

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BAZI AĞAÇ TÜRÜ ODUNLARININ BİLGİSAYARLI FREZE MAKİNESİNDE
İŞLENMESİNDE OPTİMAL PARAMETRELERİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE
ARAŞTIRILMASI**

DOKTORA TEZİ

Orm. End. Yük. Müh. Ali ÇAKMAK

**MAYIS 2021
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BAZI AĞAÇ TÜRÜ ODUNLARININ BİLGİSAYARLI FREZE MAKİNESİNDE
İŞLENMESİNDE OPTİMAL PARAMETRELERİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE
ARAŞTIRILMASI**

Orm. End. Yük. Müh. Ali ÇAKMAK

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“DOKTOR (ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ)”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 26/03/2021
Tezin Savunma Tarihi : 07/05/2021

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Abdulkadir MALKOÇOĞLU

Trabzon 2021

ÖNSÖZ

“Bazı Ağaç Türü Odunlarının Bilgisayarlı Freze Makinesinde İşlenmesinde Optimal Parametrelerin Yapay Sinir Ağları ile Araştırılması” konulu bu çalışma, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır.

Doktora tezi danışmanlığımı üstlenerek çalışmalarında her türlü yardım ve destekte bulunan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Abdulkadir MALKOÇOĞLU’na en içten dileklerle teşekkür ederim. Çalışmalarım sırasında bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım tez izleme komisyonundaki hocalarım Sayın Prof. Gökay NEMLİ ile Sayın Prof. Olkan ÇUVALCI’ya ve tez savunma jürisindeki hocalarım Sayın Prof. Dr. Ahmet KURTOĞLU ve Sayın Prof. Dr. Küçük Hüseyin KOÇ’a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Yapay Sinir Ağları çalışmalarındaki destekleri için Sayın Prof. Dr. Şükrü ÖZŞAHİN’e en içten dileklerle teşekkür ederim.

Bu tezin proje olarak (No: 1180556) hazırlanmasında destek olan TÜBİTAK yönetimine ve TÜBİTAK-TOVAG grubuna teşekkür ederim.

İstatistik değerlendirmelerde katkıda bulunan Sayın Prof. Dr. Hakkı YAVUZ’ a ve Dr. Öğr. Üyesi İbrahim YILDIRIM’a teşekkür ederim. Laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen sayın Araş. Gör. Dr. Aydın DEMİR’e ve Araş. Gör. Abdullah Uğur BİRİNCİ’ye çok teşekkür ederim.

Maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen eşim Derya ÇAKMAK’a ve sevgili kızım Alya ÇAKMAK’a teşekkür ederim.

Çalışmanın, orman ürünleri ve mobilya endüstrisinde çalışan bilim adamlarına ve üreticilere yararlı olmasını dilerim.

Ali ÇAKMAK
Trabzon 2021

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Bazı Ağaç Türü Odunlarının Bilgisayarlı Freze Makinesinde İşlenmesinde Optimal Parametrelerin Yapay Sinir Ağları İle Araştırılması” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Abdulkadir MALKOÇOĞLU'nun sorumluluğunda tamamladığımı, örnekleri kendim topladığımı, deneyleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 07/05/2021

Ali ÇAKMAK

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	X
SUMMARY.....	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XII
TABLolar DİZİNİ.....	XVII
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XX
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Ağaç Türleri ve Fiziksel Özellikleri.....	4
1.3. Ağaç Malzeme İşleme Teknolojisi ve Mobilya Makineleri.....	5
1.3.1. Ağaç Malzeme İşleme Teknolojisi.....	6
1.3.1.1. İşlemenin Tanımı ve Amaçları.....	6
1.3.1.2. Bıçaklar ve Kama İlkesi.....	7
1.3.1.3. Kesme Yöntemleri ve Kesiş Çeşitleri.....	8
1.3.1.4. Bıçak Açılı ve Yonga Tipleri.....	10
1.3.1.5. Kesimin Oluşumu.....	12
1.3.1.6. İşleme Geometrisi ve İşlemede Etkili Bazı Faktörler.....	13
1.3.1.6.1. İşleme Geometrisi.....	13
1.3.1.6.2. İşlemede Etkili Bazı Faktörler.....	14
1.3.1.7. Ağaç Malzemelerin İşlenmesinde Kesme Kuvveti, Kesme Gücü ve Güç Tüketimi.....	17
1.3.1.8. Ağaç Malzemelerin İşlenmesinde Yüzey Kalitesini Etkileyen Faktörler.....	27
1.3.1.8.1. Ağaç Malzemelerin Yapısı ve Özellikleri.....	27
1.3.1.8.2. Makinaların İşleme Koşulları.....	29
1.3.1.8.3. Kesici Aletlerin Yapısı ve Mekaniği.....	29
1.3.1.9. Mobilya Üretiminde İşleme Toleransları.....	30
1.3.2. Mobilya Makineleri.....	31
1.3.2.1. Kereste ve Levha Kesme Makineleri.....	32

1.3.2.2.	Planya, Kalınlık ve Çoklu Dilme Makineleri.....	33
1.3.2.3.	Profillendirme ve Şekillendirme Makineleri.....	33
1.3.2.4.	Torna Makineleri.....	38
1.3.2.5.	Lamba-Zıvana ve Delgi Makineleri.....	39
1.3.2.5.1.	Lamba- Zıvana Makineleri.....	40
1.3.2.5.2.	Delgi Makineleri.....	41
1.3.2.6.	Zımparalama Makineleri.....	44
1.3.3.	Mobilya ve Ahşap Endüstrisinde Bilgisayarlı Sistemler.....	47
1.3.3.1.	CNC Frezelerin Temel Elemanları ve Programlanması.....	48
1.3.3.2.	CNC Makineler ile CAD/CAM Sistemlerinin Avantaj ve Dezavantajları.....	50
1.3.3.2.1.	CNC Makinelerin Avantajları.....	50
1.3.3.2.2.	CNC Makinelerin Dezavantajları.....	50
1.3.3.2.3.	CAD/CAM Sistemlerinin Avantajları.....	51
1.3.3.3.	CNC Sistemlerinin Seçiminde Dikkat Edilmesi Gereken Faktörler.....	51
1.4.	Yüzey Pürüzlülüğü.....	52
1.4.1.	Yüzey Pürüzlülüğü Tanımı ve Ölçme Yöntemleri.....	52
1.4.2.	Yüzey Pürüzlülük Parametreleri.....	54
1.4.3.	Yüzey Pürüzlülüğünü Etkileyen Faktörler.....	55
1.5.	Yapay Sinir Ağları.....	57
1.5.1.	Yapay Sinir Ağlarının Genel Yapısı.....	57
1.5.2.	Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması.....	61
1.5.3.	Yapay Sinir Ağlarının Avantaj ve Dezavantajları.....	62
1.6.	Literatür Özeti.....	63
1.6.1.	Yüzey Pürüzlülüğü ile İlgili Araştırmalar.....	63
1.6.1.1.	Ağaç Türü Odunları.....	63
1.6.1.2.	Odun Kökenli Malzemeler.....	68
1.6.2.	Kesme Gücü ve Güç Tüketimi ile İlgili Araştırmalar.....	71
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	74
2.1.	Ağaç Malzeme Seçimi.....	74
2.2.	Deney Örneklerinin Hazırlanması.....	74
2.3.	İklimlendirme İşlemleri ve Rutubet Miktarları.....	75
2.4.	CNC Freze Makinesi ve İşleme Koşulları.....	76
2.5.	Yoğunlukların ve Yıllık Halka Genişliklerinin Belirlenmesi.....	79

2.6.	Kesme Gücünün Belirlenmesi	81
2.7.	Yüzey Pürüzlülüğünün Belirlenmesi	81
2.8.	Yapay Sınır Ağları Yöntemi	82
2.9.	İstatistik Yöntemler.....	85
3.	BULGULAR.....	86
3.1.	Ağaç Türleri Yoğunluk Değerleri ve Yıllık Halka Genişlikleri	86
3.2.	Ağaç Türü Odunları Rutubet Değerleri	90
3.3.	Yüzey Pürüzlülüğü Değerleri.....	91
3.3.1.	Yüzey Pürüzlülüğüne Kesitlerin Etkisi.....	108
3.3.2.	Yüzey Pürüzlülüğüne Devirin Etkisi	109
3.3.3.	Yüzey Pürüzlülüğüne Besleme Hızının Etkisi.....	110
3.3.4.	Yüzey Pürüzlülüğüne Kesiş Derinliğinin Etkisi	111
3.3.5.	Yüzey Pürüzlülüğüne Ağaç Türlerinin Etkisi	112
3.3.6.	Yüzey Pürüzlülüğüne Rutubet Miktarının Etkisi.....	113
3.3.7.	Yüzey Pürüzlülüğüne Kesitler- Ağaç Türlerinin Etkisi.....	114
3.3.8.	Yüzey Pürüzlülüğüne Kesitler-Kesiş Derinliklerinin Etkisi.....	115
3.3.9.	Yüzey Pürüzlülüğüne Kesitler- Rutubet Miktarlarının Etkisi.....	117
3.3.10.	Yüzey Pürüzlülüğüne Kesitler-Devirlerin Etkisi	118
3.3.11.	Yüzey Pürüzlülüğüne Kesitler-Besleme Hızlarının Etkisi.....	119
3.3.12.	Yüzey Pürüzlülüğüne Kesitler- Devir- Besleme Hızlarının Etkisi	120
3.3.13.	Yüzey Pürüzlülüğüne Kesitler- Ağaç Türleri-Rutubet Miktarlarının Etkisi.....	122
3.3.14.	Yüzey Pürüzlülüğüne Kesitler- Kesiş Derinlikleri-Ağaç Türlerinin Etkisi.....	124
3.3.15.	Yüzey Pürüzlülüğüne Kesitler- Kesiş Derinlikleri- Devirlerin Etkisi	126
3.3.16.	Yüzey Pürüzlülüğüne Kesitler- Kesiş Derinlikleri-Besleme Hızlarının Etkisi	128
3.3.17.	Yüzey Pürüzlülüğüne Kesitler-Kesiş Derinlikleri-Rutubet Miktarlarının Etkisi	130
3.3.18.	Yüzey Pürüzlülüğüne Kesitler-Rutubet Miktarları-Devirlerin Etkisi.....	132
3.3.19.	Yüzey Pürüzlülüğüne Kesitler-Rutubet Miktarları-Besleme Hızlarının Etkisi	134
3.4.	Kesme Gücü Değerleri.....	136
3.4.1.	Kesme Gücüne Kesitlerin Etkisi	142
3.4.2.	Kesme Gücüne Devirlerin Etkisi	143
3.4.3.	Kesme Gücüne Besleme Hızlarının Etkisi.....	144

3.4.4.	Kesme Gücüne Kesiş Derinliklerinin Etkisi	145
3.4.5.	Kesme Gücüne Ağaç Türlerinin Etkisi	146
3.4.6.	Kesme Gücüne Rutubet Miktarlarının Etkisi	147
3.4.7.	Kesme Gücüne Kesitler-Ağaç Türlerinin Etkisi	148
3.4.8.	Kesme Gücüne Kesitler-Kesiş Derinliklerinin Etkisi	149
3.4.9.	Kesme Gücüne Kesitler- Rutubet Miktarlarının Etkisi.....	150
3.4.10.	Kesme Gücüne Kesitler-Devirlerin Etkisi	151
3.4.11.	Kesme Gücüne Kesitler-Besleme Hızlarının Etkisi.....	152
3.4.12.	Kesme Gücüne Kesitler-Besleme Hızları-Devirlerin Etkisi	153
3.4.13.	Kesme Gücüne Kesitler-Ağaç Türleri-Rutubet Miktarlarının Etkisi	155
3.4.14.	Kesme Gücüne Kesitler- Kesiş Derinlikleri-Ağaç Türlerinin Etkisi	156
3.4.15.	Kesme Gücüne Kesitler- Kesiş Derinlikleri-Besleme Hızlarının Etkisi.....	158
3.4.16.	Kesme Gücüne Kesitler-Kesiş Derinlikleri-Rutubet Miktarlarının Etkisi	159
3.4.17.	Kesme Gücüne Kesitler- Rutubet Miktarları-Devirlerin Etkisi	161
3.4.18.	Kesme Gücüne Kesitler-Rutubet Miktarları-Besleme Hızlarının Etkisi.....	162
3.5.	Yapay Sinir Ağları Analizleri	164
3.5.1.	Doğu Kayını Odununa Ait YSA Analizleri	165
3.5.2.	Anadolu Kestanesi Odununa Ait YSA Analizleri.....	171
3.5.3.	Sarıçam Odununa Ait YSA Analizleri.....	177
3.5.4.	Doğu Ladini Odununa Ait YSA Analizleri.....	183
4.	TARTIŞMA	190
4.1.	Yoğunluklar ve Yıllık Halka Genişlikleri.....	190
4.2.	Yüzey Pürüzlülükleri	193
4.2.1.	Ağaç Türü Odun Kesitleri.....	193
4.2.2.	Devir ve Besleme Hızları	194
4.2.3.	Kesiş Derinlikleri	195
4.2.4.	Ağaç Türleri	195
4.2.5.	Rutubet Miktarları.....	197
4.3.	Kesme Güçleri.....	197
4.3.1.	İşleme Yönleri.....	197
4.3.2.	Devir ve Besleme Hızları	198
4.3.3.	Kesiş Derinlikleri	198
4.3.4.	Ağaç Türleri	199

4.3.5.	Rutubet Miktarları.....	200
4.4.	Yapay Sinir Ağlarına Ait Yüzey Pürüzlülüğü ve Kesme Gücü Değerleri ile Kesiş İzi Uzunlukları	200
5.	SONUÇLAR	204
5.1.	Yoğunluklar	204
5.2.	Yıllık Halka Genişlikleri.....	204
5.3.	Yüzey Pürüzlülükleri	205
5.4.	Kesme Gücü.....	209
5.5.	Yapay Sinir Ağları	213
6.	ÖNERİLER.....	214
7.	KAYNAKLAR	217
8.	EKLER.....	237
	ÖZGEÇMİŞ	

Doktora Tezi

ÖZET

BAZI AĞAÇ TÜRÜ ODUNLARININ BİLGİSAYARLI FREZE MAKİNESİNDE
İŞLENMESİNDE OPTİMAL PARAMETRELERİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE
ARAŞTIRILMASI

Ali ÇAKMAK

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Abdulkadir MALKOÇOĞLU
2021, 236 Sayfa, 32 sayfa Ek

Bu çalışmada; bazı ağaç türü odunlarının bilgisayarlı (CNC) freze makinesinde işlenmesinde; farklı devir, besleme hızı, kesiş miktarı, odun yoğunluğu ve rutubeti ile kesitlerdeki yüzey pürüzlülüğü ve kesme gücü kriterlerine göre optimal işleme koşullarının Yapay Sinir Ağları (YSA) kullanılarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada; Türkiye’de doğal olarak yetişen Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.), Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.), Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Doğu Ladini (*Picea orientalis* L.) odunları kullanılmıştır.

Örnekler; 3 eksenli bilgisayarlı freze makinesinde (AES Nova 2128) liflere dik ve paralel yönlerde Alphacam 2019 cam programı kullanılarak işlenmiştir. Verilerin değerlendirilmesinde Varyans Analizleri ve Duncan testleri uygulanmıştır. Optimal işleme parametrelerin belirlenmesinde Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemi kullanılmıştır.

Sonuç olarak; ağaç türlerine ait tüm kesitlerde en düzgün yüzeyler, yüksek devir ve düşük besleme hızları, düşük ve orta rutubet miktarları ve düşük kesiş derinliklerinde elde edilmiştir. Kesme gücü ise; düşük devir ve besleme hızı, düşük rutubet miktarı ve kesiş derinliğindeki koşullarda azalmıştır. YSA ile ağaç türlerine göre, sabit kesiş derinlikleri ve rutubet miktarlarında işleme koşulları ve kesiş izi uzunluklarına dayalı en düşük, en yüksek ve optimal yüzey pürüzlülüğü ve kesme gücü değerleri belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ağaç Türü Odunları, CNC Freze, Mobilya, Yüzey Pürüzlülüğü, Kesme Gücü, Optimal İşleme Koşulları, Yapay Sinir Ağları

PhD. Thesis

SUMMARY

INVESTIGATION OF OPTIMAL PARAMETERS WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN MACHINING OF SOME WOOD SPECIES IN CNC ROUTER MACHINE

Ali ÇAKMAK

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
The Forestry Industrial Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Abdulkadir MALKOÇOĞLU
2021, 236 Pages, 32 Pages Appendix

The aim of this study is to determine the optimal machining conditions using Artificial Neural Networks (ANN) according to the parameters of various spindle speed, feed rate, cutting width, wood density and moisture content in machining of some wood species in CNC routing machine. In the study, Beech (*Fagus orientalis* Lipsky.), Anatolian chestnut (*Castanea sativa* Mill.), Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Spruce (*Picea orientalis* (L.) Link) woods that grow naturally in Turkey were used.

