420	80	74,21	500	80	100,23	580	80	100,84
350	50	97,45	430	50	93,85	510	50	103,55	590	50	121,15
350	60	63,45	430	60	72,26	510	60	82,54	590	60	117,32
350	70	95,86	430	70	78,01	510	70	98,81	590	70	119,74
350	80	71,92	430	80	75,35	510	80	104,28	590	80	96,42
360	50	97,41	440	50	91,87	520	50	110,78	600	50	121,14
360	60	97,89	440	60	68,70	520	60	89,12	600	60	118,32
360	70	91,28	440	70	78,64	520	70	103,43	600	70	119,96
360	80	71,97	440	80	76,94	520	80	107,21	600	80	91,85
370	50	97,35	450	50	89,16	530	50	91,52			
370	60	111,08	450	60	67,24	530	60	95,87			
370	70	87,13	450	70	79,79	530	70	107,81			
370	80	72,06	450	80	79,13	530	80	108,92			
380	50	97,23	460	50	85,82	540	50	82,40			
380	60	111,47	460	60	67,05	540	60	102,03			
380	70	83,73	460	70	81,48	540	70	111,61			
380	80	72,22	460	80	82,07	540	80	109,48			
390	50	97,02	470	50	82,51	550	50	119,57			
390	60	107,76	470	60	67,82	550	60	107,11			
390	70	81,17	470	70	83,76	550	70	114,62			
390	80	72,48	470	80	85,86	550	80	108,94			

Ö. U. = Örnek uzunluğu, Hes. Değ. = Hesaplanan Değer

YKLL da elastikiyet değerlerine göre YSA yöntemi ile 10 mm aralık ile elde edilen örnek uzunluklarındaki 4 farklı stopta en yüksek elastikiyet değerleri (optimum delgi planları) Tablo 49’da gösterilmiştir.

Tablo 49. Örnek uzunluklarında en yüksek elastikiyet değeri gösteren stoplar

Ö. U.	Stop	Hes. Değ.	Ö. U.	Stop	Hes. Değ.	Ö. U.	Stop	Hes. Değ.	Ö. U.	Stop	Hes. Değ.
320	70	107,23	400	60	100,19	480	80	90,42	560	50	121,09
330	70	104,28	410	50	96,10	490	80	95,41	570	50	121,15
340	70	100,37	420	50	95,21	500	80	100,23	580	50	121,15
350	50	97,45	430	50	93,85	510	80	104,28	590	50	121,15
360	60	97,89	440	50	91,87	520	50	110,78	600	50	121,14
370	60	111,08	450	50	89,16	530	80	108,92			
380	60	111,47	460	50	85,82	540	70	111,61			
390	60	107,76	470	80	85,86	550	50	119,57			

Ö. U. = Örnek uzunluğu, Hes. Değ. = Hesaplanan Değer

### 3.6. Göçme Şekilleri

Deneyle sonuçunda örneklerde çeşitli göçmelerle karşılaşmıştır. Örneklerdeki göçmeler genellikle örneklerin dikey parçalarında ve birleştirme elemanlarının etkisindeki kenarları boyunca kırılma, kopma, parçalanma ve ayrılma şeklinde oluştuğu görülmüştür. Bunun yanında parça yüzeylerinde de göçme olmaksızın birleştirme elemanlarının çıkma veya sıyrılma şeklindeki göçmeleriyle karşılaşmıştır. Göçme şekilleri gruplandırılmış (Şekil 47) ve örnek yüzdeleri belirlenerek Tablo 50 - 52'de verilmiştir.



a) Kavela etkisindeki göçme



b) Kavela ve dübel etkisindeki göçme



c) Dübel etkisinde göçme

d) Birleştirme elemanlarının  
sıyırılma şeklinde göçme

Şekil 47. Çeşitli göçme şekilleri

Tablo 50. YKYL’da deney örnekleri göçme çeşitlerine ait yüzdeler

Grup no	Arka stop	YKYL’da göçme yerleri										
		Kavela Etkisinde	Dübel Etkisinde	Sıyırılma	Kavela ve Dübel Etkisinde		İlkisinde de Eşit Etkide	Ön	Arka	Ön ve Arka Kısımda		İkisinde de Eşit
					Kavela Etkisinde Daha Fazla	Dübel Etkisinde Daha Fazla				Ön Kısımda Daha Fazla	Arka Kısımda Daha Fazla	
32-50	46				80	20		10		20	60	20
32-60	36				10			90	80			10
32-70	58					40		60	70		10	10
32-80	80		30		20			50	40	10	20	
39-50	20					10		90		20	80	
39-60	42	10			30	50		10	30		60	10
39-70	64	30			10			60	10	10	30	50
39-80	54	30			10	10		50	70	10		10
46-50	26	50			30			20	10	30	40	20
46-60	48	60			20			20	10		40	40
46-70	70	10			10			80	10		60	30
46-80	60	10	10			10		70	50		30	20
53-50	32	40			10			50		10		40
53-60	54	10	20		10			30	70			20
53-70	44	30			20			30	20		70	10
53-80	66	60				40			20		50	30
60-50	38					30		70	30		60	10
60-60	60	10		10		20		60	30		40	20
60-70	50	20	10					70	80			10
60-80	72					10		90	30	20	50	

Tablo 51. YKLL'da deney örnekleri göçme çeşitlerine ait örnek sayıları

Grup no	Arka stop	YKLL'da göçme yerleri										
		Kavela Etkisinde	Dübel Etkisinde	Sıyırılma	Kavela ve Dübel Etkisinde		Ön	Arka	Ön ve Arka Kısımda			
					Kavela Etkisinde Daha Fazla	Dübel Etkisinde Daha Fazla			Ön Kısımda Fazla	Daha Fazla	Arka Kısımda Daha Fazla	İkisinde de Eşit
32-50	46	30	10	30	30		30	30	10			
32-60	36	10	30		20	40	10	50	10	20		
32-70	58	10	20			80		60	10	20	20	20
32-80	80					80	20	30	30	30	10	10
39-50	20				60	20	20		30	40	30	30
39-60	42	10	10	10	10	50	10	10	10	60	10	10
39-70	64				30	40	30	50		50		
39-80	54	10	10	10	40	20	10	70		20		
46-50	26				30	10	60		50	40		
46-60	48	10	10	10	10	20	40	30	20	10	10	40
46-70	70		30			50	20	70	20	10		
46-80	60	20	20		20	20	20	20	20	60		
53-50	32	10		20		20	50	20	40	20		
53-60	54					50	50	20		50	20	20
53-70	44	60		10	10	20		70			20	20
53-80	66		20	30		10	40	60		10		
60-50	38	20				30	50	10	10	80		
60-60	60			20	10	20	40	30	10	10	10	10
60-70	50			20	10	20	50	30		30	20	20
60-80	72	10			20	30	40	40	10	50		



Tablo 52. Göçme şekillerine göre değerleri (%)

<b>Göçme Yeri (Birleştirme Elemanları açısından)</b>	<b>YKYL (%)</b>	<b>YKLL (%)</b>
Hem kavela hem de dübel yerinde	50	27,5
Sadece kavela yerinde	18,5	10
Hem kavela hem de dübel yerinde ancak dübelde daha fazla	14,5	31,5
Hem kavela hem de dübel yerinde ancak kavelada daha fazla	13	15
Sadece dübel yerinde	3,5	8
Hiçbir yerde (sıyırılma)	0,5	8
<b>Toplam</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>Göçme Yeri (Örnekteki yerleşimleri açısından)</b>		
Hem ön hem de arka tarafında ancak arkada daha fazla	35	30,5
Arka tarafında	32	35
Hem önde hem arka tarafta	18	9
Ön tarafında	9,5	5,5
Hem ön hem de arka tarafında ancak önde daha fazla	5	12
Hiçbir yerde	0,5	8
<b>Toplam</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Tablo 52’de görüldüğü gibi; deney örneklerinde birleştirme elemanları açısından oluşan göçmeler, en çok YKYL da % 50’si her iki birleştirme elemanında, YKLL da % 31,5’i dübelde daha fazla olmak üzere her iki birleştirme elemanında, en az ise YKYL da % 0,5’i hiçbir yerde oluşmayıp sıyırılma şeklinde, YKLL da % 8’i hem sadece kavela yerinde hem de sıyırılma şeklinde oluşmuştur. Örnekteki yerleşimleri açısından oluşan göçmeler ise en çok YKYL da % 35’i örneğin hem ön hem de arka tarafında ancak arka tarafında daha fazla, YKLL da % 35’i örneğin arka tarafında, en az ise YKYL da % 0,5’i sıyırılma şeklinde, YKLL da % 5,5’i örneğin ön tarafında oluşmuştur.