Samples were machined parallel and perpendicular to grain directions with a multi-purpose cutter in 4 spindle speeds, 3 feed rates, 3 moisture contents and 3 cutting depths in 3-axis CNC routing machine using Alphacam 2019. ANOVA and Duncan tests were used for evaluating the data. ANN method was used for determining the optimal machining conditions.

As a result, the smoothest surfaces in all sections of tree species were observed in high rpm. and low feed rate, low and middle moisture content and low depth of cut. Power consumption was reduced under conditions of low rpm and feed rate, low moisture content and depth of cut. With ANN, the lowest, highest and optimal surface roughness and cutting power values were determined in regard to three-tree species at constant cutting depths and moisture contents based on the machining conditions and the cutting mark lengths.

Key Words: Wood Species, CNC Router, Furniture, Surface Roughness, Cutting Power, Optimal Machining Conditions, Artificial Neural Network

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.	İşlenen odun yüzeyinde kesiş izlerinin mikroskobik ve makroskobik görünümü	6
Şekil 2.	Düz ve kama şekilli bıçaklarda kuvvet-direnç ilişkisi.....	7
Şekil 3.	İşlemede bıçak ve lif yönlerine göre kesiş açıları	8
Şekil 4.	İşleme yöntemleri	9
Şekil 5.	Ağaç malzemenin işlenmesinde lif yönlerine göre kesiş çeşitleri.....	10
Şekil 6.	Bıçak veya kesici açıları.....	11
Şekil 7.	Yonga tipleri ve oluşum şekilleri	11
Şekil 8.	Kesişin oluşumu ve bıçak açıları.....	12
Şekil 9.	Kesiş işleminde yonga oluşumu ve kesici izleri.....	13
Şekil 10.	Kesici izi uzunluklarında yüzey kalitesi ve körelme ilişkisi	14
Şekil 11.	Çeşitli kesici malzemelerin göreceli kırılma ve körelme dayanırlıkları	15
Şekil 12.	Malzeme türlerine göre bıçakların üretim yılları ve tungsten karpit ile dayanıklılıklarının karşılaştırılması.....	16
Şekil 13.	Bıçak veya kesici malzeme türleri ve uygun kama açıları.....	17
Şekil 14.	Odunun işlenmesinde kesme kuvvetleri.....	17
Şekil 15.	Yonga oluşumunda pozitif ve negatif normal kesme kuvvetinin değişimi	18
Şekil 16.	Normal ve paralel kesme kuvvetlerinin süreye bağlı değişimleri	18
Şekil 17.	Çeşitli kesme kuvveti ölçme cihazları	19
Şekil 18.	Kesme gücü, güç ve enerji tüketimini ölçen çeşitli cihazlar	20
Şekil 19.	Ağaç türü odununda ortalama yonga kalınlığı ile kesme gücü ilişkisi.....	21
Şekil 20.	Ağaç türü, yonga kalınlığı, lif yönü ve kesme açısının kesme kuvvetine etkisi	21
Şekil 21.	Meşe ve Ladin odunlarının işlenmesinde serbest ve kama açısı ile kuvvet etkileşimi	22
Şekil 22.	Odun rutubetleri, devir ve besleme hızları güç tüketimi ilişkisi	23
Şekil 23.	Kesiş açısı ve odun rutubetinin kuvvet gereksinimine etkisi	23
Şekil 24.	Liflere dik kesişte yoğunluk-kuvvet gereksinimi ilişkisi	24
Şekil 25.	Kesiş derinliği ve besleme hızı ile kesme gücü ilişkisi	25
Şekil 26.	Çeşitli işleme koşulları ile kesme gücü ilişkisi	25

Şekil 27. İşleme değişkenleri güç tüketimi ilişkileri	26
Şekil 28. Yapraklı ve iğne yapraklı ağaç odununda bıçak türü ve güç tüketimi ilişkisi ...	27
Şekil 29. Odun liflerinden kaynaklanan kusurlar	28
Şekil 30. Kabin veya levha tipi mobilya ve elemanların toleransları	31
Şekil 31. Çoklu yüzey işleme makinesinde çeşitli profil ve şekilli işlenmiş parçalar.....	34
Şekil 32. Şablon frezeli çeşitli koltuk ve sandalye elemanları	35
Şekil 33. Dikey kopya freze makinesinde parçaların şablona uygun işlenmesi.....	35
Şekil 34. Yatay kopyalı freze makinesinde parçanın işlenmesi ve çeşitli kopyalı parçalar	36
Şekil 35. Kopyalı oyma frezesinde işlemler ve işlenmiş parçalar	36
Şekil 36. Bilgisayarlı freze makinesi.....	37
Şekil 37. Bilgisayarlı freze makinesi işlemleri ve işlenmiş parçalar.....	38
Şekil 38. Çeşitli şekillerde tornalı parçalar.....	38
Şekil 39. Burmalı torna ve alın torna makinelerinde işlenmiş parçalar.....	39
Şekil 40. Gelişmiş torna makinesinde parça işlemi.....	39
Şekil 41. Zıvana makinesinde düz veya açılı zıvana işlemleri ve çeşitli boyutlarda parça örnekleri	40
Şekil 42. Çoklu delgi ve lamba açma makinesi ve işlenmiş sandalye parçaları.....	41
Şekil 43. Delgi blokları ve matkap merkez uzaklık standartları.....	42
Şekil 44. Yarı otomatik delgi makineleri.....	43
Şekil 45. Orta ve yüksek kapasitedeki otomatik beslemeli delgi makineleri	43
Şekil 46. Yatay konumlu bilgisayarlı delgi merkezi	43
Şekil 47. Bilgisayarlı delgi merkezi ve bazı özellikleri.....	44
Şekil 48. Zımparalama yöntemleri ve çeşitli alet veya makineleri.....	45
Şekil 49. Geri beslemeli geniş bantlı kalibre ve kontak zımpara makinesi ve çoklu fırçalı zımpara makinesi ile parçaların zımparalanması	46
Şekil 50. Gelişmiş zımpara makinesi ve zımparalar.....	46
Şekil 51. CNC Freze çeşitleri	48
Şekil 52. CNC freze makinelerinde en çok kullanılan takım yolları.....	49
Şekil 53. Yüzey karakteristiklerinin şematik diyagramı	52
Şekil 54. Ağaç malzeme yüzeyinde oluşan kusurlar	53
Şekil 55. Ra, Ry ve Rz pürüzlülük parametreleri	54
Şekil 56. Ağaç malzemenin hücreli yapısı ile pürüzlülük profili ilişkisi	55

Şekil 57. Doğu Kayını odununda teğet kesitte işleme tekniklerine göre oluşan yüzey profilleri	56
Şekil 58. Çok katmanlı algılayıcı örneği	58
Şekil 59. Bir yapay sınır hücresinin yapısı	59
Şekil 60. Örnek parçasında işleme ve yoğunluk örnekleri	74
Şekil 61. İşleme örnekleri ve yöntemi	75
Şekil 62. İklimlendirme dolabının yerleştirilmesi ve rutubet ölçümleri.....	75
Şekil 63. CAM programındaki işlemlerin görünümü	76
Şekil 64. AES Nova 2128 CNC freze makinesi ve kalıba yerleştirilmiş örnekler	77
Şekil 65. İşleme yöntemi ve deney örnekleri	78
Şekil 66. Tungsten karpit kesiciler	78
Şekil 67. Yoğunluk örnekleri ve ölçümleri	79
Şekil 68. Kesme gücü ölçüm aleti, kalibrasyonu ve değerlerin kaydedilmesi	81
Şekil 69. Örnek parçalarda yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesi.....	82
Şekil 70. Tahmin modeli olarak seçilen YSA tasarımı	84
Şekil 71. Tam kuru yoğunluk değerleri grafiği	87
Şekil 72. Hava kurusu yoğunluk değerleri grafiği.....	89
Şekil 73. Kesitlere ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği	109
Şekil 74. Devirlere ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği.....	110
Şekil 75. Besleme hızlarına ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği	111
Şekil 76. Kesiş derinliklerine ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği	112
Şekil 77. Ağaç türlerine ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği.....	113
Şekil 78. Rutubet miktarlarına ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği.....	114
Şekil 79. Kesitler-ağaç türü etkileşimine ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği	115
Şekil 80. Kesitler-kesiş derinliği etkileşimine ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği	116
Şekil 81. Kesitler- rutubet miktarı etkileşimine ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği	117
Şekil 82. Kesitler-devir etkileşimine ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği	118
Şekil 83. Kesitler-besleme hızı etkileşimine ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği	119
Şekil 84. Kesitler-devir-besleme hızı etkileşimine ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği	122
Şekil 85. Kesitler-ağaç türü-rutubet miktarı etkileşimine ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği.....	124

Şekil 86. Kesitler-kesiş derinliği-ağaç türü etkileşimine ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği	126
Şekil 87. Kesitler-devir-kesiş derinliği etkileşimine ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği	128
Şekil 88. Kesitler-kesiş derinliği-besleme hızı etkileşimine ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği	130
Şekil 89. Kesitler-kesiş derinliği- rutubet miktarı etkileşimine ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği	132
Şekil 90. Kesitler-devir-rutubet miktarı etkileşimine ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği	134
Şekil 91. Kesitler- besleme hızı-rutubet miktarı etkileşimine ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği	136
Şekil 92. Kesitlere ait ortalama kesme gücü değerleri grafiği	143
Şekil 93. Devirlere ait ortalama kesme gücü değerleri grafiği	144
Şekil 94. Besleme hızlarına ait ortalama kesme gücü değerleri grafiği	145
Şekil 95. Kesiş derinliklerine ait ortalama kesme gücü değerleri grafiği	146
Şekil 96. Ağaç türlerine ait ortalama kesme gücü değerleri grafiği	147
Şekil 97. Rutubet miktarlarına ait ortalama kesme gücü değerleri grafiği	148
Şekil 98. Kesitler-ağaç türü etkileşimine ait ortalama kesme gücü değerleri grafiği	149
Şekil 99. Kesitler-kesiş derinliği etkileşimine ait ortalama kesme gücü değerleri grafiği	150
Şekil 100. Kesitler-rutubet miktarı etkileşimine ait ortalama kesme gücü değerleri grafiği	151
Şekil 101. Kesitler-devir etkileşimine ait ortalama kesme gücü değerleri grafiği	152
Şekil 102. Kesitler-besleme hızı etkileşimine ait ortalama kesme gücü değerleri grafiği	153
Şekil 103. Kesitler-besleme hızı-devir etkileşimine ait ortalama kesme gücü değerleri grafiği	154
Şekil 104. Kesitler-ağaç türü-rutubet miktarı etkileşimine ait ortalama kesme gücü değerleri grafiği	156
Şekil 105. Kesitler-kesiş derinliği-ağaç türü etkileşimine ait ortalama kesme gücü değerleri grafiği	157
Şekil 106. Kesitler-kesiş derinliği-besleme hızı etkileşimine ait ortalama kesme gücü değerleri grafiği	159
Şekil 107. Kesitler-kesiş derinliği-rutubet miktarı etkileşimine ait ortalama kesme gücü değerleri grafiği	160
Şekil 108. Kesitler-devir-rutubet miktarı etkileşimine ait ortalama kesme gücü değerleri grafiği	162

Şekil 109. Kesitler-rutubet miktarı-besleme hızı etkileşimine ait ortalama kesme gücü değerleri grafiği	163
Şekil 110. Doğu Kayını odununda LDTK'ye ait ölçülen ve tahmin edilen eğitim, doğrulama ve test değerlerin karşılaştırılması	166
Şekil 111. Doğu Kayını odununda LPTK'ye ait ölçülen ve tahmin edilen eğitim, doğrulama ve test değerlerin karşılaştırılması	167
Şekil 112. Doğu Kayını odununda LDEK'ye ait ölçülen ve tahmin edilen eğitim, doğrulama ve test değerlerin karşılaştırılması	169
Şekil 113. Doğu Kayını odununda LPRK'ye ait ölçülen ve tahmin edilen eğitim, doğrulama ve test değerlerin karşılaştırılması	170
Şekil 114. Anadolu Kestanesi odununda LDTK'ye ait ölçülen ve tahmin edilen eğitim, doğrulama ve test değerlerin karşılaştırılması	172
Şekil 115. Anadolu Kestanesi odununda LPTK'ye ait ölçülen ve tahmin edilen eğitim, doğrulama ve test değerlerin karşılaştırılması	173
Şekil 116. Anadolu Kestanesi odununda LDEK'ye ait ölçülen ve tahmin edilen eğitim, doğrulama ve test değerlerin karşılaştırılması	175
Şekil 117. Anadolu Kestanesi odununda LPRK'ye ait ölçülen ve tahmin edilen eğitim, doğrulama ve test değerlerin karşılaştırılması	176
Şekil 118. Sarıçam odununda LDTK'ye ait ölçülen ve tahmin edilen eğitim, doğrulama ve test değerlerin karşılaştırılması	178
Şekil 119. Sarıçam odununda LPTK'ye ait ölçülen ve tahmin edilen eğitim, doğrulama ve test değerlerin karşılaştırılması.....	179
Şekil 120. Sarıçam odununda LDEK'ye ait ölçülen ve tahmin edilen eğitim, doğrulama ve test değerlerin karşılaştırılması.....	181
Şekil 121. Sarıçam odununda LPRK'ye ait ölçülen ve tahmin edilen eğitim, doğrulama ve test değerlerin karşılaştırılması.....	182
Şekil 122. Doğu Ladini odununda LDTK'ye ait ölçülen ve tahmin edilen eğitim, doğrulama ve test değerlerin karşılaştırılması	184
Şekil 123. Doğu Ladini odununda LPTK'ye ait ölçülen ve tahmin edilen eğitim, doğrulama ve test değerlerin karşılaştırılması	185
Şekil 124. Doğu Ladini odununda LDEK'ye ait ölçülen ve tahmin edilen eğitim, doğrulama ve test değerlerin karşılaştırılması	187
Şekil 125. Doğu Ladini odununda LPRK'ye ait ölçülen ve tahmin edilen eğitim, doğrulama ve test değerlerin karşılaştırılması	188

TABLULAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Çalışmada kullanılan ağaç türlerine ait fiziksel özellikler	4
Tablo 2. Yaygın olarak kullanılan aktivasyon fonksiyonları.	60
Tablo 3. CNC freze makinesi işleme koşulları.....	76
Tablo 4. İşleme koşullarına ait kesiş izi uzunlukları	77
Tablo 5. CNC frezede yapılan işlemlerde kesici dağılımları.....	79
Tablo 6. Ağaç türü odunları rutubet gruplarına göre, tam kuru yoğunluk ve YHG değerleri ve homojenlik grupları	86
Tablo 7. Ağaç türü odun örnekleri tam kuru yoğunlukları ile ortalama yıllık halka genişlikleri ilişkisi.....	88
Tablo 8. Ağaç türü odun örnekleri hava kurusu yoğunluk değerleri.....	88
Tablo 9. Ağaç türü odunları rutubet gruplarına göre, ölçülen ve hesaplanan yoğunluk değerleri ve homojenlik grupları.....	89
Tablo 10. Ağaç türleri rutubet miktarları.....	90
Tablo 11. Doğu Kayını odununda %8 rutubete ait yüzey pürüzlülük değerleri.....	92
Tablo 12. Doğu Kayını odununda %12 rutubete ait yüzey pürüzlülük değerleri.....	93
Tablo 13. Doğu Kayını odununda %15 rutubete ait yüzey pürüzlülük değerleri.....	94
Tablo 14. Anadolu Kestanesi odununda %8 rutubete ait yüzey pürüzlülük değerleri	96
Tablo 15. Anadolu Kestanesi odununda %12 rutubete ait yüzey pürüzlülük değerleri	97
Tablo 16. Anadolu Kestanesi odununda %15 rutubete ait yüzey pürüzlülük değerleri	98
Tablo 17. Sarıçam odununda %8 rutubete ait yüzey pürüzlülük değerleri	100
Tablo 18. Sarıçam odununda %12 rutubete ait yüzey pürüzlülük değerleri	101
Tablo 19. Sarıçam odununda %15 rutubete ait yüzey pürüzlülük değerleri	102
Tablo 20. Doğu Ladini odununda %8 rutubete ait yüzey pürüzlülük değerleri	104
Tablo 21. Doğu Ladini odununda %12 rutubete ait yüzey pürüzlülük değerleri	105
Tablo 22. Doğu Ladini odununda %15 rutubete ait yüzey pürüzlülük değerleri	106
Tablo 23. Pürüzlülük değerlerine ait çoklu varyans analizi sonuçları.....	107
Tablo 24. Kesitlere ait pürüzlülük değerleri ve homojenlik grupları	109
Tablo 25. Devirlere ait pürüzlülük değerleri ve homojenlik grupları.....	110
Tablo 26. Besleme hızlarına ait pürüzlülük değerleri ve homojenlik grupları	111

Tablo 27. Kesiş derinliklerine ait pürüzlülük değerleri ve homojenlik grupları	111
Tablo 28. Ağaç türlerine ait pürüzlülük değerleri ve homojenlik grupları.....	112
Tablo 29. Rutubet miktarlarına ait pürüzlülük değerlerive homojenlik grupları	113
Tablo 30. Kesitler-ağaç türü etkileşimine ait pürüzlülük değerleri ve homojenlik grupları.....	114
Tablo 31. Kesitler- kesiş derinliği etkileşimine ait pürüzlülük değerleri ve homojenlik grupları.....	116
Tablo 32. Kesitler- rutubet miktarı etkileşimine ait pürüzlülük değerleri	117
Tablo 33. Kesitler-devir etkileşimine ait pürüzlülük değerleri.....	118
Tablo 34. Kesitler-Besleme Hızı Etkileşimine ait pürüzlülük değerleri	119
Tablo 35. Kesitler- devir-besleme hızı etkileşimine ait pürüzlülük değerleri	121
Tablo 36. Kesitler- ağaç türü-rutubet miktarı etkileşimine ait pürüzlülük değerleri.....	123
Tablo 37. Kesitler- kesiş derinliği-ağaç türü etkileşimine ait pürüzlülük değerleri	125
Tablo 38. Kesitler-devir-kesiş derinliği etkileşimine ait pürüzlülük değerleri.....	127
Tablo 39. Kesitler- kesiş derinliği- besleme hızı etkileşimine ait pürüzlülük değerleri....	129
Tablo 40. Kesitler- kesiş derinliği- rutubet miktarı etkileşimine ait pürüzlülük değerleri	131
Tablo 41. Kesitler- devir- rutubet miktarı etkileşimine ait pürüzlülük değerleri	133
Tablo 42. Kesitler- besleme hızı-rutubet miktarı etkileşimine ait pürüzlülük değerleri ...	135
Tablo 43. Doğu Kayını odununda rutubetlere ait kesme gücü değerleri.....	137
Tablo 44. Anadolu Kestanesi odununda rutubetlere ait kesme gücü değerleri	138
Tablo 45. Sarıçam odununda rutubetlere ait kesme gücü değerleri	139
Tablo 46. Doğu Ladini odununda rutubetlere ait kesme gücü değerleri	140
Tablo 47. Kesme gücü değerlerine ait çoklu varyans analizi sonuçları	141
Tablo 48. Kesitlere ait kesme gücü değerleri ve homojenlik grupları.....	143
Tablo 49. Devirlere ait kesme gücü değerleri ve homojenlik grupları	143
Tablo 50. Besleme hızlarına ait kesme gücü değerleri ve homojenlik grupları	144
Tablo 51. Kesiş derinliklerine ait kesme gücü değerleri ve homojenlik grupları.....	145
Tablo 52. Ağaç türlerine ait kesme gücü değerleri ve homojenlik grupları	146
Tablo 53. Rutubet miktarlarına ait kesme gücü değerleri ve homojenlik grupları	147
Tablo 54. Kesitler-ağaç türü etkileşimine ait kesme gücü değerleri	148
Tablo 55. Kesitler-kesiş derinliği etkileşimine ait kesme gücü değerleri.....	149
Tablo 56. Kesitler-rutubet miktarı etkileşimine ait kesme gücü değerleri	150
Tablo 57. Kesitler-devir etkileşimine ait kesme gücü değerleri	151

Tablo 58. Kesitler-besleme hızı etkileşimine ait kesme gücü değerleri	152
Tablo 59. Kesitler-besleme hızı-devir etkileşimine ait kesme gücü değerleri	154
Tablo 60. Kesitler-ağaç türü-rutubet miktarı etkileşimine ait kesme gücü değerleri	155
Tablo 61. Kesitler-kesiş derinliği-ağaç türü etkileşimine ait kesme gücü değerleri	157
Tablo 62. Kesitler-kesiş derinliği-besleme hızı etkileşimine ait kesme gücü değerleri	158
Tablo 63. Kesitler-kesiş derinliği-rutubet miktarı etkileşimine ait kesme gücü değerleri	160
Tablo 64. Kesitler- devir-rutubet miktarı etkileşimine ait kesme gücü değerleri.....	161
Tablo 65. Kesitler-rutubet miktarı-besleme hızı etkileşimine ait kesme gücü değerleri...	163
Tablo 66. Ağaç türlerine göre ağ mimarisinde katmanlardaki nöron sayıları	164
Tablo 67. Doğu Kayını'nda LDTK'ye ait YSA hata oranları ve R^2 değerleri.....	165
Tablo 68. Doğu Kayını'nda LPTK'ye ait YSA hata oranları ve R^2 değerleri	167
Tablo 69. Doğu Kayını'nda LDEK'ye ait YSA hata oranları ve R^2 değerleri.....	168
Tablo 70. Doğu Kayını'nda LPRK'ye ait YSA hata oranları ve R^2 değerleri	170
Tablo 71. Anadolu Kestanesi'nde LDTK'ye ait YSA hata oranları ve R^2 değerleri.....	171
Tablo 72. Anadolu Kestanesi'nde LPTK'ye ait YSA hata oranları ve R^2 değerleri	173
Tablo 73. Anadolu Kestanesi'nde LDEK'ye ait YSA hata oranları ve R^2 değerleri.....	174
Tablo 74. Anadolu Kestanesi'nde LPRK'ye ait YSA hata oranları ve R^2 değerleri.....	176
Tablo 75. Sarıçam'da LDTK'ye ait YSA hata oranları ve R^2 değerleri.....	177
Tablo 76. Sarıçam'da LPTK'ye ait YSA hata oranları ve R^2 değerleri	179
Tablo 77. Sarıçam'da LDEK'ye ait YSA hata oranları ve R^2 değerleri.....	180
Tablo 78. Sarıçam'da LPRK'ye ait YSA hata oranları ve R^2 değerleri	182
Tablo 79. Doğu Ladini'nde LDTK'ye ait YSA hata oranları ve R^2 değerleri.....	183
Tablo 80. Doğu Ladini'nde LPTK'ye ait YSA hata oranları ve R^2 değerleri	185
Tablo 81. Doğu Ladini'nde LDEK'ye ait YSA hata oranları ve R^2 değerleri.....	186
Tablo 82. Doğu Ladini'nde LPRK'ye ait YSA hata oranları ve R^2 değerleri.....	188
Tablo 83. Literatürdeki yoğunluk ve yıllık halka genişliği değerleri	190
Tablo 84. Literatürde YSA ile elde edilen hata oranları.....	201

SEMBOLLER DİZİNİ

ANOVA	: Analysis of Variance (Varyans Analizi)
ANSI	: American National Standards Institute
ART	: Adaptive Resonance Theory
ART	: Adaptive Resonance Theory
ASTM	: American Society for Testing and Materials
BAM	: Bidirectional Associative Memories
CAD	: Computer Aided Design
CIM	: Computer Integrated Manufacturing
CNC	: Computer Numerical Control
DIN	: Deutsches Institut für Normung
DNC	: Automatically Programmed Tool
DTY	: Deneysel Tasarım Yöntemi
EIA	: Electronics Industries Assosiation
FCM	: Fuzzy Cognitive Maps
FMS	: Flexible Manufacturing System
GA	: Genetik Algoritma
GMDH	: Group Method of Data Handling
GRANN	: Gerenal Regression Nueral Network
HG	: Homojenlik Grubu
IEEE	: Institute of Electrical Electronic Engineering
ISO	: International Standart Organization
İFY	: İstenebilirlik Fonksiyonu Yaklaşımı
KG	: Kesme Gücü
KTAL	: Kenardan Tutkallı Ahşap Levha
Ky	: Ortalama Yonga Kalınlığı
LDEK	: Liflere Dik Enine Kesit
LDTK	: Liflere Dik Teğet Kesit
LNN	: Logical Nueral Networks
LPRK	: Liflere Paralel Radyal Kesit
LPTK	: Liflere Paralel Teğet Kesit
Lt	: Değerlendirme Uzunluğu (Tarama Uzunluğu)

FN (+)	: Pozitif Normal Kesme Kuvveti
FN (-)	: Negatif Normal Kesme Kuvveti
FP	: Paralel Kesme Kuvveti
ECT	: Eddy Akım Ayırıştırıcısı
N/s	: Newton/saniye
W	: Watt
U	: Volt
I	: Amper
kW	: Kilowatt
kWh	: Kilowatt Saat
Wh	: Watt Saat
MWh	: Megawatt Saat
LVQ	: Learning Vector Quantization
M ₀	: Tam Kuru Ağırlık Değeri (gr)
M ₁₂	: Hava Kurusu Ağırlık Değeri (gr)
MAPE	: Ortalama Mutlak Yüzde Hata
Max	: En Yüksek
MIT	: Massachusetts Institute of Technology
Min	: En Düşük
M _r	: %r Rutubetteki Ağırlık Değeri (gr)
MSE	: Ortalama Karesel Hata
n	: Örnek Sayısı
NC	: Numerical Control
PDP	: Parallel Distributed Processing
PNN	: Probabilistic Nueral Network
r ₁ ve r ₂	: Rutubet Değerleri (%)
R _a	: Ortalama Pürüzlülük Değeri
ReLU	: Rectified Linear Unit
RMSE	: Kareköksel Ortalama Karesel Hata
ROM	: Read-Only Memory
R _y	: En Çıkıntılı Profil Yüksekliği
R _y /R _{max}	: En Yüksek Pürüzlülük
R _z	: Pürüzlülüğün On Nokta Yüksekliği

S	: Standart Sapma
SNARC	: Stochastic Neural Analog Reinforcement Calculator
SPSS	: Statistical Package for The Social Science
td_i	: Model Tahmin Değerini
T_i	: Gerçek Değer
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
TTY	: Taguchi Tasarım Yöntemi
V_0	: Tam Kuru Hacim Değeri (cm^3)
V_{12}	: Hava Kurusu Hacim Değeri (cm^3)
V_r	: %r Rutubetteki Hacim Değeri (cm^3)
\bar{x}	: Aritmetik Ortalama
X	: Değişkenin Gerçek Değeri
X_{max}	: Veri Grubunun Maksimum Değeri
X_{min}	: Veri Grubunun Minimum Değeri
X_{norm}	: Normalize Edilmiş Veri
Y_i	: Pürüzlülük Profili Boyunca Profil Ortalama Çizgisinden Sapan Değerler
Y_p	: Ortalama Profil Çizgisine Göre En Yüksek Değer
YP	: Yüzey Pürüzlülüğü
YSA	: Yapay Sinir Ağları
Y_v	: Ortalama Profil Çizgisine Göre En Düşük Değer
YYY	: Yanıt Yüzey Yöntemi
δ	: Kesme Açısı
δ_0	: Tam Kuru Yoğunluk Değeri (gr/cm^3)
δ_r	: %r Rutubetteki Yoğunluk Değeri (gr/cm^3)
δ_{r1} ve δ_{r2}	: % r_1 ve % r_2 Rutubetteki Yoğunluk Değeri (gr/cm^3)
λ_c	: Örnekleme Uzunluğu (Sınır dalga boyu)

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Ağaç malzeme veya odun; insanlığın gereksinimlerini karşılamada kullandığı en eski, değerli ve en zor mühendislik malzemelerinden biridir. Odun; geleneksel olarak yüzyıllardır mobilya, doğrama, iç dekorasyon, ahşap yapılar, kâğıt, ambalaj, taşımacılık, oyuncaklar, çeşitli aletler vb. birçok ürünün üretiminde ana hammadde olarak kullanılmaktadır. Günümüzde bu üretimlerde odunun yerine, daha düşük fiyatlı odun kökenli çeşitli endüstriyel levhalar kullanılmaktadır. Ancak, odunun doğallığında, estetikliğinde, rahatlığında ve kullanılabilirliğinde bir diğer malzeme bugüne kadar bulunmamıştır. Bu bakımdan odun; mobilya, doğrama, ahşap yapılar vb. üretimlerde önemini ve kullanımını büyük bir oranda koruyacak ve bunu sürdürecektir üstün özelliklerdeki bir malzemedir (Kaplan vd., 2018; Gottlöber vd., 2016; Gaff, 2014; Unido, 1989).

Genellikle; odun higroskopik, geçirgen, biyolojik ve heterojen yapıdadır. Şekil ve boyutsal özellikleri ile işlevleri arasında; oldukça fazla bir dağılım, kimyasal karmaşıklık ve teknolojik özellikler göstermektedir (Bozkurt ve Göker, 1987; Berkel, 1970; Kollman ve Cote, 1968). Bu nedenle odunun çeşitli uygulamalarda en uygun ve etkili olarak değerlendirilmesi için işlenmesinde ve kullanımında biyolojik, fiziksel ve mekanik özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır (Cristovao, 2013; Csanady ve Magoss, 2013; Davim, 2011; Koch, 1972; Davis, 1962).

Ahşap, plastik, metal vb. çeşitli malzemelerin işlenmesinde uygulanan hiçbir kesme yöntemi veya tipi gerçek olarak malzemeleri kesmemektedir. İşlem, bıçağın kuvvet uygulaması ve malzeme direnci etkileşimleri sonucunda yüzeylerde yapısal yıkımlarla gerçekleşmektedir. Bu yıkımların düzeyi işlemede yüzey kalitesini belirleyicidir (Davim, 2011; Koch, 1964; Davis, 1962; Wengert, 1998). İşlemede yüzey kalitesini etkileyen üç ana faktör bulunmaktadır. Bunlar; bıçak veya kesici aletlerin yapısı ve geometrisi, alet veya makinelerin ayarları ve çalıştırılması ile malzemelerin yapısı ve özellikleridir. Bu faktörlerdeki çeşitli koşulların yerine getirilmemesi veya seçimindeki eksiklikler, işlemeyi ve dolayısı ile malzeme yüzey kalitesini doğrudan etkilemektedir. Ayrıca; üretim kapasitesi, alet ve makinaların amortismanı, kesici aletlerin körelmesi ve güç tüketimi etkenleri de

üretimin maliyeti ve veriminde önemli bir yer tutmaktadır (Koch, 1972; Koch, 1964; Davis, 1962).

Mobilya endüstrisinde verimlilik ve bunun artırılması yönündeki eksikliklerden biri işleme yöntemlerine yeterince özen gösterilmemesi olarak belirtilmektedir. Genellikle maliyet, yarı mamul malzeme ve işçilik gibi doğrudan gider unsurlarına dayandırılarak belirlenmektedir (Ratnasingam vd. 1999; Effner, 1997). Bununla birlikte; mobilya maliyetinde işlemenin payı %23 olup, oldukça yüksek miktardadır. Bu alanda; birçok yararı olmasına rağmen, ağaç işleme yöntemlerindeki verimlilik üzerindeki çalışmaların oldukça az olduğu belirtilmektedir (Ratnasingam vd. 1999; Hoff vd., 1997; Effner, 1997)

Ürün yüzey kalitesinde etkili olan ana faktörlerden en önemlisi odunun heterojen yapısı olup, işlemede çeşitli ve karmaşık teknikleri gerektirmektedir. Bunun yanında; oduna oranla homojen bir yapıda olan metal malzemelerde ürünlerin veya elemanların işlevine göre yüzey kalitesine dayalı standart pürüzlülük değerleri 20. yy. ortalarında belirlenmiştir (Csanady ve Magoss, 2013; Malkoçoğlu ve Özdemir, 1999; Peters ve Cumming, 1970; Stombo, 1963). Odun ve odun kökenli malzemelerin geleneksel ve modern makinelerde işleminde ise işleme koşullarına ait teknik bilgiler, yüzey kalitesi ve kesiş izi uzunluğuna göre geniş aralıklarda ortaya konulmaktadır (Leitz, 2018; Kollman vd., 2012; Koch, 1972). Ancak; yüzey kalitesi, besleme hızı, güç tüketimi, bıçak körelmesi vb. etkileşimleri ile ilgili birçok sorunlar ortaya çıkmaktadır. Uygulamada, ekonomik ve verimli çalışmaların yapılmasında optimizasyon bakımından yeterince çalışma yapılmadığı ortaya konulmaktadır (Kaplan vd., 2018; Vanco vd., 2017; Kviatková vd., 2015; Csanady ve Magoss, 2013; Davim, 2011; Koch, 1972).