## 4. SONUÇLAR

Levha çeşidi, örnek uzunluğu, stop, moment ve elastikiyet arasında  $P < 0,05$  önem düzeyi ile anlamlı korelasyonlar bulunmuştur. Moment ile elastikiyet, levha çeşidi ve örnek uzunluğu arasında, elastikiyet ile örnek uzunluğu değerleri arasında pozitif, moment ile stop değerleri ve elastikiyet ile stop değerleri arasında ise negatif korelasyon bulunmuştur. Elastikiyet ile levha çeşidi arasında, levha çeşidi ile örnek uzunluğu ve stop arasında ve örnek uzunluğu ile stop arasında anlamlı korelasyon olmadığı bulunmuştur. Elde edilen korelasyon katsayıları ile en yüksekten en düşüğe doğru sırası ile moment-elastikiyet için ( $r = 0,768$ ) yüksek, elastikiyet -örnek uzunluğu için ( $r = 0,675$ ), moment-örnek uzunluğu için ( $r = 0,567$ ) orta, moment-levha çeşidi için ( $r = 488$ ) zayıf, elastikiyet-stop için ( $r = 0,183$ ) ve moment-stop için ( $r = 0,157$ ) en zayıf olarak bulunmuştur

### 4. 1. Moment Değerleri

YKYL malzemelerde, en büyük moment değeri 600-50 tipi birleştirmelerde (23.6 Nm), en küçük moment değeri ise 390x80 tipi birleştirmelerde (7.67 Nm) elde edilmiştir. YKLL malzemelerde ise en büyük moment değeri 600x50 tipi birleştirmelerde (31.23 Nm), en küçük moment değeri ise 320x50 tipi birleştirmelerde (12.43 Nm) elde edilmiştir.

Örnek uzunluklarına ait en büyük moment değerleri; YKYL da 320 ve 390 mm için stop 60 (sırasıyla 12.63 ve 15.83 Nm), 460 ve 600 mm için stop 50 (sırasıyla 13.62 ve 23.60 Nm) ve 530 mm için stop 80 (15.35 Nm), YKLL da ise 320 mm için stop 70 (16.13 Nm), 390 mm için de stop 60 (24.38 Nm), 460 ve 600 mm için de stop 50 (sırasıyla 18.80 ve 31.23 Nm) ve 530 mm için de stop 80 (22.45 Nm) olarak belirlenmiştir.

Örnek uzunluklarına ait en küçük moment değerleri; hem YKYL hem de YKLL da sırasıyla 320 mm için stop 50 (8.85 ve 12.43 Nm), 390 mm için stop 80 (7.67 ve 15.12 Nm), 460 mm için stop 60 (13.09 ve 14.18 Nm), 530 mm için stop 50 (12.33 ve 17.03 Nm) ve 600 mm için ise stop 80 (12.98 ve 19.93 Nm) olarak belirlenmiştir.

Stop değerlerine göre ise en büyük moment değerleri; hem YKYL hem de YKLL da örnek uzunlukları, 600 mm için 50, 60 ve 70 mm stoplarda (sırasıyla YKYL için 23.60, 19.70 ve 22.85 Nm ve YKLL için 31.23, 30.23 ve 31.09 Nm) ve 530 mm için 80 mm stopta (sırasıyla 15.35 ve 22.45 Nm) olarak belirlenmiştir.

Stop değerlerine göre en küçük moment değerleri ise; örnek uzunlukları, YKYL da 50 ve 60 mm için 320 mm (sırasıyla 8.85 ve 12.63 Nm), 70 ve 80 mm için 390 mm (sırasıyla 8.76 ve 7.67 Nm), YKLL da ise 50 mm için de 320 mm (12.43 Nm), 60 mm için 460 mm (14.18 Nm), 70 ve 80 mm için de 390 mm (sırasıyla 15.30 ve 15.12 Nm) olarak belirlenmiştir.

YKYL ve YKLL'da yapılan varyans analizi sonuçlarına göre; momentler üzerinde örnek uzunluğu ve stopun bireysel etkileri ile bunların karşılıklı etkileşimleri % 0,01 önem düzeyinde önemli bulunmuştur.

Örnek uzunlukları değerlerine ait homojen gruplarının hem YKYL hem de YKLL'da, 4 farklı grupta olduğu görülmüştür. Bu homojenlik grupları; YKYL'da 600 mm uzunlukta yüksek, 530 ve 460 mm uzunluklarda istatistiksel olarak farksız ve orta, 390 mm uzunlukta düşük ve 320 mm uzunlukta ise en düşük, YKLL'da ise, 600 mm uzunlukta yüksek, 530 ve 390 mm uzunlukta istatistiksel olarak farksız ve orta, 460 mm uzunlukta düşük ve 320 mm uzunlukta ise en düşük çıkmıştır.

Stop değerlerine ait homojenlik grupları; hem YKYL hem de YKLL'da, 3 farklı grupta olduğu görülmüştür. Bu homojenlik grupları; YKYL'da, 60 ve 50 mm stopta istatistiksel olarak farksız ve yüksek, 70 mm stopta orta ve 80 mm stopta ise düşük, YKLL da ise, 60 ve 50 mm stopta yüksek, 50 ve 70 mm stopta orta ve 80 mm stopta ise düşük şeklinde oluşmuştur.

Örnek uzunlukları ile stop değerlerine ait ikili etkileşimlerinin homojenlik gruplarının YKYL'da 10 farklı grupta olduğu görülmüştür. Bunlar; 600x50 ve 600x70 mm'de istatistiksel olarak farksız ve en yüksek olarak birinci, 600x60 mm'de ikinci, 390x60, 530x80 ve 390x50 mm'de istatistiksel olarak farksız ve üçüncü, 530x60, 460x50, 460x80, 460x70 ve 460x60 mm'de istatistiksel olarak farksız ve dördüncü, 460x50, 460x80, 460x70, 460x60, 600x80, 530x70 ve 320x60 mm'de istatistiksel olarak farksız ve beşinci, 460x60, 600x80, 530x70, 320x60 ve 530x50 mm'de istatistiksel olarak farksız ve altıncı, 530x50 ve 320x70 mm'de istatistiksel olarak farksız ve yedinci, 320x70 ve 320x80 mm'de istatistiksel olarak farksız ve sekizinci, 320x50 ve 390x70 mm'de dokuzuncu ve 390x80 mm'de en düşük olarak onuncu homojenlik grubunu oluşturmuşlardır.