Güç tüketimi veya kesme kuvvetlerinin maliyetle ilişkisi diğer önemli bir etken olarak ortaya konulabilir. İşlenen malzeme yoğunluk ve rutubet miktarı, yüzey kalitesi, besleme hızı, devir sayısı, kesiş derinliği ve genişliği ile kesici alet çapı arttıkça güç tüketiminin de arttığı belirtilmektedir. İşlemede yüzey kalitesi artışının daha fazla güç gereksinimi ile sağlanabileceği ortaya konulmaktadır (Kubš vd., 2017; Kubš vd., 2016; Krauss vd., 2016; Kant ve Sangwan, 2014; Kollman vd., 2012; Koch, 1964; Malkoçoğlu, 2007; Aguilera ve Martin, 2001; Kurtoğlu, 1981; Koch, 1972).

Odunun işlenmesinde; 20. yy'ın son çeyreğinde bilgisayarlı (CNC) makinelerin üretimde kullanımları ile ileri teknolojik uygulamalar başlamıştır. Günümüzde mobilya, doğrama, ahşap yapı vb. endüstrilerde büyük ölçekli işletmelerden orta ve küçük ölçeklilere kadar üretimde CNC makineler kullanılmaktadır (Koç vd., 2015; Gavronski, 2013; Iskra ve

Hernandez, 2012a). Bu makineler; yapısal, işlevsel, kapasite, teknik özellikler ve maliyet bakımından birçok farklılıklar göstermekte olup, en basitten en karmaşık ürün geometrilerine kadar yüksek boyutsal duyarlılık ve yüzey kalitesinde işleme teknolojisine sahiptir. Bilgisayarlı makineler; üretim sürecinin esnekliği ve planlaması, karmaşık işlemleri seri ve yüksek duyarlılıkta yapabilmeleri yanında üretim maliyeti ve değerleri yüksektir. Ürün elemanlarının birleştirme, presleme, montaj vb. üretim aşamalarındaki uygulama kolaylıkları, dirençleri, yüzey işlem kalitesinde ve maliyetlerinde oldukça etkilidirler (Sofuoğlu, 2015b; Albert, 2010; Leitz, 2018; Susnjara, 1998).

İşletmelerde; geleneksel makinelerin malzeme ve ürün kalitesine uygun göreceli işleme ayarları ile çalıştırılmaları, kalifiye elemanlar tarafından yapılmaktadır. Ancak, CNC makinelerin uygun işleme koşullarına göre çalıştırılmasında önemli eksiklikler ve farklılıklarla karşılaşmaktadır. Çeşitli yoğunluk sınıfları ve rutubetlerdeki odun ve odun kökenli malzemelerin işlenmesinde devirin değiştirilmemesi (genellikle sabit ve 18000 d/dk) ve besleme hızının manuel olarak arttırılıp azaltılması en çok karşılaşılan sorunlardandır. Bunların yanında; işlenecek malzemeler, kesiciler ve makine koşulları etkileşimlerinde kesme ve besleme hızları vb. bazı teknik parametrelerle ilişkili karmaşık sorunlar tam olarak çözümlenememiştir. Genellikle; CNC freze makinelerinde ağaç malzemelerin işlenmesinde parametrelerin seçimi, sistematik hesaplamalar ve bilimsel veriler yerine, daha çok kesici katalog bilgileri ve çalışanların deneyimlerine dayandırılarak yapılmaktadır. Bazı üretici kataloglarında işleme koşulları ile ilgili malzeme ve bıçaklara ait besleme hızı-işleme miktarı ilişkileri, bıçaklarda kullanılacak en yüksek devir bigileri ve grafiklerinde besleme hızına dayalı bazı katsayılar önerilmektedir. Grafiklerdeki bu veriler geniş bir aralıkta olup (sınır değerlerde), yapılacak seçimin ne düzeyde optimal olduğu konusu yeterince bilinmemekte ve değerlendirilememektedir. Bu bakımdan odun ve odun kökenli malzemelerin heterojen yapılarına bağlı olarak teknolojik özelliklerindeki farklılıkları öncelikli olmak üzere, kesici aletler ve makine işleme koşulları parametrelerinin belirlenmesi en önemli sorunları oluşturmaktadır. Bunların, güç tüketimi ve yüzey pürüzlülüğünü olumsuz yönde etkilediği belirtilmektedir (Albert, 2010; Leitz, 2018; Weck, 1998). Özellikle işleme koşullarını etkileyen parametrelerin oldukça fazla olması ve bunların etkileşimlerinin belirlenebilmesi ancak araştırmalara dayalı bilimsel verilerle sağlanabilir. Bu nedenlerle; işleme süreci bilgileri ve optimal parametrelerin Yapay Sinir Ağları (YSA) optimizasyon yöntemleri vb. bilimsel araştırmalarla belirlenerek programların kullanımı ve uygulanmasının ürün

elemanları duyarlılığı, kalitesi ve üretim verimliliğinin gerekli olduğu ortaya konulmaktadır (Gavronski, 2013; Raju vd., 2011; Rawangwong vd., 2011; Kopeck'y vd., 2006).

Bu çalışmada; ülkemiz mobilya ve doğrama endüstrisinde önemli bir yer tutan yapraklı ağaçlardan Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) ve Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.), iğne yapraklı ağaçlardan ise Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.) ve Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ağaç türleri odunlarının CNC freze makinesinde çeşitli koşullarda işlenmesinin yüzey pürüzlülüğü ve kesme gücüne etkileri araştırılarak belirlenmiş ve yapay sinir ağları yöntemi ile optimal işleme koşulları ortaya konulmuştur.

Çalışma 6 bölümde sunulmuştur. Birinci bölüm genel bilgileri (giriş, ağaç türleri odunları ve fiziksel özellikleri, ağaç malzeme işleme teknolojisi ve mobilya endüstrisi makineleri, yüzey pürüzlülüğü, kesme gücü ve güç tüketimi, yapay sinir ağları ile literatür özeti), ikinci bölüm yapılan çalışmalarda malzeme ve yöntemin tanıtılmasını, üçüncü bölüm bulguları, dördüncü bölüm tartışmayı, beşinci bölüm sonuçları ve altıncı bölüm önerileri içermektedir.

1.2. Ağaç Türleri ve Fiziksel Özellikleri

Çalışmada, yapraklı ağaç türlerinden Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) ve Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.), iğne yapraklı ağaçlardan ise Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.) olmak üzere 4 adet ağaç türü kullanılmıştır. Bu ağaç türlerine ait fiziksel özellikler Tablo 1’de belirtilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan ağaç türlerine ait fiziksel özellikler (Vitosyte vd., 2015; Efe ve Çağatay, 2011; As vd., 2001; As vd., 2001; Malkoçoğlu, 1994; Bozkurt ve Erdin, 1990; Berkel, 1970)

Özellikler	Ağaç Türleri			
	Doğu Kayını	A. Kestanesi	Sarıçam	Doğu Ladini
Tam kuru yoğunluk (gr/cm ³)	0,640	0,590	0,401	0,406
Hava kurusu yoğunluk (gr/cm ³)	0,660	0,630	0,425	0,436
Hacim yoğunluk değeri (gr/cm ³)	0,530	0,448	0,358	0,358
Ortalama Yıllık Halka Genişliği (mm)	1,58	2,93	1,21	2,80

Tablo 1’de belirlenen yoğunluk değerlerine göre; Doğu Kayını orta ağır (0,50-0,69 gr/cm³), Anadolu Kestanesi tam ve hava kurusu yoğunluklarda orta ağır, hacim yoğunlukta

hafif (0,30-0,49 gr/cm³), Sarıçam ile Ladin ise hafif ağaçlar grubuna girmektedir (Bozkurt ve Erdin, 1990).

Doğu Kayını odunu orman ürünleri endüstrisinde; masif ve bükme mobilya üretiminde, yonga ve lif levha üretiminde, tornacılıkta, emprenyeli olarak direk ve travers yapımında, kaplama ve kontrplak üretiminde, ambalaj malzemesi, yapı malzemesi, ev ve süs eşyaları, alet sapları, odun kömürü üretiminde ve ayrıca oyuncak ve tarım aletleri yapımında değerlendirilmektedir (Doğu vd., 2001; Örs ve Keskin, 2001; Bozkurt ve Erdin, 2011; Malkoçoğlu, 1994).

Anadolu Kestanesi odunu; mobilya, doğrama, yapı malzemesi, lif ve yonga levha, travers, ambalaj malzemesi ve gemi-tekne yapımında kullanıldığı gibi çiçek ve meyvelerinden de yararlanılmaktadır (Doğu vd., 2001; As vd., 2001).

Sarıçam odunu iç ve dış koşullarda başta mobilya, doğrama, lif ve yonga levha, dekoratif kaplama levha ve kontrplak üretiminde, kimyasal odun hamuru elde edilmesinde ve emprenyeli olarak telefon ve maden direği, travers ve su içi inşaatlarda kullanılmaktadır (Erdin ve Bozkurt, 2013; Doğu vd., 2001; Bozkurt ve Erdin, 1989).

Doğu Ladini odunu; selüloz ve kâğıt endüstrisi yanında direk, travers, yapı malzemesi, kontrplak, kaplama, mobilya, doğrama, lif ve yonga levha, müzik aletleri ve reçine üretiminde kullanılmaktadır. Ayrıca, her türlü ambalaj, sandık, kutu, sepet, kibrit çöpü ve kurşun kalem yapımında da değerlendirilmektedir (Doğu vd., 2001; Örs ve Keskin, 2001).

1.3. Ağaç Malzeme İşleme Teknolojisi ve Mobilya Makineleri

Odun ve odun kökenli malzemeler; yaygın olarak mobilya, doğrama, ahşap yapılar, iç dekorasyon, oyuncak vb. üretimlerde yüzyıllardır kullanılmaktadır. Bu malzemeler; oldukça çeşitli olup, özellikle heterojen yapıları ile en zor mühendislik malzemeleri olarak bilinmektedirler. Bu bakımdan; bunların çeşitli ve farklı makinelerde işlenmesi, hangi teknik ve yöntemler ile koşullarda daha düzgün yüzey vereceği, bunun nasıl kolaylıkla, seri ve ekonomik olarak gerçekleştirileceği en önemli etkenlerden birini oluşturmaktadır.

Çeşitli malzemelerin işlenmesinde; insanoğlu ilk önce el aletleri kullanmış, bunları geleneksel ve modern makineler izlemiştir. Bunların yanında; odun tüketimi artışına paralel olarak, endüstrilerdeki gelişmelere dayalı ileri teknolojik makinelerin üretimi önemli bir yer tutmaya başlamıştır. Ancak; Ülkemizde 20 yy. son çeyreğinde, orman ürünleri mobilya endüstrisinde bilgisayar destekli üretim oldukça lüks bir uygulama olarak görülmüştür. Bu durum;

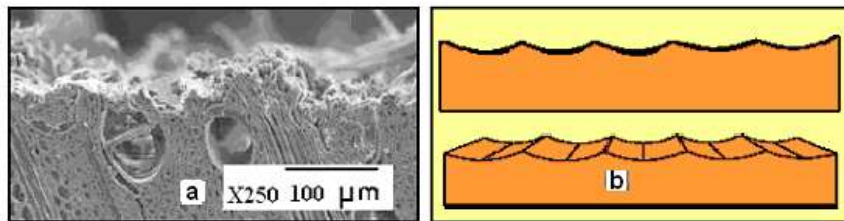
endüstrilerdeki üretim darboğazların aşılması için zorunlu bir kavram haline gelmiştir. Özellikle, mobilya üretimindeki büyük ölçekli işletmelerde hızla yaygınlaşmıştır. Bilgisayarlı makinelerle paralel olarak, bıçaklar, kesici aletler ve sistemler de bu uygulamada yerini almıştır. Bu amaçla; tez kapsamında mobilya, doğrama vb. endüstrilerde malzemelerin işleme teknolojisi ve mobilya makineleri üzerinde durulmuştur.

1.3.1. Ağaç Malzeme İşleme Teknolojisi

1.3.1.1. İşlemenin Tanımı ve Amaçları

İşleme; Koch (1964, 1972)' a göre; “odununun hem geometrisi ve hem de yüzey düzgünlüğünü arttırmak veya her ikisinin bileşimi ile kaliteli ürüne dönüştürme işlemi” olarak belirtmektedir. Szymani (2004); “odundan bir ürün parçasına son şeklinin veya istenilen şeklin verdirilmesi için enerji uygulaması” olarak tanımlanmaktadır.

İşleme, bıçağın veya kesicinin kuvvet uygulanması sonucunda ve odunda yapısal bir yıkımlarla oluşmaktadır (Şekil 1). İşlemin gerçekleşmesindeki yıkımlar; doğal olarak odunun kesiş şeklinden (teğet, radyal ve boyuna), farklı ağaç türleri, yoğunluklar, rutubet miktarları, odunun lif yönleri ve direnç özellikleri vb. etkilenmektedir. Aynı şekilde; ağaç malzemelerin işlenmesinde alet veya makinelerin yapısı ve bunların tekniğine uygun çalıştırılması da kusurların oluşum düzeyi de önemlidir. Ağaç malzeme odunun işleme kalitesi; kesişin oluşumundaki birbirini etkileyen ana (çeşitli malzemeler ve bunların yapıları, kesiciler, işleme koşulları vb.) ve bunlara ait birçok etkene bağlı olarak değişmektedir. İşleme kalitesinde; belirtilen etkenlerden sadece biri yanında, birkaçı veya tümü etkili olabilmektedir (Malkoçoğlu, 2017; Kurtoğlu, 2005; Koch; 1972; Kurtoğlu, 1981).



Şekil 1. İşlenen odun yüzeyinde kesiş izlerinin mikroskobik (a) ve makroskobik (b) görünümü (Gurau, 2004)

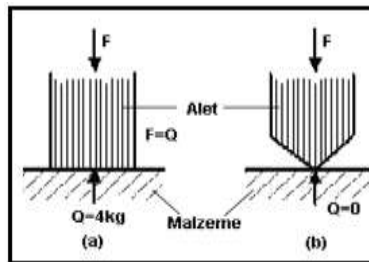
İşlemenin amaçları; odundan bir parçanın veya ürünün üretilmesinde, istenilen şekil ve ölçülerde gerekli duyarlılıkla işlenerek ürün kalitesi ve kapasite artışı yanında maliyetleri azaltmaktır. Ayrıca, gerekli önlemlerle çalışanların güvenliğini sağlamak, çalışma ortamlarındaki ses ve toz üretimini kontrol ederek önlemler almak olarak belirtilmektedir.

Odun işleme üzerine araştırmalarda geleneksel olarak kesici alet körelmesi, alet tasarımını geliştirme ve en uygun makine devrinin belirlenmesine ait veriler elde edilmesine rağmen; bir bütün olarak heterojen malzeme olan odunun işlenmesinde, verimlilik konusundaki araştırmaların üzerinde durulması ile ayrıntılı ve bilimsel değerlendirmelerin yapılabileceği ortaya konulabilir.

1.3.1.2. Bıçaklar ve Kama İlkesi

Bıçaklar veya kesiciler ve aletler; genellikle hammaddelerin çeşitli tekniklerle işlenerek, ürünlerin elde edilmesinde kullanılan araçlardır. Bunlarla; insanlar veya makineler tarafından uygulanan kuvvet, bazı fiziki-mekanik kurullarla daha etkin ve verimli bir işleme dönüştürülmektedir.

Bıçakların geometrisi kama ilkesine dayanır. Kama ilkesi; herhangi bir cisme uygulanan kuvvetleri çok küçük bir yüzeyde toplayarak, kuvvetin etkinliğini artırmaktır. Şekil 2'de görüldüğü gibi düztabanlı (a) ve kamalı (b) bir kesici alet ile malzemeye kuvvet uygulandığında farklı bir Q direnci ile karşılaşmaktadır (Şekil 3-a). Alet taban alanı 4 cm^2 ve malzeme direnci 1 kg/cm^2 ise $Q=F/A$ eşitliğinden 4 kg 'lık bir direnç belirlenir. Böylece; düz tabanlı kesici ile işlemde, 4 kg 'dan büyük bir kuvvet gerekecektir. Bunun yanında; kama şeklindeki bir kesicide, uç kısım bir doğru veya çizgi oluşturacaktır. Çizginin geometrik olarak bir alanı olmadığından güç 0 olacak ve dolayısı ile 0'dan daha büyük bir kuvvet uygulanması başlangıç için yeterli olacaktır (Koch, 1972; Koch, 1964).

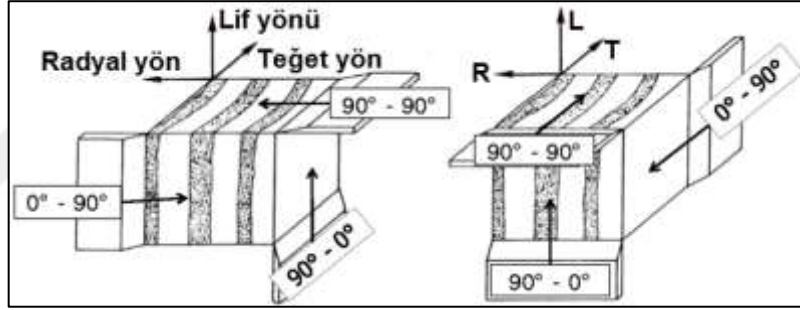


Şekil 2. Düz (a) ve kama (b) şekilli bıçaklarda kuvvet-direnç ilişkisi

Kesici aletlerde uygulanan kuvveti azaltmak için kama açısını küçültmek esas olmakla birlikte, bıçağın dayanıklılığı ve işleme yüzey düzgünlüğü de göz önüne alınarak en uygun açıda olmasını gerektirmektedir.

1.3.1.3. Kesme Yöntemleri ve Kesiş Çeşitleri

Odunun işlenmesinde temel olarak; dikgen kesiş yöntemi (orthogonal cutting process) ve çevresel kesiş yöntemi (peripheral cutting process) uygulanmaktadır. Dikgen kesiş yönteminde; kesici malzeme yüzeyi ve hareket yönüne dik olup, malzeme yüzeyine paralel işleme yapılmaktadır. Örneğin; el planya aleti, soyma ve kesme kaplama üretimi bu yöntemle yapılmaktadır. Şekil 3'te işlemede bıçak ve lif yönlerine göre kesme açıları belirtilmiştir (Koch, 1972; Koch, 1964).



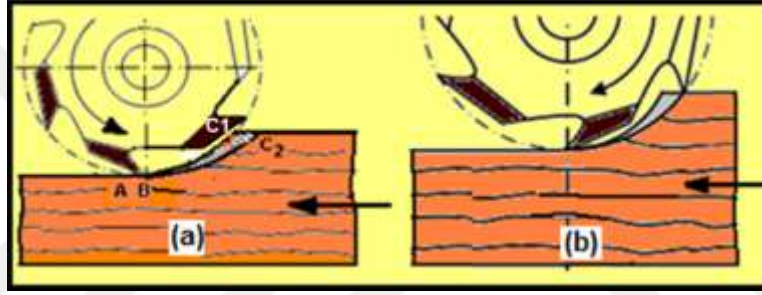
Şekil 3. İşlemede bıçak ve lif yönlerine göre kesme açıları (Kivimaa, 1950)

Çevresel kesiş yöntemi, sabit veya monteli kesicili bir alet ile işlemlerde parça yüzeyinde belirli aralıklarda iç bükey izler oluşturma yöntemidir. Planya, kalınlık ve freze makinelerindeki bu tip işlemler çevresel kesiş yöntemi olarak belirtilebilir (Davim, 2011; Csanády ve Magoss, 2012; Koch, 1972; Davis, 1962). Çevresel kesiş yöntemi kesici ve besleme yönüne göre; besleme yönünde ve besleme yönüne karşı olmak üzere iki farklı şekilde gerçekleştirilmektedir. Karşı kesiş; kesişin kontrollü yapılarak işçi güvenliğini sağlaması bakımından geleneksel ve modern makinelerde; aynı yönde kesiş ise, parçaların sabitlenerek işlendiği bilgisayarlı makinelerde uygulanmaktadır (Şekil 4).

Besleme yönüne karşı veya yukarı kesişte; kesme ve besleme yönü zıt olup, kesişin başlangıcındaki yonga kalınlığı sıfırdır (Şekil 4-a). En büyük yonga kalınlığı ise kesişin tamamlandığı ve kesicinin parça yüzeyinden çıkışı sırasında elde edilmektedir. Bu yöntemin

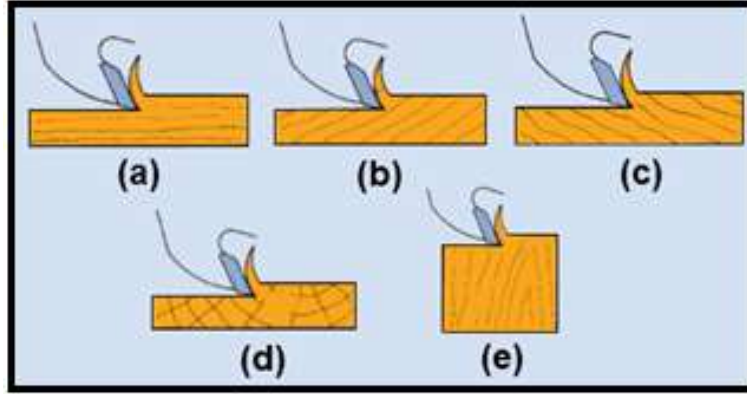
yararları; bıçak keskinliği süresinin fazla, kapasitesinin yüksek ve güç gereksinimi düşüktür. Sakıncaları ise; yüzey kalitesinin düşük, besleme güç tüketiminin ve parçanın geri fırlatılma tehlikesi olarak ortaya konulabilir (Malkoçoğlu, 2017; Davim, 2011; Csanády ve Magoss, 2012; Söğütlü, 2010; Keturakis ve Juodeikienė, 2007).

Besleme yönünde veya aşağı kesişte; kesme ve besleme yönü aynı olup, kesişin başlangıcındaki yonga kalınlığı en fazla, bitişindeki yonga kalınlığı ise en azdır (Şekil 4-b). Bu yöntemin yararları; yüzey kalitesi iyi, besleme hızı yüksek, besleme güç gereksinimi düşüktür. Sakıncaları ise; işlemlerde iş parçasının çekme etkisinde olması yanında, toplam güç tüketimi yüksek ve kesici körelme süresinin düşük olması olarak belirtilmektedir (Malkoçoğlu, 2017; Koch, 1964, Aguilera ve Martin, 2001; Söğütlü, 2010).



Şekil 4. İşleme yöntemleri (a. Besleme yönüne karşı veya yukarı kesiş, b. Besleme yönünde veya aşağı kesiş) (AB: kazıma alanı, B, C₁, C₂: yonga oluşumu)

Odunun işlenmesinde; lif yönü ve kesit şekilleri, kesışı etkilemekte ve yüzey kalitesinde önemli bir yer tutmaktadır (Malkoçoğlu, 2017; Kurtoğlu, 2005; Lihra ve Ganey, 1999). Kesiş çeşitleri, lif yönüne göre 5 gruba ayrılmaktadır. Bunlar; lifler yönünde liflere paralel kesiş, lifler yönünde (yukarı) kesiş, lifler yönünde liflere karşı (aşağı) kesiş, enine yönde (liflere dik, teğet veya radyal) kesiş ve enine kesit kesışı olarak Şekil 5'te belirtilmektedir.



Şekil 5. Ağaç malzemenin işlenmesinde lif yönlerine göre kesiş çeşitleri (Leitz, 2018)

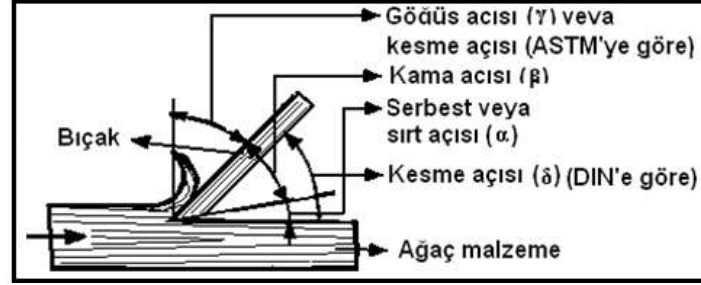
Yüzey kalitesi bakımından sırası ile; lifler yönünde yukarı, liflere paralel ve enine yönde teğet ve radyal ile enine kesitlerde kusursuz veya az kusurlu, lifler yönünde aşağı en kusurlu yüzeyler elde edilmektedir. Kusur düzeyi, lif açısının artması ile artmaktadır.

1.3.1.4. Bıçak Açıları ve Yonga Tipleri

Odunun işlenmesinde; malzeme yüzey kalitesi, işleme kapasitesi ve ekonomikliğinde en önemli etkenlerden biri odun yapısına uygun bıçaklar ve açıların seçimidir.

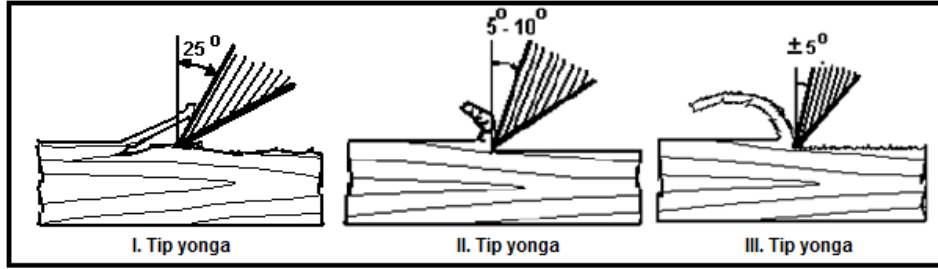
Bıçak açıları; göğüs, kama ve serbest veya sırt açısı olarak üç kısımda incelenmektedir. Bunlardan göğüs açısı; bıçak ön yüzeyi ile kesici alet dikey eksenindeki açıdır. Kesişte itme kuvveti ile ters orantılı olup, küçük göğüs açısı yüksek itme kuvveti gerektirir. Kama açısı; bıçak açısı olup, dayanıklılık ve kullanım süresini belirleyici, işlenen malzeme ve kesicinin üretildiği metale göre 19° - 80° açılardadır. Büyük kama açısı, işlemlerde aşınma ve yongalanmaya karşı fazla dayanımlı olup, malzeme yoğunluğu arttıkça kama açısı da artmaktadır. Kama açısının küçük olması, kuvvet tüketimini azaltmakta, fakat bıçaklar daha kısa sürede körelmektedir. Serbest açı; oduna doğrudan temas eden bıçağın sırt kısmı ile parça yüzeyi arasındaki açıdır. Bu açı; normal ise hava akımı dolaşımı ile bıçağın aşırı ısınmasını engellenmekte, düşük olması ise aşırı sürtünmeye ve işlenen malzeme yüzeyinde yanık izlerine yol açmaktadır. Ayrıca, literatürde bıçak geometrisinde yüzey kalitesi ve yonga oluşumu ile doğrudan ilişkili kesme açısı da ortaya konulmaktadır (Şekil 6). Yüzey düzgünlüğü bakımından, odun yoğunluğu arttıkça kesme açısı (ASTM) azalmaktadır. Çok

düşük veya yüksek kesme açılarında yüzey kalitesi düşmektedir (Davim, 2011; Koch, 1972; Koch, 1964; Davis, 1962).



Şekil 6. Bıçak veya kesici açıları (Kollman ve Cote, 1968)

Odunun işlenmesinde yıkımlanmaya bağlı yonga oluşumu yüzey kalitesinde diğer bir gösterge olarak kabul edilmektedir. Odunun işlenmesinde 3 tip yonga olup, bunların yıkım vb. karakteristikleri malzeme yüzey düzgünlüğünü belirleyici olmaktadır (Şekil 7).

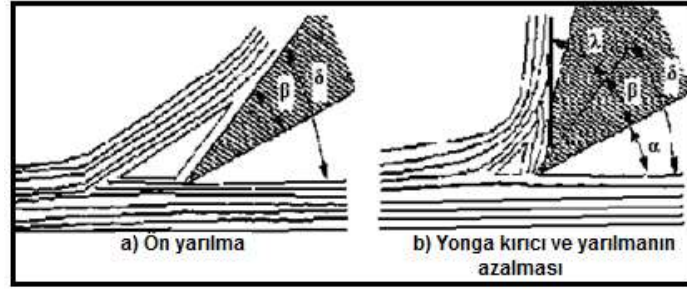


Şekil 7. Yonga tipleri ve oluşum şekilleri (Woodson ve Koch, 1970)

Bunlardan; I. Tip yonga, göğüs açısı 25° 'den büyük açılardaki ve eğilme gerilmeleri etkisindeki yarıma, kırılma vb. şekillerdedir. II. Tip yonga; 25° 'den düşük ve özellikle 5° - 10° açılarda en az yıkımla düzgün yüzeyler oluştururlar. III. Tip yonga ise; $\pm 5^{\circ}$ açılarda işlenen malzeme yüzeyinde kazıma şeklinde girintili çıkıntılı yıkımlar oluşturur. Bu tip yonga oluşumlarında; kesme açıları, odun yoğunluğu, rutubet, eğilme direnci ve elastiklik ile yarıma dirençleri, lif sapması ve fazla işleme miktarları yüzey kalitesinde etkili olmaktadır.

1.3.1.5. Kesişin Oluşumu

Kama şeklindeki bıçağın kuvvet etkisi ile odunun içine girmesi ve liflerin kesilerek yongalanmaya zorlanması kesişi oluşturmaktadır. Yoğunluğu düşük ağaç odunlarda, liflerin kesilmeye karşı direnci az olup, işlem "ön yarıma" şeklindedir (Şekil 8-a). Yarıma, esas kesiş sırasında yonganın bükülmesine kadar sürmektedir. Bıçak ön yüzeyinde yonganın kayması yarıma etkisini arttırmakta ve bu da yüzey kalitesini olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle, kaymaya karşı direnci arttırmak için bıçak önüne yonga kırıcı konulmakta ve kesişte yongaların daha küçük boyutlarda kırılması ile yüzey kalitesi arttırılmaktadır (Şekil 8-b).



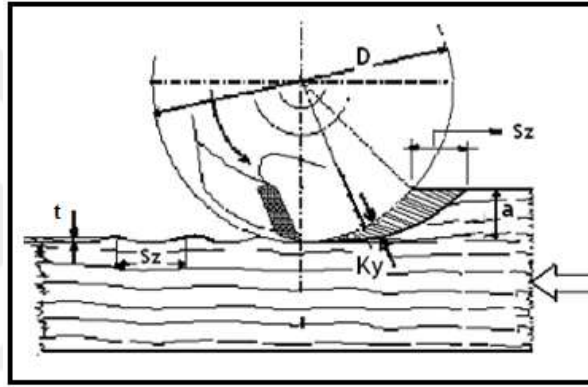
Şekil 8. Kesişin oluşumu ve bıçak açıları (γ = Göğüs açısı, δ = Kama açısı, α = Sırt açısı, β = Kesme açısı (DIN'e göre)) (Koch, 1964)

Kesiş işlemlerinde yongaların bükülmesi, yarıması ve parçalanması hacimlerini arttırmaktadır. Buna göre; uygun bıçak geometrisi seçilmediğinde, yongalar kesici boşluklarını doldurmakta ve işlemi olumsuz yönde etkilemektedir. Yonga oluşumunda "hacim artış faktörü" veya "kabarma faktörü" 1,5–7,5 arasında değişmektedir. Bu miktar; odunun türüne, rutubet miktarına, kesme açısı ve makine tiplerine göre değişmektedir. İşlemede; genellikle yoğunluğu düşük odunlar daha fazla parçalanmakta ve yonga hacim faktörü de artmaktadır. Bu bakımdan; bıçak geometrisindeki boşluk miktarlarının fazla ve kama açısının ise düşük seçimi ile kesicinin sıkışması veya yıkımlanması engellenmekte ve iyi bir işleme kalitesi elde edilmektedir (Malkoçoğlu, 2017; Koch, 1972; Woodson and Koch, 1970).