Örnek uzunlukları ile stop değerlerine ait ikili etkileşimlerinin homojenlik gruplarının YKLL'da 12 farklı homojenlik gruplarının oluştuğu görülmüştür. Bunlar; 600x50, 600x70 ve 600x60 mm'de istatistiksel olarak farksız ve en yüksek olarak birinci, 390x60 mm'de ikinci, 530x80 mm'de üçüncü, 390x50 ve 600x80 mm'de istatistiksel olarak farksız ve dördüncü, 600x80 ve 460x50 mm'de istatistiksel olarak farksız ve beşinci, 460x50, 530x60, ve 530x70 mm'de istatistiksel olarak farksız ve altıncı, 530x60, 530x70, 460x80, 530x50 ve 460x70 mm'de istatistiksel olarak farksız ve yedinci, 460x80, 530x50, 460x70, 320x70 ve 320x60 mm'de istatistiksel olarak farksız ve sekizinci, 530x50, 460x70, 320x70, 320x60 ve 320x80 mm'de istatistiksel olarak farksız ve dokuzuncu, 320x70, 320x60, 320x80, 390x70 ve 390x80 mm'de istatistiksel olarak farksız ve onuncu, 320x60, 320x80, 390x70, 390x80 ve 460x60 mm'de istatistiksel olarak farksız ve on birinci ve 320x50 mm'de en düşük olarak on ikinci homojenlik grubunu oluşturmuşlardır.

Örnek uzunlukları ile stop değerlerine ait ikili etkileşimlerinin örnek uzunluklarına göre homojenlik gruplarının YKYL'da 320, 390, 530 ve 600 mm örnek uzunluklarında 3 farklı grupta, 460 mm örnek uzunluğunda ise tek grupta oluştuğu görülmüştür. Bunlar; 320 mm örnek uzunluğunda 60 mm stop için yüksek, 70 ve 80 mm stoplar için istatistiksel olarak farksız ve orta, 50 mm stop için ise düşük, 390 mm örnek uzunluğunda 60 ve 50 mm stoplar için istatistiksel olarak farksız ve yüksek, 70 mm stop için orta, 80 mm stop için ise düşük, 460 mm örnek uzunluğunda tüm stop değerleri istatistiksel olarak farksız, 530 mm örnek uzunluğunda 80 mm stop için yüksek, 60 mm stop için orta, 70 ve 50 mm stoplar için ise istatistiksel olarak farksız ve düşük, 600 mm örnek uzunluğunda 50 ve 70 mm stoplar için istatistiksel olarak farksız ve yüksek, 60 mm stop için orta, 80 mm stop için ise düşük şeklinde oluşmuştur.

Örnek uzunlukları ile stop değerlerine ait ikili etkileşimlerinin örnek uzunluklarına göre homojenlik gruplarının YKLL'da 320, 530 ve 600 mm örnek uzunluklarında 2, 390 ve 460 mm örnek uzunluklarında ise 3 farklı grupta oluştuğu görülmüştür. Bunlar; 320 mm örnek uzunluğunda 70, 60 ve 80 mm stoplar için istatistiksel olarak farksız ve yüksek, 50 mm stop için ise düşük, 390 mm örnek uzunluğunda 60 mm stop için yüksek, 50 mm stop için orta, 70 ve 80 mm stoplar için ise istatistiksel olarak farksız ve düşük, 460 mm örnek uzunluğunda 50 mm stop için yüksek, 80 ve 70 mm stoplar için istatistiksel olarak farksız ve orta, 60 mm stop için ise düşük, 530 mm örnek uzunluğunda 80 mm stop için yüksek, 60, 70 ve 50 mm stop için ise istatistiksel olarak farksız ve düşük, 600 mm örnek

uzunluğunda 50, 70 ve 60 mm stoplar için istatistiksel olarak farksız ve yüksek, 80 mm stop için ise düşük şeklinde oluşmuştur.

YSA yöntemi ile elde edilen sonuçlardan levha çeşidine, moment ve elastikiyet değerlerine göre ayrı ayrı 1 cm aralık ile elde edilen levha uzunluğu ve onların 4 farklı stop değerlerinden her levha uzunluğu için en yüksek değerini yani optimum delgi planını veren değerler Tablo 53, 54'de verilmiştir. Bu tablolardan bakılarak hangi levha uzunluğu için hangi stop değerinin uygulanması gerektiği belirlenebilmektedir.

Tablo 53. YKYL'da örnek uzunluklarında en yüksek moment değeri gösteren stoplar

Ö. U.	Stop	Hes. Değ.	Ö. U.	Stop	Hes. Değ.	Ö. U.	Stop	Hes. Değ.	Ö. U.	Stop	Hes. Değ.
320	60	12,63	400	50	15,38	480	50	12,98	560	80	22,59
330	50	11,47	410	50	15,14	490	50	12,70	570	80	23,22
340	50	16,12	420	50	14,87	500	50	12,45	580	80	22,73
350	50	16,16	430	50	14,57	510	60	12,23	590	70	19,78
360	50	16,06	440	50	14,26	520	80	12,06	600	70	19,86
370	50	15,93	450	50	13,93	530	80	15,35			
380	50	15,77	460	50	13,60	540	80	20,52			
390	60	15,60	470	50	13,28	550	80	21,31			

Tablo 54. YKLL'da örnek uzunluklarında en yüksek moment değeri gösteren stoplar

Ö. U.	Stop	Hes. Değ.	Ö. U.	Stop	Hes. Değ.	Ö. U.	Stop	Hes. Değ.	Ö. U.	Stop	Hes. Değ.
320	70	16,14	400	60	26,88	480	80	17,47	560	80	31,14
330	70	16,03	410	50	27,81	490	80	17,67	570	80	31,20
340	60	16,18	420	50	30,04	500	80	17,99	580	70	31,20
350	60	16,58	430	50	29,67	510	80	18,60	590	70	31,21
360	60	17,26	440	50	26,75	520	80	19,83	600	60	31,20
370	60	18,52	450	50	21,81	530	80	22,42			
380	60	20,86	460	50	18,82	540	80	26,94			
390	60	24,37	470	50	17,64	550	80	30,44			

Stop değerleri için YSA yöntemi ile belirlenen en uygun örnek uzunlukları Tablo 55'deki gibi belirlenebilmektedir.

Tablo 55. Stop değerleri için en uygun örnek uzunlukları

Stop (mm)	Örnek Uzunlukları (mm)	
	YKYL	YKLL
50	330-380, 400-500	410-470,
60	320, 390, 510,	340-400, 600
70	590, 600	320, 330, 580, 590
80	520-580	480-570

#### 4. 2. Elastikiyet Değerleri

YKYL malzemelerde, en büyük elastikiyet değeri 600x50 tipi birleştirmelerde (140.87 Nm/rad), en küçük elastikiyet değeri ise 390x80 tipi birleştirmelerde (57.45 Nm/rad) elde edilmiştir. YKLL malzemelerde ise en büyük elastikiyet değeri de 600x60 tipi birleştirmelerde (121.19 Nm/rad), en küçük elastikiyet değeri ise 320x60 tipi birleştirmelerde (61.10 Nm) elde edilmiştir.

Örnek uzunluklarına ait en büyük elastikiyet değerleri; YKYL da 320 ve 390 mm için stop 60 (sırasıyla 79.72 ve 94.25 Nm/rad), 460 ve 600 mm için stop 50 (90.55 ve 140.87 Nm/rad) ve 530 mm için stop 80 (93.55 Nm/rad), YKLL da ise 320 mm için stop 70 (91.20 Nm/rad), 390 mm için stop 60 (107.76 Nm/rad), 460 ve 600 mm için de stop 50 (85.82 ve 121.19 Nm/rad), 530 mm için de stop 80 (108.93 Nm/rad) olarak belirlenmiştir.

Örnek uzunluklarına ait en küçük elastikiyet değerleri; YKYL da 320 ve 530 mm için stop 50 (sırasıyla 59.80 ve 76.21 Nm/rad), 390 ve 600 mm için stop 80 (sırasıyla 57.45 ve 96.55 Nm/rad), 460 mm için stop 60 (73.95 Nm/rad), YKLL da ise 320 ve 460 mm için stop 60 (sırasıyla 61.10 ve 64.22 Nm/rad), 390 ve 600 mm için de stop 80 (sırasıyla 76.45 ve 81.01 Nm/rad) ve 530 mm için stop 50 (91.52 Nm/rad) olarak belirlenmiştir.