1.3.1.6. İşleme Geometrisi ve İşlemede Etkili Bazı Faktörler

1.3.1.6.1. İşleme Geometrisi

İşleme geometrisi, çeşitli makinelerde odun ve odun kökenli malzemelerin işlenmesinde bıçağın iş parçasında göreceli olarak hareketi, besleme hızı (m/dk) ve devrin (dev/dak.) bir bileşenidir (Davim, 2011; Koch, 1970). İş parçası yüzeyindeki bıçak ucu izi eğrisel olup, iç bükey şekildedir (Şekil 9). Dairesel şekilli bu tip oluşuma ait eşitlikler aşağıda belirtilmiştir.



Şekil 9. Kesiş işleminde yonga oluşumu ve kesici izleri (Kollman ve Cote, 1968)

Uygulamada; devire ait eğri önemli bir hata olmaksızın ortaya konulabilmektedir. Şekil 9'da kalınlık makinesi işlemlerinde yonga ve yüzey oluşum yapısı görülmektedir. Burada; bıçak izi uzunluğu (S_z), derinliği (t) ve ortalama yonga kalınlığı (K_y mm) olarak aşağıdaki eşitliklerden hesaplanmaktadır:

$$S_z = u \times 1000 / n \times z \text{ (mm)} \quad (1)$$

$$t = S_z^2 / 4 \times D \quad (2)$$

$$K_y = S_z \times a / D \text{ (mm)} \quad (3)$$

Eşitliklerde; u = besleme hızı (m/dak), n = devir (dev/dak), z = kesişe katılan bıçak sayısı (adet), D = alet çapı (mm)'dir.

1.3.1.6.2. İşlemede Etkili Bazı Faktörler

Yüzey kalitesi birçok ölçüte göre belirlenebilmektedir. Bunlar; kesme hızı (m/sn) veya devir (d/dk), besleme hızı (m/dk), kesiş izi uzunluğu (S_z) ve derinliği (t) ile ortalama yonga kalınlığı (K_y) olarak belirtilmektedir.

Uygulamada kesiş izi uzunluğu en basit ve yeterli ölçü olarak kabul edilmektedir. Yüzey kalitesini etkileyen en önemli faktörler; kesiş katılan kesici uç sayısı, besleme hızı ve devire bağlı olarak değişen bıçak izi uzunluğu veya birim uzunluktaki bıçak izi sayısıdır.

Kesici izi uzunluğu veya birim uzunluktaki kesici izi sayısı; makinenin devri, besleme hızı ve kesici sayısına göre belirlenmektedir. Genellikle, kesiş izi uzunluğunun azalması ile yüzey kalitesi artmaktadır (Şekil 10). Burada 1,3 mm'den düşük değerlerde yüzey kalitesi çok iyi olarak kabul edilmekte, ancak bıçak körelmesi artmaktadır (Malkoçoğlu, 2017; Sofuoğlu, 2012; Perkins, 1978).



Şekil 10. Kesici izi uzunluklarında yüzey kalitesi ve körelme ilişkisi (Leitz, 2018)

Ağaç malzemelerin işlenmesinde farklı üretimler için endüstrilerde birim uzunluktaki (25 mm) bıçak izi miktarları basit bir uygulama olarak önerilmektedir. Bunlar; kereste üretiminde 4-8 adet, dış koşullardaki uygulamalarda 8-12 adet, doğrama üretiminde 12-16 adet ve mobilya üretiminde 16 adet veya daha fazla olarak belirtilmektedir (Malkoçoğlu, 2017; Perkins, 1978).

Makinelere ait ağaç malzemelerin işlenmesinde çeşitli yüzey kalitesi ile ilişkili devir, kesme ve besleme hızları ile kesici sayılarının belirtildiği grafiklerden yararlanılmaktadır (Leitz, 2018; Malkoçoğlu, 2017; Amana, 2017; Vortex, 2016).

Makinelerin devirleri sınırlı olup, buna bağlı olarak odunun işlenmesinde kesme hızları düşük (5- 20 m/sn), normal (21- 60 m/sn) ve yüksek (61-100 m/sn) olarak 3 grupta toplanmaktadır. Orman ürünleri endüstrisinde; devirler geleneksel makinelerinde 3500-

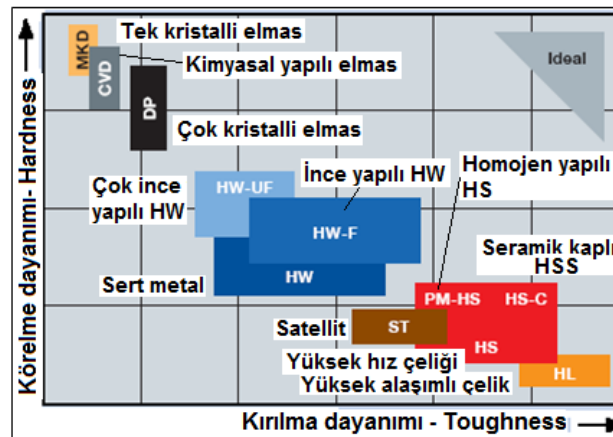
20000 d/dk., bilgisayarlı makinelerde ise 24000 d/dk. ya kadar çıkmaktadır. Çok düşük devir veya kesiş hızlarında ise kaliteli yüzey elde edilememektedir (Malkoçoğlu, 2017; SCM, 2016; Homag, 2015).

Kesme hızları odun ve odun kökenli malzemelerin işlenmesinde, makine tipleri, kesici malzemelerin yapısı ve çaplarına göre farklılıklar göstermektedir. Bu amaçla; kesme hızı, bıçak sertlik ve çap artışı ile doğru, işlenen malzeme yoğunlukları ile ters orantılı olarak değişmektedir (Leitz, 2018; Malkoçoğlu, 2017; Amana, 2017; SCM, 2016).

Besleme hızı (m/dk); sevk veya itme hızı olarak da bilinmekte olup; “alet veya makinelerde işlenmesinde “malzemenin birim zamanda aldığı yol” olarak belirtilmektedir. Besleme hızı, makinenin verimini doğrudan etkilemekte; yüksek besleme hızları kapasite artışını sağlamaktadır. Ancak, çok yüksek besleme hızları sınırlı olup; yüksek besleme hızları bıçak izi uzunluklarını arttırmakta, bu da işleme yüzey kalitesini olumsuz etkilemektedir (Leitz, 2018; Malkoçoğlu, 2017; Amana, 2017; Vortex, 2016).

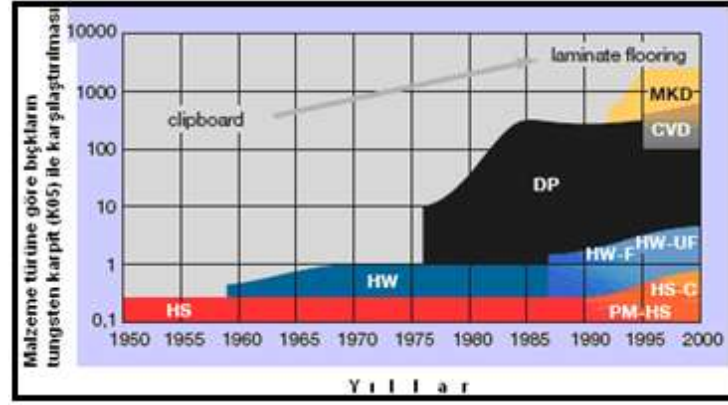
Besleme hızı; besleme sistemleri olmayan alet veya makinelerde (planya makinesi, el freze aletleri vb. gibi) insanın gücü ile sınırlı ve düşüktür (10 m/dk). Otomatik beslemeli makinelerde normal (6–36 m/dk) ve ileri teknoloji makinelerde geniş bir aralık ve yüksek hızlarda (5–90 m/dk.) işlemler yapılabilmektedir (Leitz, 2018; Malkoçoğlu, 2017; Amana, 2017; Vortex, 2016; SCM, 2016; Homag, 2015).

Çeşitli malzemelerin (odun, hafif metal, plastik) işlenmesinde kullanılan kesiciler farklı yapıdaki metal malzemelerden üretilmektedir (Şekil 11).



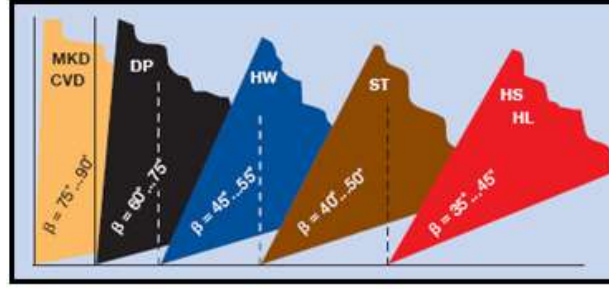
Şekil 11. Çeşitli kesici malzemelerin göreceli kırılma ve körelme dayanırlıkları (Leitz, 2018)

Şekil 11’de, çeşitli kesici türlerinin sertlik ve dayanırlıkları görülmektedir. Burada; malzeme sertliğinin körelmeye dirençli, ancak kırılmaya duyarlı; dayanırlığı ise kırılmaya dirençli ve körelmeye duyarlı yapıdadır. Bunlara göre; kırılmaya dirençli bıçaklar kısa sürelerde körelmektedir. Körelmeye dirençli bıçaklar teorik olarak 500-1000 kat daha fazla sürelerde kullanılmaktadır. Bunların uzun sürelerde bilenerak kullanılmaları, çalışmayı engellememesi bakımından kapasiteyi artırıcı ve ekonomiktir (Şekil 12). Bunların yanında, sert metal (özellikle elmas) kesicilerin sert budak oluşumu gösteren iğne yapraklı ağaç odunlarının işlenmesinde kırılğan bir yapı göstermekte ve kullanımları uygun görülmemektedir (Leitz, 2018; Malkoçoğlu, 2017; Amana, 2017; Vortex, 2016).



Şekil 12. Malzeme türlerine göre bıçakların üretim yılları ve tungsten karpit (KO5) ile dayanıklılıklarının karşılaştırılması (Leitz, 2018)

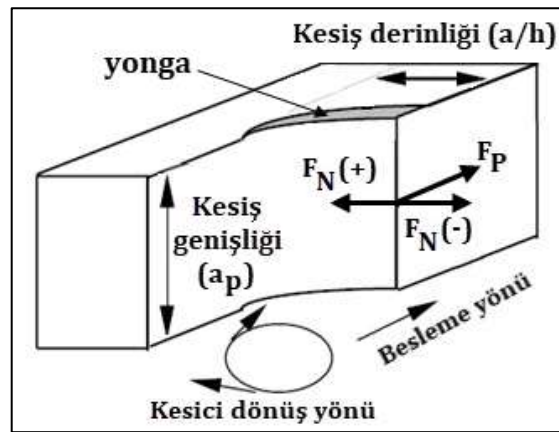
Mobilya ve doğrama üretiminde endüstriyel malzemelerin ortaya çıkması, yeni kesicileri gerektirmiştir. Ağaç malzemeler, plastikler, laminatlar ve alüminyum gibi malzemelerin işlenmesinde bütün gelişmeler kesici kullanım süresinin arttırılmasına yöneliktir. Endüstriyel levhaların 20. yy. ortaları sonrası ve laminatların bu yy. sonuna doğru üretimleri sürecinde, kesici alet gelişimi ve kullanımlarında da önemli bir artış göstermiştir. Bu malzemelerden üretilen kesici geometrisine bağlı kama açıları da Şekil 13’te belirtilmiştir.



Şekil 13. Bıçak veya kesici malzeme türleri ve uygun kama açıları (Leitz, 2018)

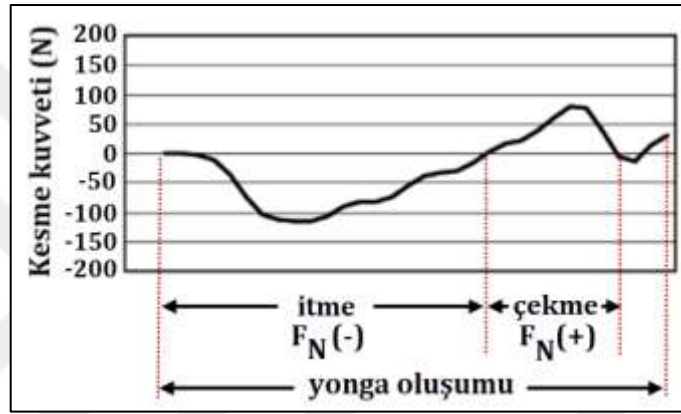
1.3.1.7. Ağaç Malzemelerin İşlenmesinde Kesme Kuvveti, Kesme Gücü ve Güç Tüketimi

Ağaç türü odunlarının işlenmesinde besleme yönüne göre 2 tür kesme kuvveti (N) ile karşılaşmaktadır. Bunlar, beslemeye dik yönde negatif ve pozitif normal kesme kuvveti ile besleme yönünde paralel kesme kuvvetleridir. Toplam kesme kuvveti bu iki kuvvetin bileşkenidir (Şekil 14). Aynı zamanda, spesifik kesme kuvveti birim uzunluktaki (mm) kuvvet (N) miktarı, kuvvet gereksinimi ise birim alandaki (cm^2) kuvvet (kp) miktarı olarak belirtilmektedir. Kesme kuvvetleri, fiziko-mekanik kesiş modellerinin oluşturulmasında ve kesiş sırasında etkili faktörlerin daha iyi anlaşılmasında oldukça önemlidir (Iskra ve Hernández, 2012b; Csanády ve Magoss, 2012; Porankiewicz vd., 2011; Tschätsch ve Reichelt, 2009; Marchal, 2009; Gonçalves ve Neri, 2005; Meausoone vd., 2004; Woodson ve Koch, 1970).



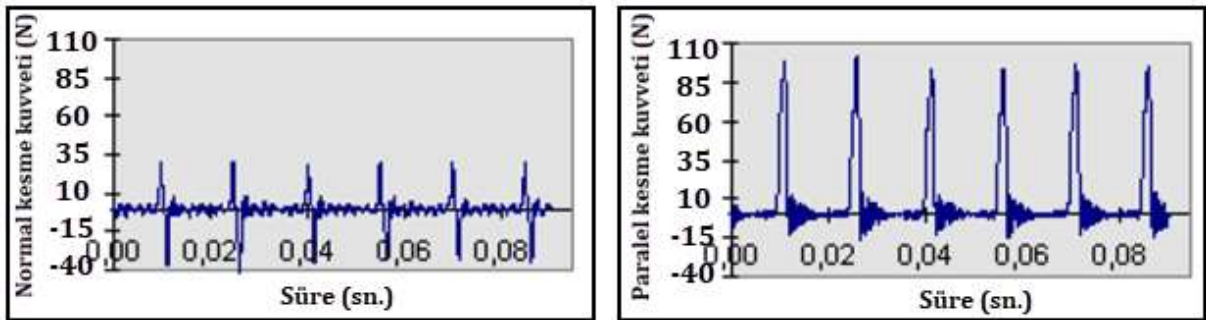
Şekil 14. Odunun işlenmesinde kesme kuvvetleri (F_N : Pozitif (+) ve negatif (-) normal kesme kuvvetleri, F_P : Paralel kesme kuvveti) (Meausoone vd., 2000)

Normal kesme kuvveti, yonga oluşumu tamamlandığında en yüksek değerdedir. Kesişte normal kesme kuvveti pozitif (çekme etkisi) veya negatif (itme etkisi) yöndedir. Özellikle, normal kesme kuvvetlerinin yüzey kalitesi üzerinde etkisi oldukça önemli olup, bu bakımdan düşük miktarlarda olması beklenmektedir. İşlemede normal kesme kuvvetinin yukarı kesişte aşağı kesişe göre daha yüksek olduğu ve kesme açısı azaldıkça negatif kesme kuvvetleri azalırken, pozitif kesme kuvvetlerinin artış gösterdiği belirtilmektedir (Şekil 15) (Naylor vd., 2012; Iskra ve Hernández, 2012b; Porankiewicz vd., 2011; Tschätsch ve Reichelt, 2009; Annamalai, 2003; Palmqvist, 2003; McKenzie, 1961).



Şekil 15. Yonga oluşumunda pozitif ve negatif normal kesme kuvvetinin değişimi (Palmqvist, 2003)

Paralel kesme kuvveti ise kesiş sırasında kademeli olarak artmaktadır. Genellikle normal kesme kuvvetine göre daha yüksektir (Şekil 16) (Tschätsch ve Reichelt, 2009; Gonçalves ve Néri, 2005; Palmqvist, 2003; Woodson ve Koch, 1970).



Şekil 16. Normal ve paralel kesme kuvvetlerinin süreye bağlı değişimleri (Palmqvist, 2003)

Metal ve ağaç malzemelerin işlenmesinde kesme kuvvetleri temaslı ve temassız yöntemlerle ölçülmektedir. Bunlardan, gerinim ölçerler ve piezo elektrik sensörler temaslı, Eddy Akım Ayırıştırıcısı (ECT) ise temassız yöntemlerdendir. Gerinim ölçer teknolojisi düşük maliyetlidir. Ancak özellikle ahşap işlemede ortaya çıkan çok düşük kesme kuvvetlerinin ölçümünde, titreşimler ile kuvvet sinyalleri net bir şekilde ayırıştırılmadığından verimli değildir. Kablo bağlantılarının uzmanlık gerektirmesi, sıcaklık ve neme karşı oldukça hassas olması ise diğer dezavantajları olarak belirtilebilir. Piezoelektrik dinamometre yöntemi ise özel sensörler ve bilgisayar programları ile 0.01 N/s'lik hassasiyetle kesme kuvvetlerinin ölçümünde kullanılmaktadır. Bu yöntemle, özellikle dinamik ve yarı statik mekanik ölçümler yapılmakta olup, metal ve ahşap endüstrisinde kullanımı yaygındır. Son yıllarda CNC freze kesici uçları ile birlikte kullanılabilen aletler geliştirilmiştir (Şekil 17) (Iskra ve Hernández, 2012b; Naylor vd., 2012; Goli vd., 2011; Porankiewicz vd., 2011; Marchal, 2009).



Şekil 17. Çeşitli kesme kuvveti ölçme cihazları (Kistler, 2019)

Güç, bir elektrik cihazının birim zamanda şebekeden çekerek yaptığı iş olarak adlandırılmaktadır. Gücün birimi Watt (W)'tır. Bu güç ($P=U \times I$), devreye uygulanan gerilim (U-volt) ve akım (I-amper) ile doğru orantılıdır (Nacar, 2012; Tumanski, 2006; Pastacı, 2003; Helfrick ve Cooper, 1990)

Güç ölçümü, doğru akım ve alternatif akım devrelerinde yapılabilmektedir. Doğru akım devrelerinde, ampermetre-voltmetre ya da wattmetre kullanılarak ölçülmektedir. Alternatif akım devrelerinde ise güç faktörü, aktif gücün görünür güce oranı ile hesaplanmaktadır. Wattmetreler doğru ve alternatif akımlarda (bir veya 3 fazlı), doğrudan güç ölçen aletlerdir. Alet üzerindeki güç birimleri W veya kilowatt (kW) olarak belirtilmektedir (Şekil 18). Üç fazlı akım devrelerindeki gücün ölçülmesinde her faza ayrı wattmetre bağlamak yerine dengeli tek bir fazda ölçüm yapılarak, bunun 3 ile çarpılması ile

toplam güç hesaplanmaktadır (Nacar, 2012; Tumanski, 2006; Annamalai, 2003; Pastacı, 2003; Helfrick ve Cooper, 1990).

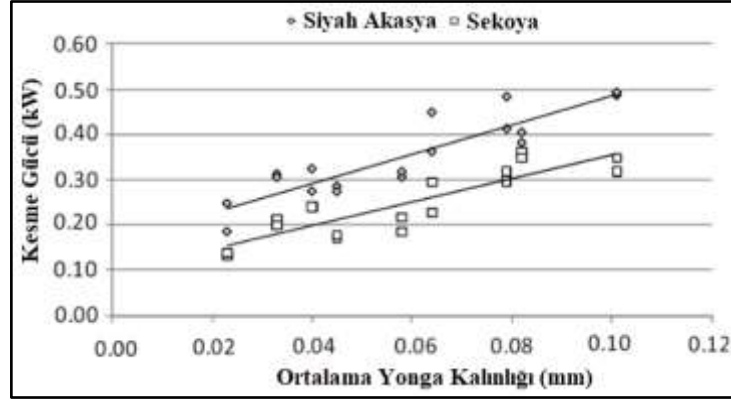


Şekil 18. Kesme gücü, güç ve enerji tüketimini ölçen çeşitli cihazlar

Alternatif akım devrelerinde, üretilen veya tüketilen gücün ölçülmesinde elektrik sayaçları kullanılmaktadır. Bu sayaçlar, bir veya üç fazlı olacak şekilde üretilmekte olup, wattmetre gibi bağlı olduğu devrenin gücünü ölçerken, diğer yandan süre içinde değişen bu güçlerin zamanla çarpımlarını toplanıp kWh, Wh veya MWh birimi ile kaydedilmektedir (Nacar, 2012; Tumanski, 2006; Pastacı, 2003; Helfrick ve Cooper, 1990).

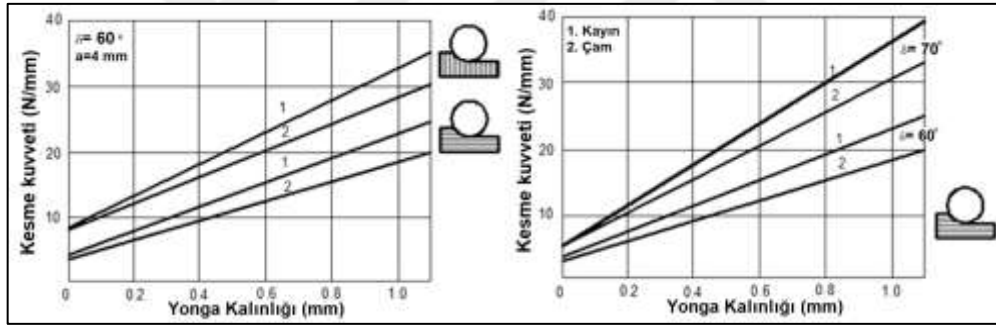
Ağaç malzemelerin işlenmesinde kuvvet veya güç tüketimi üç ana etkene dayandırılmaktadır. Bunlar; ağaç malzemeler (ağaç türü, yoğunluk, sertlik, rutubet, kesitler ve lif veya kesiş yönü vb.), makine işleme koşulları (besleme ve kesme hızı veya devir, kesme miktarı veya yonga kalınlığı, kama ve kesme açısı) ve kesici aletler ve mekaniği (kesici tipi ve geometrisi, bıçak aşınması veya körelmesi, sürtünme, titreşim) olarak belirtilmektedir. Malzemelerin işlenmesinde bu etkenlerden biri ve birkaçı bir arada kuvvet veya güç gereksiniminde etkili olmaktadır (Nasir ve Cool, 2018; Malkoçoğlu, 2017; Csanády ve Magoss, 2012; Davim, 2011; Marchal vd., 2009; Annamalai, 2003; Koch, 1972; Kollman ve Cote, 1968).

Ağaç türü odun yoğunlukları yüksek malzemeler düşük olanlara göre, kesme gücünü daha fazla etkilemektedir. Ancak, yoğunluk ile kuvvet gereksinimi her zaman doğru orantılı değildir. Özellikle, silis içeren tropik ağaç türü odunlarının işlenmesinde kesiciler daha kısa sürelerde körleşmektedir. Aynı şekilde, yonga kalınlığı arttıkça da kesme gücü artmaktadır (Şekil 19). Yavaş büyüyen ve dar yıllık halkalı iğne yapraklı ağaç türü odunlarının işlenmesinde yoğunlukla doğrusal ilişkili olarak kesme gücünün de arttığı belirtilmiştir. (Malkoçoğlu, 2017; Marchal vd., 2009; Kurtoğlu, 2005; Triboulot vd., 1991; Kurtoğlu, 1981; Ettelt, 1974; Koch, 1964).



Şekil 19. Ağaç türü odununda ortalama yonga kalınlığı ile kesme gücü ilişkisi (Davim, 2011)

Spesifik/özgül kesme kuvvetinin ağaç türü, yonga kalınlığı, kesiş yönü ve kesme açısına (DIN) göre değişimi Şekil 20'de belirtilmiştir.

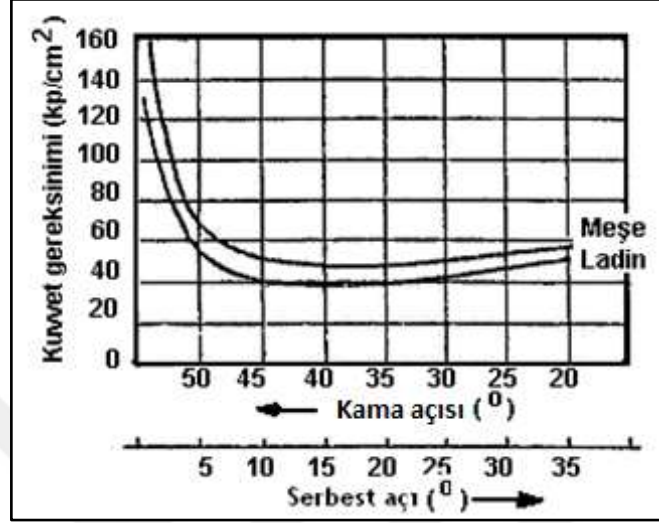


Şekil 20. Ağaç türü, yonga kalınlığı, lif yönü ve kesme açısının (δ) kesme kuvvetine etkisi (Csanády ve Magoss, 2012)

Şekil 20'de; yonga kalınlığı, kesme açısı ve odun yoğunluğu arttıkça spesifik kesme kuvvetinin de arttığı ve liflere dik yönde liflere paralel yönde işlemeye göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Rutubet miktarı, kesiş derinliği ve kesme açısı (DIN standardı) arttıkça, kesme kuvvetlerinin de arttığı belirtilmektedir (Durkovic vd., 2018; Naylor ve Hackney, 2013; Naylor vd., 2012; Porankiewicz vd., 2011; Goli, 2011; Marchal vd., 2009).

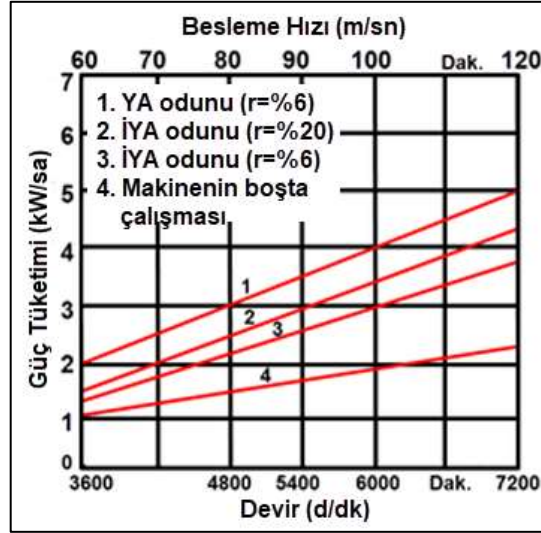
Kesici kama ve serbest açısının kuvvet gereksinimine etkisi ise Şekil 21'de görülmektedir. Burada güç tüketimi bakımından en uygun kama açısı 40° , serbest açı ise 15° dir. İşlemede yüzey kalitesi, genellikle düşük kesme açılarında (ASTM standardı) elde

edilmekte, daha fazla güç tüketimi ortaya çıkmaktadır (Cristóvão, 2013; Axelsson vd.,1993; Koch, 1964; McKenzie, 1961; Franz, 1958; Kivimaa, 1950).



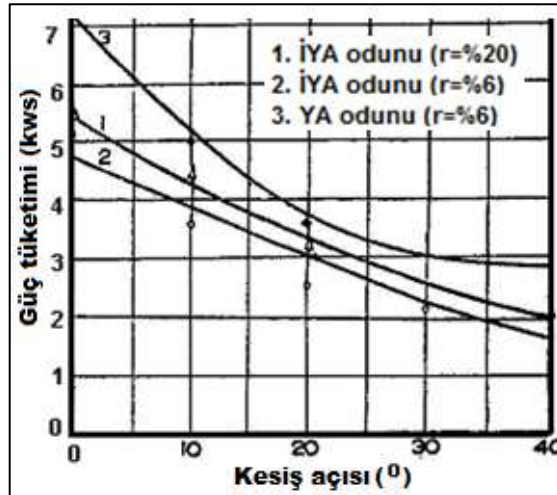
Şekil 21. Meşe ve Ladin odunlarının işlenmesinde serbest ve kama açısı ile kuvvet etkileşimi (Koch, 1964)

Rutubet miktarının kesme kuvveti ve kesme gücüne etkisi karmaşık olup; ağaç türü odunlarının anatomik yapısı, işleme koşulları ve kesici geometrisine göre önemli farklılıklar göstermektedir. Araştırmalarda; rutubet miktarı ile kesme kuvveti arasında sinüzoidal bir ilişki olduğu ve kesme gücünün %5-30 rutubet miktarlarında arttığı, daha yüksek rutubet miktarlarında ise azaldığı belirtilmektedir. İşlemede kuvvet gereksinimi konusunda diğer bir ilişki de yüksek hız çeliği bıçaklarla farklı odun rutubetlerinde besleme ve kesme hızları arasındadır (Nasir ve Cool, 2018; Porankiewicz vd., 2011; Marchal vd., 2009; Lemaster ve Stewart, 1994) (Şekil 22). Odun viskoelastik bir malzeme olduğu için rutubeti arttıkça, daha fazla enerji absorbe edebilmektedir. Ayrıca, rutubetin etkisi odun yoğunluk artışı ile etkili olmakta ve kesme gücünü de arttırmaktadır (Malkoçoğlu, 2017; Koch 1964; Davis 1962; Stewart, 1980; Stewart 1974).



Şekil 22. Odun rutubetleri, devir ve besleme hızları güç tüketimi ilişkisi (Davis ve Nelson, 1954)

Şekil 22'ye göre, aynı ağaç türü odunlarında %20 rutubette %6 rutubete göre %25, farklı ağaç türü odunlarında ve %6 rutubette ise yaklaşık %10 daha fazla güç tüketimi olduğu belirtilmiştir (Davis ve Nelson, 1954). Yapraklı ve iğne yapraklı ağaç odunlarında rutubet ve kesiş açısı ile güç tüketimi ilişkisi Şekil 23'te belirtilmiştir.



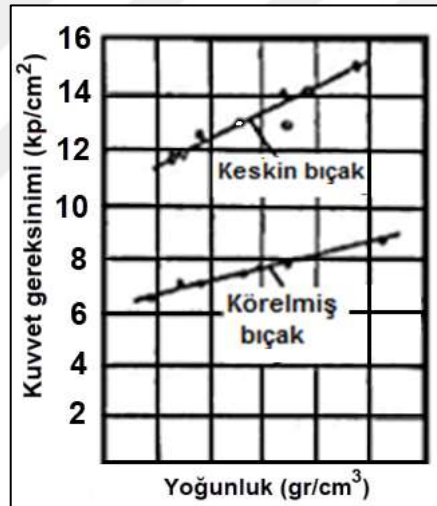
Şekil 23. Kesiş açısı ve odun rutubetinin kuvvet gereksinimine etkisi (Koch, 1964)

Şekil 23'te; %20 rutubette %6 rutubete göre daha fazla güç tüketildiği görülmektedir. Aynı işleme koşullarında sert metal uçlu kesiciler, yüksek hız çeliğine oranla daha fazla güç

tüketmektedir. Aynı şekilde; %6 rutubet miktarındaki odun örneklerinin işlenmesinde, keskin veya yeni bilenmiş iki farklı bıçak türünde, sert metal bıçakların yüksek hız çeliğine göre 1/3 oranında daha fazla güç gereksinimi olduğu belirlenmiştir.