Stop değerlerine göre ise en büyük elastikiyet değerleri; örnek uzunlukları, YKYL da 600 mm için stopları 50, 60, 70 ve 80 mm (sırasıyla 140.87, 135.13, 139.66 ve 96.55 Nm/rad), YKLL da ise 600 mm için stopları 50, 60 ve 70 mm (sırasıyla 121.19, 118.52 ve 120.19 Nm/rad) ve 530 mm için ise stopu 80 mm (108.93 Nm/rad) olarak belirlenmiştir.

Stop değerlerine göre en küçük elastikiyet değerleri ise; örnek uzunlukları, YKYL da 320 mm için stopu 50 mm (59.80 Nm/rad), 460 mm için stopu 60 mm (73.95 Nm/rad), 70 ve 390 mm için stopu 80 mm (sırasıyla 64.41 ve 57.45 Nm/rad), YKLL da ise 320 mm

için stopu 50, 60 ve 80 mm (sırasıyla 80.99, 61.10 ve 71.95 Nm/rad) ve 390 mm için stopu 70 mm (81.15 Nm/rad) olarak belirlenmiştir.

YKYL ve YKLL'da yapılan varyans analizi sonuçlarına göre; elastikiyetler üzerinde örnek uzunluğu ve stopun bireysel etkileri ile bunların karşılıklı etkileri (etkileşim) % 0,01 önem düzeyinde önemli bulunmuştur.

Örnek uzunluk değerlerine ait homojenlik gruplarının YKYL'da, 4 farklı grupta olduğu görülmüştür. Bu homojenlik grupları; 600 mm uzunlukta yüksek, 530 ve 460 mm uzunluklarda istatistiksel olarak farksız ve orta, 390 mm uzunlukta düşük ve 320 mm uzunlukta ise en düşük, YKLL da ise, 5 homojenlik grubu 600 mm uzunlukta en yüksek, 530 mm uzunlukta yüksek, 390 mm uzunlukta orta, 460 mm uzunlukta düşük ve 320 mm uzunlukta ise yine en düşük şeklinde çıkmıştır.

Stop değerlerine ait homojenlik gruplarının hem YKYL hem de YKLL'da 4 farklı homojenlik grubunun olduğu görülmüştür. Bu homojenlik grupları; YKYL'da 60 mm stopta en yüksek, 50 mm stopta yüksek, 70 mm stopta düşük ve 80 mm stopta ise en düşük, YKLL'da ise, 50 mm stopta en yüksek, 70 mm stopta yüksek, 60 mm stopta düşük ve 80 mm stopta ise yine en düşük şeklinde oluşmuştur.

Örnek uzunlukları ile stop değerlerine ait ikili etkileşimlerinin homojenlik gruplarının YKYL'da 15 farklı homojenlik gruplarının olduğu görülmüştür. Bunlar; 600x50 ve 600x70 mm'de istatistiksel olarak farksız ve en yüksek olarak birinci, 600x60 mm'de ikinci, 600x80 mm'de üçüncü, 390x60 ve 530x80 mm'de istatistiksel olarak farksız ve dördüncü, 390x50 ve 460x50 mm'de istatistiksel olarak farksız ve beşinci, 460x80 ve 530x60 mm'de istatistiksel olarak farksız ve altıncı, 460x70 mm'de yedinci, 530x70 mm'de sekizinci, 320x60 mm'de dokuzuncu, 530x50 ve 320x70 mm'de istatistiksel olarak farksız ve onuncu, 320x70 ve 460x60 mm'de istatistiksel olarak farksız ve on birinci, 320x80 mm'de on ikinci, 390x70 mm'de on üçüncü, 320x50 mm'de on dördüncü ve 390x80 mm'de en düşük olarak on beşinci homojenlik grubunu oluşturmuşlardır.

Örnek uzunlukları ile stop değerlerine ait ikili etkileşimlerinin homojenlik gruplarının YKLL'da 12 farklı homojenlik gruplarının olduğu görülmüştür. Bunlar; 600x50 ve 600x70 mm'de istatistiksel olarak farksız ve en yüksek olarak birinci, 600x60 mm'de ikinci, 530x80 ve 390x60 mm'de istatistiksel olarak farksız ve üçüncü, 390x50 ve 530x60 mm'de istatistiksel olarak farksız ve dördüncü, 530x70 mm'de beşinci, 530x50 ve 320x70 mm'de istatistiksel olarak farksız ve altıncı, 460x50 mm'de yedinci, 460x80, 460x70, 390x70, 600x80 ve 320x50 mm'de istatistiksel olarak farksız ve sekizinci, 390x80

mm'de dokuzuncu, 320x80 mm'de onuncu, 460x60 mm'de on birinci ve 320x60 mm'de en düşük olarak on ikinci homojenlik grubunu oluşturmuşlardır.

Örnek uzunlukları ile stop değerlerine ait ikili etkileşimlerinin örnek uzunluklarına göre homojenlik gruplarının YKYL'da 320, 390, 460 ve 530 mm örnek uzunluklarında 4 farklı homojenlik gruplarının, 600 mm örnek uzunluğunda ise 3 homojenlik grubunun olduğu görülmüştür. Bunlar; 320 mm örnek uzunluğunda 60 mm stop için en yüksek, 70 mm stop için yüksek, 80 mm stop için orta ve 50 mm stop için ise düşük, 390 mm örnek uzunluğunda 60 mm stop için en yüksek, 50 mm stop için yüksek, 70 mm stop için orta ve 80 mm stop için ise düşük, 460 mm örnek uzunluğunda 50 mm stop için en yüksek, 80 mm stop için yüksek, 70 mm stop için orta ve 60 mm stop için ise düşük, 530 mm örnek uzunluğunda 80 mm stop için en yüksek, 60 mm stop için yüksek, 70 mm stop için orta ve 50 mm stop için ise düşük, 600 mm örnek uzunluğunda 50 ve 70 mm stoplar için istatistiksel olarak farksız ve yüksek, 60 mm stop için orta, 80 mm stop için ise düşük şeklinde oluşmuştur.

Örnek uzunlukları ile stop değerlerine ait ikili etkileşimlerinin örnek uzunluklarına göre homojenlik gruplarının YKLL'da 320, 390 ve 530 mm örnek uzunluklarında 4 farklı homojenlik gruplarının, 460 ve 600 mm örnek uzunluğunda ise 3 homojenlik gruplarının olduğu görülmüştür. Bunlar; 320 mm örnek uzunluğunda 70 mm stop için en yüksek, 50 mm stop için yüksek, 80 mm stop için orta ve 60 mm stop için ise düşük, 390 mm örnek uzunluğunda 60 mm stop için en yüksek, 50 mm stop için yüksek, 70 mm stop için orta ve 80 mm stop için ise düşük, 460 mm örnek uzunluğunda 50 mm stop için yüksek, 80 ve 70 mm stoplar için istatistiksel olarak farksız ve orta ve 60 mm stop için ise düşük, 530 mm örnek uzunluğunda 80 mm stop için en yüksek, 60 mm stop için yüksek, 70 mm stop için orta ve 50 mm stop için ise düşük, 600 mm örnek uzunluğunda 50 ve 70 mm stoplar için istatistiksel olarak farksız ve yüksek, 60 mm stop için orta, 80 mm stop için ise düşük şeklinde oluşmuştur.

YKLL da YKYL ya göre moment değerlerinde % 40 daha yüksek, elastikiyet değerlerinde ise yaklaşık aynı sonuçlar elde edilmiştir.

YSA yöntemi ile elde edilen sonuçlardan levha çeşidine, moment ve elastikiyet değerlerine göre ayrı ayrı 1 cm aralık ile elde edilen levha uzunluğu ve onların 4 farklı stop değerlerinden her levha uzunluğu için en yüksek değerini yani optimum delgi planını veren değerler Tablo 56, 57'de verilmiştir. Bu tablolardan bakılarak hangi levha uzunluğu için hangi stop değerinin uygulanması gerektiği belirlenebilmektedir.



Tablo 56. YKYL’da örnek uzunluklarında en yüksek elastikiyet elastikiyet değeri gösteren stoplar

Ö. U.	Stop	Hes. Değ.	Ö. U.	Stop	Hes. Değ.	Ö. U.	Stop	Hes. Değ.	Ö. U.	Stop	Hes. Değ.
320	60	79,72	400	60	94,66	480	50	94,53	560	50	126,09
330	70	81,60	410	70	94,81	490	50	95,39	570	50	140,87
340	80	78,69	420	70	94,27	500	60	94,74	580	60	135,54
350	80	81,75	430	80	95,15	510	60	95,36	590	50, 60	140,87
360	50	79,12	440	80	93,83	520	70	94,93	600	50, 60	140,87
370	50	93,44	450	80	90,27	530	70	95,27			
380	50	94,97	460	50	90,55	540	80	95,09			
390	60	94,25	470	50	92,68	550	80	95,12			

Tablo 57. YKLL’da örnek uzunluklarında en yüksek elastikiyet değeri gösteren stoplar

Ö. U.	Stop	Hes. Değ.	Ö. U.	Stop	Hes. Değ.	Ö. U.	Stop	Hes. Değ.	Ö. U.	Stop	Hes. Değ.
320	70	107,23	400	60	100,19	480	80	90,42	560	50	121,09
330	70	104,28	410	50	96,10	490	80	95,41	570	50	121,15
340	70	100,37	420	50	95,21	500	80	100,23	580	50	121,15
350	50	97,45	430	50	93,85	510	80	104,28	590	50	121,15
360	60	97,89	440	50	91,87	520	50	110,78	600	50	121,14
370	60	111,08	450	50	89,16	530	80	108,92			
380	60	111,47	460	50	85,82	540	70	111,61			
390	60	107,76	470	80	85,86	550	50	119,57			

Stop değerleri için YSA yöntemi ile belirlenen en uygun örnek uzunlukları Tablo 58’deki gibi önerilebilir.

Tablo 58. Stop değerleri için en uygun örnek uzunlukları

Stop (mm)	Örnek Uzunlukları (mm)	
	YKYL	YKLL
50	360-380, 460-490, 560, 570	350, 410-460, 520, 550-600
60	320, 390, 400, 500, 510, 580-600	360-400,
70	330, 410, 420, 520, 530	320-340, 540,
80	340, 350, 430-450, 540, 550	470-510, 530

## 5. ÖNERİLER

Çalışma sonuçlarına göre; örnek uzunluklarına ait en büyük moment ve elastikiyet değerleri yapay kaplamalı yongalevha ve liflevhalarda farklı uzunluklarda genellikle aynı stoplar da çıkmıştır. Bu bakımdan mobilya konstrüksiyonunda yeterli direncin sağlanmasında her iki çeşit levha için aynı delgi planları uygulanması önerilebilir.

Levha çeşitlerinde moment ve elastikiyet değerlerinde YKLL'lar YKYL'lardan daha yüksek değerler elde edilmiştir. Buna göre dirençlere duyarlı mobilya yapımlarında YKLL'nın, bunun dışında YKYL'nın kullanımlarının uygun olacağı düşünülebilir.

Örnek uzunluklarına göre moment ve elastikiyet değerlerinin değerlendirilmesinde; uzunluklar arttıkça bu değerlerin arttığı görülmüştür. Bunda örnek boyutları büyüklüğünün etkisi önemli etken olarak ortaya konulabilir.

Örnek stopları ile moment ve elastikiyet ilişkisinde; genellikle stoplar arttıkça değerlerin azaldığı, ancak bunun düşük miktarlarda olduğu görülmüştür.

Bu çalışma kabin tipi demonte mobilyada kavelalı-eksantrik çektirmeli birleştirme yöntemlerinde moment ve elastikiyet değerlerine göre yapılan delgi planları ile ilgili ilk araştırma olarak ortaya konulmuştur.

Mobilya konstrüksiyonunda delgi planları önemli bir yer tutmaktadır. Mobilyanın dirençleri yanında estetikliği ve iş akışını engellemeden işlem sayısını azaltarak üretimin artırılması delgi planları ile doğrudan ilişkilidir. Çalışmada; moment ve elastikiyet değerlerinde kavela merkezleri ve eksantrik çektirme elemanın kenara uzaklıklarının çok küçük veya büyük olmaması, yani aşırı miktarlar dışında en iyi sonuçlar elde edilmiştir. Bu amaçla birleştirme elemanlarından kavelaların merkez uzaklıkları ile eksantrik çektirmelerin kenara olan uzaklıklarında araştırma verilerine dayanılarak yapılmasının ve uygulanmasının en uygun olacağı belirtilebilir. Örnek birleştirme dirençlerini olumsuz etkilemesi bakımından delgi planlarında genellikle kavela merkezi uzaklıklarının 160 mm'den fazla ve kenar açıklıklarının ise 50 mm'den az olmaması önerilebilir.

Kabin tipi mobilya konstrüksiyonlarında uygun delgi planlarının yapılması ürün boyutları ile yakından ilişkilidir. Bu planların yapılmasında, mobilyanın destekleyici yan elemanları baz alınmakta, bunları taşıyıcı ara-alt-üst elemanlar ile raflar ve diğer mobilya elemanları planları izlemektedir. Destekleyici yan elemanların genişlikleri mobilyanın

derinliğini oluşturmakta ve standartlara göre ürün çeşidine göre oldukça farklı ölçülerdedir. Araştırmada bu durum göz önünde bulundurularak 5 farklı boyutta en uygun delgi planları belirlenmeye çalışılmıştır.

Mobilya kalite kontrolünde birçok standart direnç deneyleri uygulanmakta ve ürünle ilgili gerekli sonuçlara ulaşılabilen, ancak bunlar sınırlı olmaktadır. Bu bakımdan çalışmada yapay sinir ağları kullanılarak elde edilen sonuçların sınırları yanında, duyarlılıkları da arttırılmasına çalışılmıştır. Buna göre; yapay kaplamalı yongalevhalar ve liflevhaların moment ve elastikiyet değerleri örnek parçaların 10 mm aralıktaki uzunluklarında (ürün derinliğinde) belirlenmiştir. Ayrıca örnek parçaların uzunlukları ve stoplarına göre en büyük moment ve elastikiyet değerleri saptanmıştır. Böylece uygulamada mobilya ürün ölçülerine göre delgi planları seçeneği ve duyarlılığı arttırılmıştır.

Yapay sinir ağları yöntemi ile elde edilen sonuçlar, deneylerden elde edilen moment ve elastikiyet değerleri ile YKYL moment değerlerinde % 8,76, YKLL moment değerlerinde % 7,9, YKYL elastikiyet değerlerinde % 8,61 ve YKLL elastikiyet değerlerinde % 10,88 hata payıyla elde edilmiştir. Bütün bunlara bağlı olarak YSA ile elde edilen sonuçların bu tip mobilya uygulamalarında kullanılabilmesi önerilebilir.

Stop-örnek uzunlukları için YSA yöntemi ile belirlenen en uygun delgi planları aşağıdaki Tablo 59'daki gibi önerilebilir.

Tablo 59. Stop değerleri için en uygun örnek uzunlukları

Stop (mm)	Örnek Uzunlukları (mm)			
	Moment değerlerine göre		Elastikiyet değerlerine göre	
	YKYL	YKLL	YKYL	YKLL
50	330-380, 400-500	410-470,	360-380, 460-490, 560, 570	350, 410-460, 520, 550-600
60	320, 390, 510,	340-400, 600	320, 390, 400, 500, 510, 580-600	360-400,
70	590, 600	320, 330, 580, 590	330, 410, 420, 520, 530	320-340, 540,
80	520-580	480-570	340, 350, 430-450, 540, 550	470-510, 530

Çalışmada en uygun delgi planları en yüksek dirençlere göre belirlenmiştir. Ancak mobilyanın çeşitli elemanlarının delgi planları uygulama yapılan her bir farklı alet veya makinada en az işlemle gerçekleştirilmesini sağlayacak şekilde olmalıdır. Bu uygulama için YSA yöntemi ile parça uzunluklarının de 10 mm aralıkla belirlenen moment veya

elastikiyet değerleri ve bunların stoplarla etkileşiminden yaklaşık en uygun delgi planları bulunabilir.

Araştırmada birleştirme dirençlerini doğrudan etkileyen delgi planlarına bağlı örnek parçalarındaki göçmeler ve bunların düzeyidir. Buna göre örneklerin dikey parçası birleştirmenin en zayıf parçasını oluşturmuştur. Göçmeler genellikle parçaların kenarı boyunca değil birleştirme elemanlarının bulunduğu sınırlı alanlarda oluşmuştur. Birleştirme yerlerinin mobilya konstrüksiyonlarında en zayıf kısımlar olduğu bilinmektedir. Çalışmada kabin tipi mobilyalarda uygulanan en düşük dirençli köşe birleştirme denenmiştir. Bu birleştirme şekli yanında daha çok “Taşırmalı birleştirme şekilleri” kullanılarak mobilya dayanımlarının arttırıldığı konstrüksiyonlar uygulanmaktadır. Bunlara göre; çalışmada elde edilen direnç değerlerinin yükleri taşıması bakımından en düşük değerlerde olduğu, yaygın olarak uygulanan taşırmalı birleştirme tasarımları ile üretilecek mobilyaların dayanımlarının arttırılacağı göz önünde bulundurulmalıdır.

Araştırmada kabin tipi mobilya üretiminde yaygın olarak kullanılan 18 mm kalınlığındaki yapay kaplamalı yongalevha ve liflevhalarda kavelalı-eksantrik çektirmeli birleştirme elemanlarının delgi planlarına dayalı dirençleri belirlenmiştir. Bunlara bağlı olarak mobilya tasarımları, levha ve birleştirme elemanları çeşitleri ile bunların boyutlarındaki farklılıkların göz önünde bulundurulduğu farklı çalışmaların yapılması önerilebilir.

## 6. KAYNAKLAR

1. Eckelman, C., A. A Look At The Strength Design Of Furniture, Forest Products Journal, Vol. 16, 3 (1966) 21–24.
2. Tankut, A.N., Optimum Dowel Spacing for Corner Joints in 32-mm Cabinet Construction, Forest Products Journal, 55, 12 (2005) 100-104.
3. Örs, Y., Efe, H. ve Kasal, A., Kutu Konstrüksiyonlu Vidalı Mobilya Köşe Birleştirmelerin Çekme Direnci, Politeknik Dergisi, 4, 4 (2001) 1-9.
4. Kasal, A., S. Şener, Ç., Belgin, M. ve Efe, H., Bending Strength of Screwed Corner Joints with Different Materials, Gazi University Journal of Science, 19, 3 (2006) 155-161.
5. Özen, R., Yongalevha Endüstrisi, KTÜ Orman Fakültesi, Ders Notları, Yayın No:30, Trabzon, 1980.
6. Eroğlu, H., Lif Levha Endüstrisi, Trabzon, 1988.
7. Eckelman, C.A., Textbook of Product Engineering and Strength Design of Furniture, Purdue Üniversitesi, West Lafayette, IN., 2003
8. Malkoçoğlu, A.K., Mobilya Endüstrisi Ders Notu, KTÜ Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü. Trabzon, 2009.
9. Koç, H. ve Koç, R., Bilgisayar Destekli Üretim ve Türkiye Mobilya Endüstrisinin Geleceği, Mobilya Dekorasyon, 67 (2005) 22-38.
10. TS 4521. Ağaç Mobilya-Terimler ve Tanımlar, TSE, Ankara, Nisan 1985.
11. Eckelman, C.A. ve Zhang, J., Uses of the GSA Performance Test Method for Upholstered Furniture in the Engineering of Upholstered Furniture Frames, Holz Roh Werkstoff, 53 (1995) 261-267,.
12. Efe, H. ve İmirzi, H.Ö., Mobilya Üretiminde Kullanılan Çeşitli Bağlantı Elemanlarının Mekanik Davranış Özellikleri, Politeknik Dergisi, 10 (2007) 93–103.
13. FAO, The Requirements and Use of Wood-based Panels in Furniture Manufacture, February, FO/WCWP/75, Doc no. 130, New Delhi, India, 1975.
14. Denizli, N., Improving the Strength and Durability of Panel-based Cabinet Furniture, A thesis, Purdue University, 2001.
15. Eckelman, C. A., Designing High Quality Furniture With Wood Composites, Purdue University Paper, p: 42 – 47, 1999.

16. Eckelman, C.A., Designing High Quality Furniture with Wood Composites, "Compospte Board Products for Furniture and Cabinets" Proceedings 57357, 42-47, Greensboro, North Carolina, 1986.
17. Hicks, D.L., The Woodsmith Collection Bookcases and Shelves, Home Publishing Company, Des Moines, Iowa, August, 1996.
18. Baret, N., Bookcases. Outstanding Projects from One of America's Best Craftsmen, Taunton Books, 2000.
19. Willard, R., Furniture Construction, Dept. Of Industrial Engineering North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, 1982.
20. Örs, Y., Efe, H. ve Kasal, A., Kutu Konstrüksiyonlu Mobilyada Dişli Köşe Birleştirmelerin Eğilme Direnci, Politeknik Dergisi, 6, 2 (2003) 497-503.
21. Eckelman, C.A., Furniture Frame Analysis and Design, Ph.D. Thesis (Unpublished), Purdue University, West Lafayette, IN, 1968.
22. Eckelman, C.A., Bending Strength and Moment Rotation Characteristic of Two-pin Moment-resisting Dowel Joints, Forest Prod. J., 21, 3 (1971) 35-39.
23. Eckelman, C.A., Bending Strength and Moment Rotation Characteristics of Two-pin Dowel Joints, Forest Product Journal, 21, 3 (1970) 35-39.
24. Ho, C.L., The Use of Performance Tests in Evaluating Joint and Fastener Strength in Case Type Furniture, MS Thesis, Purdue University, West Lafayette, IN, 1991.
25. Eckelman, C.A. ve Munz, S., Rational Design of Cases with Front Frames and Semi-rigid Joints, Forest Products Journal, 37, 6 (1987) 25-30.
26. Lothers, J.E., Advanced Designing Structural Steel, Prentice-hall, Inc.Englewood Cliffs, N.J., 583pp., 1960.
27. Göktaş, O., Özen, E., Çolak, A.M. ve Günsel, U., Ağaç Levhalardan Yapılan Vidalı Birleştirmeli Rafların Yüzeye Dik (lateral) Yük Taşına Performansları, Teknoloji, 7, 3 (2004) 445-453.
28. Chow, Poo., Particle Shelving-Tests Show How to Plan Them, Furniture Design and Manufacturing, 1971.
29. Eckelman, C.A., Strength Design of Furniture, First Editin, Tim Tech, Inc., West Lafayette, IN., 24, 26 (1978) 30-35.
30. Örs, Y., Efe, H., Mobilya (Çerçeve Konstrüksiyon) Tasarımında Bağlantı Elemanlarının Mekanik Davranış Özellikleri, Tr.J.of Agriculture and Forestry, TUBİTAK, Ankara, 1996.

31. Örs, Y. ve Efe, H., The Mechanical Behavior Properties of Fasteners in Furniture Design for Frame Construction, Turkish J. Of Agri. And Forest, 22 (1998) 21–28.
32. Efe, H., Modern Mobilya Çerçeve Konstrüksiyon Tasarımında Geleneksel ve Alternatif Bağlantı Tekniklerinin Mekanik Davranış Özellikleri, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon, 1994.
33. Cai, L. ve Wang, F., Influence of the Stiffness of Corner Joint on Case Furniture Deflection, Holz als Roh-und Werkstoff, 51 (1993) 406-408.
34. Ratnasingam, J., Perkins, M. ve Reid, H., Fatigue: It's Relevance to Furniture, Holz als Roh-und Werkstoff, Springer-Verlag, 55 (1997) 297-300.
35. Tankut, A.N., Effect of Some Factors on the Strength of Furniture Corner Joints Constructed with Wood Biscuits, Master Thesis, State University of New York Col. Of Environmental Science & Forestry, 1997.
36. Sparkes, A.J., Tops, Bottoms and Shelf, FIRA Bul., 48, 14 (1974) 8-10.
37. Sparkes, A.J. ve Taylor, V., FIRA Shelf Design Guide, FIRA Bul., 17, 57 (1977) 22-24.
38. Atar, M., Özçifçi, A., Altınok, M. ve Çelikel, U., Determination of Diagonal Compression and Tension Performances for Case Furniture Corner Joints Constructed with Wood Biscuits, Materials and Design, 30 (2009) 665-670.
39. Gustafsson, S.I., Furniture Design by Use of the Finite Element Method, Holz Roh Werkstoff, 53 (1995) 257-260.
40. Winning, K., Furniture Handbook for Testing, Furniture Testing Institute, Nürnberg, 1981.
41. Sydor, M., ve Wieloch, G., Experimental Investigation of Semi-rigid Furniture Angular Connections, Faculty of Wood Technology, Agriculture University of Poznan, (2005) 1-8.
42. Ho, C.L. ve Eckelman, C.A., The Use of Performance Tests in Evaluation Joint and Fastener Strength in Case Furniture, Forest Prod. J., 44, 9 (1994) 47-53.
43. Nicholls, T. ve Crisan, R., A method for Determining the Stiffness of Corner Joints Used in Box-type Furniture, Journal of the Institute of Wood Science, 15, 4 (2000) 173-182.
44. Zhang, J., Efe, H., Erdil, Y.Z., Kasal, A. ve Han, N., Moment Resistance of Multiscrew L-type Corner Joints, Forest Products Journal, 55, 10 (2005) 56-63.

45. Guntekin, E., Experimental and Theoretical Analysis of the Performance of Ready-to-assemble (RTA) Furniture Joints Constructed with Medium Density Fiberboard and Particleboard Using Mechanical Fasteners, Doctor Thesis, State University, New York, 2002.
46. Smardzewski, J. ve Dziegielewski, S., Stability of Cabinet Furniture Backing Boards, Wood Science and Technology, 28 (1993) 35-44.
47. Redding, R., Fachstufe Holztechnik Technologie, Verlag Handwerk und Technik G.m.b.H., Lademannboge 135, 2000 Hamburg, 63 (1984) 98-99.
48. Eckelman, C.A., The Withdrawal Strength of Screws from a Commercially Available Medium Density Fiberboard, Forest Product Journal, 38, 5 (1988) 21-24.
49. Tankut, N., Moment Resistance of Corner Joints Connected with Different RTA Fasteners in Cabinet Construction, Forest Product Journal, 56, 4 (2006) 35-40.
50. Rajak, Z. ve Eckelman, C.A., Analysis of Corner Joints Constructed with Large Screw, J. Tropical Forest Prod., 2, 1 (1996) 80-92.
51. Wan-qian, L. ve Eckelman, C.A., Effect of Number of Fasteners on the Strength of Corner Joints for Cases, Forest Prod. J., 48, 1 (1998) 93-95.
52. Zhang, J. ve Eckelman, C.A., The Bending Moment Resistance of Single-dowel Corner Joints in Case Construction, Forest Prod. J., 43, 6 (1993) 19-24.
53. Sinclair, S.A., Trinka, M.W. ve Luppold, W.G., Ready-to-assemble Furniture: Marketing and Material Use Trends, Forest Products Journal, 40, 3 (1990) 35-40.
54. Kasal, A., Masif ve Kompozit Ağaç Malzemelerden Üretilmiş Çerçeve Konstrüksiyonlu Koltukların Performansı, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, 2004.
55. Pepke, E., Ready to Assemble Furniture Manufacturing: A Business Plan for the Northeastern Area, NA-TP-12, USDA Forest Serv., North Central Res. Sta., St. Paul, Minnesota, 1988.
56. Kasal, A., Erdil, Y.Z., Zhang, J., Efe, H. ve Avcı, E., Estimation Equations for Moment Resistances of L-type Screw Corner Joints in Case Goods Furniture, Forest Product Journal, 58, 9 (2008) 21-27.
57. Joyce, E., The Technique of Furniture Making, The Revised by Alan Peters, B T Batsford Ltd. London, UK, 2000.
58. Guntekin, E., Montaja Hazır Mobilya Birleştirmelerinin Performansları, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 2 (2003) 37-48.
59. Hayashi, Y., ve Eckelman, C.A., Design of Corner Block with Anchor Bolt Table Joints, Forest Products Journal, 36, 2, (1986), 44-48.



60. Madriz, C., Cost and Strength Analysis of Corner Joints Constructed with Different Fasteners Used in the Kitchen Cabinet Industry, Master Thesis, Purdue University, 1997.
61. Efe, H., Jang, J., Erdil, Y.Z. ve Kasal, A., Moment Capacity of Traditional and Alternative T-type End-to-side-grain Furniture Joints, Forest Products Journal, 55, 5 (2005) 69-73.
62. Park, Hejun., Semple, K. ve Smith, G.D., Screw Thread Shape and Fastener Type Effects on Load Capacities of Screw-based Particleboard Joints in Case Construction, Forest Product Journal, 56, 4 (2006) 48-55.
63. Eckelman, C.A., Engineering Concepts of Single-pin Dowel Joint Design, Forest Products Journal, 19, 12 (1969) 52-60.
64. Zhang, J., Quin, F. Ve Tackett, B., Bending Strength and Stiffness of Two-pin Dowel Joints Constructed of Wood and Wood Composites, Forest Products Journal, 51, 2 (2001) 29-35.
65. Zhang, J., Erdil, Y.Z. ve Eckelman, C.A., Lateral Holding Strength of Dowel Joints Constructed of Plywood and Oriented Strandboard, Forest Products Journal, 52, 7/8 (2002) 83-89.
66. Eren, S. ve Eckelman, C.A., Edge Breaking Strength of Wood Composites, Holz als Roh-und Werkstoff, 56 (1998) 115-129.
67. Kelly, M.W., Critical Literature Review of Relationships Between Processing Parameters and Physical Properties of Particleboard, Gen. Tech. Rept. FPL 10. USDA Forest Serv., Forest Prod. Lab., Madison, WI, 64 pp., 1977.
68. Tankut, A.N. ve Tankut, N., Ülkemizde Demonte Mobilya Yapımında Kullanılan Özel Bağlantı Elemanları, ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 1, 1-2 (2001) 76-93.
69. Efe, H. ve Kasal, A., Kutu Konstrüksiyonlu Sabit ve Demonte Mobilya Köşe Birleştirmelerde Çekme Direnci, Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi, 8, 8 (2000) 61-74.
70. Eckelman, C.A. ve Cassens, D.L., Withdrawal Strength of Dowels from Wood Composites, Forest Products Journal, 35, 5 (1985) 55-60.
71. TS 4539. Ahşap Birleştirmeler- Kavela Birleştirme Kuralları, T.S.E., Ankara, 1985.
72. Pizzi, A., Handbook of Adhesive Technology, Second Edition, Revised and Expanded, New York, 2003.
73. Wisconsin, M., Wood Handbook Wood as an Engineering Material, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1999.

74. Örs, Y., Kama Dişli Birleştirmeli Masif Ağaç Malzemede Mekanik Özellikler, KTÜ, Orman Fakültesi, Trabzon, 1987.
75. Kaplan, O., Cengiz, G., Yüzel, İ., Aba, K., Çolakoğlu, Ö., Kurban, R., Aslan, M. ve Özbek, M., Araç Plaka Tanıma Sistemi, Microsoft Türkiye Akademik Projesi, 2005.
76. Özkan, M.T. ve Dündar, K., Civatalı Bağlantıların Eleman Direngenliğinin Sonlu Elemanlar Yöntemi ve Yapay Sinir Ağları Sistemi ile Belirlenmesi, Teknoloji, 8, 1 (2005) 33-41.
77. Öztemel, Ö., Yapay Sinir Ağları, 2. Basım, Papatya Yayıncılık, İstanbul, 2006.
78. Toktaş, İ. ve Başak, H., Standart Profillerden Oluşan Farklı Kiriş Bağlantı Tiplerinin Şehim ve Dayanım Değerlerinin Hesaplanmasında Yapay Sinir Ağları Tabanlı Bir Yaklaşım, Teknoloji, 9, 3 (2006) 161-169.
79. Topçu, İ.B., Uygunoğlu, T. ve Sivri, M., Puzolanların Beton Basınç Dayanımına Etkisinin Yapay Sinir Ağlarıyla İncelenmesi, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 2 (2006) 1-10.
80. Vural, B.B., Yapay Sinir Ağları ile Finansal Tahmin, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 2007.
81. Norvydas, V., Juodeikiene, I. ve Minelga, D., The Influence of Glued Dowel Joints Construction on the Bending Moment Resistance, Materials Science (Medziagotyra), 11, 1 (2005) 36-39.
82. Zhang, J. ve Eckelman, C.A., Rational Design of Multi Dowel Corner Joints in Case Construction, Forest Products Journal, 43, 11/12 (1993) 52- 58.
83. Efe, H. ve Kasal A., Tabla Tipi Mobilya Köşe Birleştirmelerinde Eğilme Direnci Özellikleri, Teknoloji Dergisi, 3, 4 (2000) 33-45.
84. Efe, H. Kutu Konstrüksiyonlu Mobilya Köşe Birleştirmelerinde Rasyonel Kavela Tasarımı, Politeknik Dergisi, 1, 1-2 (1998) 41-54.
85. Efe, H. ve Kasal, A., Tabla Tipi Kavelalı Köşe Birleştirmelerde Tutkal Çeşidinin Çekme Direncine Etkileri, Politeknik Dergisi, 3, 4 (2000) 67-72.
86. Efe, H., Kasal, A. ve Gürleyen, L., Çeşitli Tutkallarla Yapıştırılmış Kutu Konstrüksiyonlu Kavelalı Köşe Birleştirmelerin Basınç Direnci, Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi, 10, 10 (2002) 39-56.
87. Tankut, A.N. ve Tankut, N., Investigations the Effects of Fastener, Glue, and Composite Material Types on the Strength of Corner Joints in Case-type Furniture Construction, Materials and Design, Elsevier, 30 (2009) 4175-4182.

88. Altinok, M., Taş, H.H. ve Çimen, M., Effects of Combined Usage of Traditional Glue Joint Methods in Box Construction on Strength of Furniture, Materials and Design, 30 (2009) 3313-3317.
89. Özçifçi, A., Kılıçalp, H. ve Toker H., Kutu Mobilyalarda Kullanılan Bazı Modüler Bağlantı Elemanlarının Direnç Özelliklerinin Belirlenmesi, Teknoloji, 11, 1 (2008) 45-57.
90. Efe, H. ve İmirzi, H.Ö., Farklı Birleştirme Teknikleri ve Değişik Kalınlıklardaki Levhalarla Üretilmiş Kutu-Tipi Mobilya Köşe Birleştirmelerinin Moment Taşıma Kapasitesi, Politeknik Dergisi, 11, 1 (2008) 65-75.
91. İmirzi, H.Ö. ve Efe, H., Kutu Tipi Mobilya Köşe Birleştirmelerin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Mukavemet ve Rijitlik Analizi, 5. Uluslar arası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), 13-15 Mayıs 2009, Karabük, Türkiye.
92. Efe, H., Kutu Konstrüksiyonlu Mobilyada Sabit (yabancı çıtalı) ve Demonte (trapez) Köşe Birleştirmelerin Çekme ve Basma Dirençleri, Politeknik Dergisi, 2, 4 (1999) 43-51.
93. Kasal, A., Zhang, J., Yüksel, M. ve Erdil, Y.Z., Effect of Screw Sizes on Load Bearing Capacity and Stiffness of Five-sided Furniture Cases Constructed of Particleboard and Med, Forest Product Journal, (2008)
94. Yen, T., Zuuring, H.R. ve Burke, E.J., The Evaluation of bending Moment Resistance of Single Wood-plate Corner Joints in Particleboard and Lodgepole Pine, Forest Products Journal, 56, 2 (2006) 66-73.
95. Altinok, M., Taş, H.H. ve Sancak, E., Load Carrying Capacity of Spline Joints as Affected by Board and Adhesives Type, Scientific Research and Essay, 4, 5 (2009) 479-483.
96. Eckelman, C.A. ve Rabiej, R., A Comprehensive Method of Analysis of Case Furniture, Forest Product Journal, 35 (1985) 62-68.
97. TS EN 326-3, Ahşap Esaslı Levhalar-Numune Alma, T.S.E., Ankara, Nisan 1999.
98. TS EN 323, Ahşap Esaslı Levhalar-Birim Hacim Ağırlık Tayini, T.S.E., Ankara, Nisan 1999.
99. TS EN 322, Ahşap Esaslı Levhalar-Rutubet Miktarının Tayini, T.S.E., Ankara, Nisan 1999.
100. TS EN 310, Ahşap Esaslı Levhalar-Eğilme Dayanımı ve Eğilmede Elastikiyet Modülünün Tayini, T.S.E., Ankara, I. Baskı, Nisan 1999.
101. ASTM D 1037, Evaluating the Properties of Wood-base Fiber and Particle Panel Materials, ASTM, 1973.

## ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Gümüşhane’de doğdu. Gümüşhane lisesinden mezun oldu. 1999 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 2003 yılında KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsünde Orman Endüstri Mühendisliği anabilim dalında yüksek lisansını tamamladı. 2003 yılında aynı alanda doktora başladı. 2005 yılında KTÜ Hopa Meslek Yüksekokulu Mobilya ve Dekorasyon bölümüne öğretim görevlisi olarak atandı. 2007 yılında Hopa Meslek Yüksekokulunun Artvin Çoruh Üniversitesine bağlanmasıyla görevine belirtilen konumda devam etmiştir. 2009 yılında Uşak Üniversitesi Banaz Meslek Yüksekokulu Mobilya Dekorasyon bölümüne öğretim görevlisi olarak atandı ve halen burada sürdürmektedir.

İyi derecede İngilizce bilen Nurdan ÇETİN YERLİKAYA evlidir.