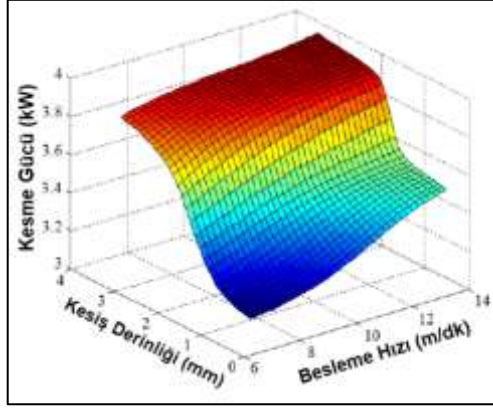
Ağaç türü odunu ve kesiş açısının kuvvet gereksinimi üzerindeki etkisi oldukça yüksektir. Yapraklılarda güç tüketimi iğne yapraklılardan daha fazladır. Kuvvet gereksinimi genellikle yoğunlukla doğru orantılıdır. Yoğunluğu yüksek odunlar düşük olanlara göre daha fazla kuvvet gereksinimi göstermektedir (Cristóvão, 2013; Marchal vd., 2009; Axelsson vd.,1993; Koch, 1964; McKenzie, 1961; Franz, 1958)

Şekil 24'te odunun liflere dik yönde keskin ve körelmiş bıçaklarla işlemlerde yoğunluk kuvvet ilişkisi görülmektedir. Keskin olmayan veya körelmiş bıçakların etkisi yapraklı ağaçlardan daha çok, yoğunluğu düşük yani hafif veya yumuşak ağaç odunlarının kesişlerinde daha belirgin olmaktadır (Mori, 1970; Koch, 1964; McKenzie, 1961)



Şekil 24. Liflere dik kesişte yoğunluk-kuvvet gereksinimi ilişkisi (Koch, 1964)

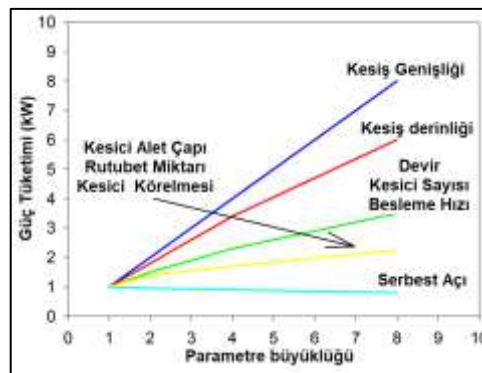
Şekil 25'te belirtildiği gibi ağaç malzemelerin freze makinesinde işlenmesinde besleme hızı ve kesiş miktarının artması ile kesme gücünün arttığı ortaya konulmaktadır (Özşahin ve Singer, 2019a; Durkovic vd., 2018; Krauss vd., 2016; Tiryaki vd., 2016; Marchal vd., 2009; Goli vd, 2011).



Şekil 25. Kesme derinliği ve besleme hızı ile kesme gücü ilişkisi (Yao ve Boh, 2019)

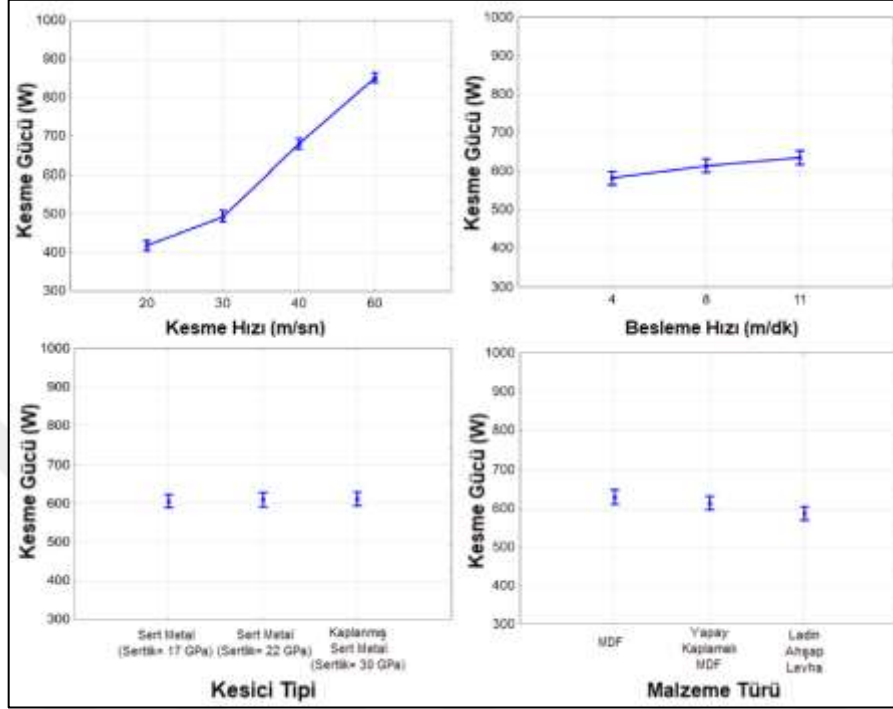
Kesme teorisine göre; yonga kalınlığı ile kesme kuvveti arasında doğrusal bir ilişki ortaya çıkmaktadır. İşlemede, en iyi sonuçlar yüksek kesme açılarında (ASTM) elde edilmektedir. Ancak, iyi bir yüzey veya işleme kalitesi daha fazla kesme gücü gerektirmektedir. Sabit bir kesme açısı ve rutubet miktarındaki işlemede yonga kalınlığı artışının kesme kuvvetinde oransal bir artışa neden olmadığı belirtilmiştir (Malkoçoğlu, 2017; Csanády ve Magoss, 2012; Davim, 2011; Kurtoğlu, 2005; İlhan vd., 1990; Kurtoğlu, 1981).

Güç tüketiminde diğer önemli bir etken de kama açısı olup, alt sınırı 45° dir. Bu sınırın üzerindeki kama açısı serbest açığı azaltarak kesici sırt kısmında yonga yığılmalarına yol açmaktadır (Malkoçoğlu, 2017; Csanády ve Magoss, 2012; Marchal vd., 2009; Kurtoğlu, 2005; Kurtoğlu, 1981). Çeşitli işleme koşullarının güç veya kesme kuvveti ile ilişkisi Şekil 26'da görülmektedir.



Şekil 26. Çeşitli işleme koşulları ile kesme gücü ilişkisi (Smith, 1996)

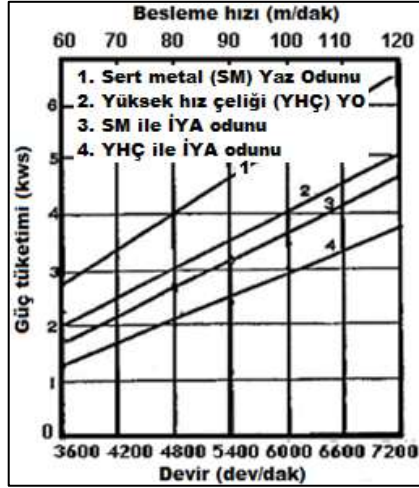
Odunun işlenmesinde çeşitli etkenlerin kesme gücü ile ilişkisi Şekil 27'de belirtilmiştir.



Şekil 27. İşleme değişkenleri güç tüketimi ilişkileri (Sedlecký ve Gašparík, 2017)

Şekil 27'de, bıçak sertliğindeki artışın, bıçakların keskinliğini daha uzun süre sürdürmesiyle güç tüketimini arttırmaktadır. Besleme hızı ve devir yanında malzeme yoğunluğunun yüksekliği de kesme gücünü arttırmaktadır.

Şekil 28'de, güç tüketiminde çeşitli kesici türleri, besleme hızı ve devire bağlı olarak kuvvet tüketimi ilişkisi görülmektedir.



Şekil 28. Yapraklı ve iğne yapraklı ağaç odununda bıçak türü ve güç tüketimi ilişkisi (Koch, 1964)

Şekil 28’de belirtildiği gibi kuvvet gereksinimi, yüksek besleme hızı ve devirlerde artmaktadır. Ancak, işleme kalitesi değişmemekte, verim artmaktadır (Cristóvão, 2013; Marchal vd., 2009; Axelsson vd.,1993; Koch, 1964; McKenzie, 1961).

1.3.1.8. Ağaç Malzemelerin İşlenmesinde Yüzey Kalitesini Etkileyen Faktörler

Ağaç malzemelerin işlenmesinde yüzey kalitesini etkileyen faktörler üç grupta incelenmektedir. Bunlar; ağaç malzemelerin yapısı ve özellikleri, makinelerin işleme koşulları ile kesici aletlerin yapısı ve mekaniği olarak belirtilebilir (Malkoçoğlu, 2017; Csanady ve Magoss, 2013; Kurtoğlu, 1981 ve 2005; Koch 1964 ve 1972; Davis, 1962).

Bu gruplardaki çeşitli koşulların uygulanmaması veya yeteri kadar özenilmemesi işlemeyi doğrudan etkilemektedir. Doğal olarak; ağaç malzemelerin işlenmesinde beklenen kalite, son kullanım amacına göre de değişebilmektedir (Malkoçoğlu, 2017; Kurtoğlu, 2005; Koch; 1972; Kurtoğlu, 1981).

1.3.1.8.1. Ağaç Malzemelerin Yapısı ve Özellikleri

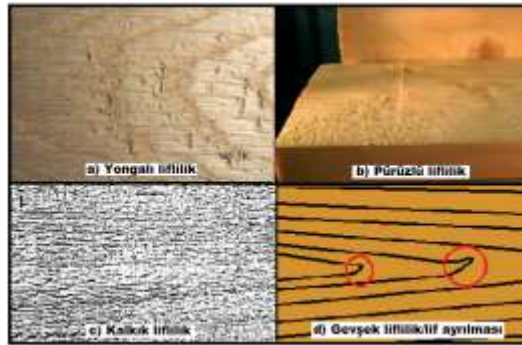
İşlemede; ağaç malzemelerin yapısı ve özellikleri yüzey kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden birini oluşturmakta olup, zor ve karmaşıktır. Odun heterojen yapıda polimer bir malzemedir. Ağaç türü odunları yanında, aynı ağaç türü odununda da farklı fiziksel, mekanik

ve teknolojik özellikler göstermektedir. Bu bakımdan; ağaç malzeme odun yapısından kaynaklanan ve işlemeyi etkileyen faktörler, odun rutubeti, yoğunluk, sertlik, büyüme hızı ve yıllık halka genişliği, anatomik yapısı, tekstür ve yapısal kusurları vb. olarak belirtilmektedir (Malkoçoğlu, 2017; Berkel, 1970; Kollman ve Cote, 1968).

İşlemede; odun yoğunluğunun ve rutubetinin yüzey kalitesine etkisi üzerine yapılan araştırmalarda, yoğunluğu yüksek ve rutubeti düşük odunlarda daha düzgün yüzeyler elde edilmektedir (Davis, 1962; Kurtoğlu, 1981; Malkoçoğlu, 2007). Yapraklı ağaç odunlarında; yoğunluğu yüksek olanların rutubet artışından daha az etkilendiği ve daha düzgün yüzeyler gösterdiği belirtilmektedir (Kurtoğlu, 2005; Jakub ve Martino, 2000; Davis, 1962).

İşleme kalitesinde; ağaç türü odunları büyüme hızı, yıllık halka genişliği ve yaz odunu katılım oranı önemli olup, yoğunlukla ilişkilidir. Buna göre; yıllık halka genişliği artışı, yapraklılarda hızlı büyüyen türler hariç genellikle yoğunluğu arttırmakta, iğne yapraklılarda ise azaltmaktadır. Ayrıca; dağınık traheli odunlar (Kayın, Huş, Kızılağaç, Akçaağaç vb.) halkalı trahelilere (Meşe, Kestane, Dişbudak, Kavak ve bazı Ceviz türleri vb.) göre daha homojen yapıda olup, bu faktörden daha az etkilenmekte ve daha iyi işleme özellikleri göstermektedir. İşlemede; odunun büyüme hızı etkisinin, yoğunluktan daha önemli olduğu belirtilmektedir. Buna göre; yapraklılarda yıllık halka genişliği artışı, iğne yapraklılarda ise azalması işlemeyi olumlu etkilemektedir. Bu özellikler; odunun enine kesitinde, boyuna yöne göre daha belirgindir (Porankiewicz, 2014; Kurtoğlu, 2005; Kurtoğlu, 1981; Davis, 1962).

Odunun işlenmesinde ortaya çıkan kusurlar; işleme sırası ve sonrası olmak üzere iki kısımda incelenmektedir. İşlemlerdeki kusurlar; bıçak yanık izi, dalma veya kalınlık azalması ve artışı, yonga izi, liflilik kusurları (pürüzlü, kalkık, gevşek veya lif ayrılması, lif kopması), kenar yarılmaları, parlak yonga izi ve yarıklardır (Şekil 29).



Şekil 29. Odun liflerinden kaynaklanan kusurlar (Davis, 1962)

1.3.1.8.2. Makinaların İşleme Koşulları

Ağaç malzemelerin amacına uygun bir şekilde işlenebilmesi makine işleme koşullarının uygun seçimi ve ayarlanmasını gerektirmektedir. Bu kapsamda; işlemede yüzey kalitesi, devir ve besleme hızları, kesiş derinliği ve birim uzunluktaki (25 mm) miktarı yanında, bıçak açıları ile ilişkili olup, oldukça önemlidir. Bunlara göre; birim uzunluktaki bıçak izi sayısı eşit olmak üzere, yüzey kalitesi üzerinde farklı kesme ve besleme hızlarının etkisi yaklaşık eşit bulunmaktadır. Yüksek kesme ve besleme hızları ile iyi bir işleme yapılabildiği kadar, bıçak sayısı ve makine devri ile de aynı ölçüde gerçekleştirilebilmektedir. İşleme kalitesini düşürmeden makine verimini arttırmak uygulamada daha yararlı olmaktadır. Kesme hızı veya devrin belirlenmesinde bıçak çapının da göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Yani, bıçak çapı arttıkça kesme hızı da artmaktadır (Malkoçoğlu, 2017; Porankiewicz, 2014; Davim, 2011; Kurtoğlu, 2005; Kurtoğlu, 1981).

Ağaç türü odunlarının işlenmesinde kesiş açısının azalması ve kesici sayısının artması yüzey pürüzlülüğünü olumlu yönde etkilemektedir. Düşük kesiş açılarında işleme performansının arttığı belirtilmektedir (Malkoçoğlu, 2007; Keturakis ve Juodeikienė, 2007; Hernandez ve Cool, 2008; Skalić vd., 2009; Söğütü, 2010; Sofuoğlu, 2016). Ancak, kesiş açısı yoğunlukla ilişkili olup; yoğunluğu yüksek odunlar için düşük kesme açısı (ASTM'ye göre 10^0), yoğunluğu düşük odunlar için ise yüksek kesme açısı (ASTM'ye göre 20^0) önerilmektedir (Sofuoğlu ve Kurtoğlu, 2014; Ratnasingam ve Scholz, 2007; Malkoçoğlu ve Özdemir, 2006; Burdurlu vd., 2005; Lihra ve Ganev, 1999; Örs ve Baykan, 1999).

İşlemede yüzey kalitesi bakımından sığ veya derinliği az kesişler daha iyi sonuçlar göstermektedir. Kesiş miktarı artışı, genel olarak yapraklı ağaçlarda iğne yapraklılara göre yüzey kalitesini daha az etkilemektedir. Standartlarda, 2 mm'den daha fazla kesiş derinliği uygun görülmektedir (Malkoçoğlu, 2017; Demirci, 2013; Söğütü, 2010; Hernandez ve Cool, 2008; Kurtoğlu, 2005; Söğütü, 2005; Efe vd., 2003; Örs ve Demirci, 2003; Örs ve Gürleyen, 2002; Stumbo, 1963).

1.3.1.8.3. Kesici Aletlerin Yapısı ve Mekaniği

İşlemeyi etkileyen kesici aletleri yapısı ve mekaniği birçok değişkeni içermekte ve işleme kalitesinde etkili olmaktadır. Bunlar; alet türü, keskinliği ve silindire yerleştirilmesi

olarak belirtilebilir (Malkoçoğlu, 2017; Porankiewicz, 2014; Kurtoğlu, 2005; İlhan vd., 1990).

Bıçak veya kesiciler yüksek hız çeliklerinden elmas yapılara farklı özelliklerdeki malzemelerden üretilmektedir. Yüksek hız çelikleri kısa sürelerde körelmekte fakat kırılmaya dirençli, elmaslar ise uzun sürede körelmekte ve kırılmaya düşük dirençlidirler. Bunlara göre; işlemede yüzey kalitesi ve üretim kapasitesi bakımından elmas bıçaklar tercih edilmelidir. Ancak, bu tür bıçakların kırılmaya duyarlı yapılarda olması, özellikle iğne yapraklı ağaç türü odunlarının sert yapılı budak oluşumlarında kullanılmaları önemli sakıncaları olarak belirtilmektedir. Bıçaklar veya kesicilerin silindiri aletlere yerleştirilerek ayarlarının yapılmasında basit aletler kullanılmaktadır. Bu bakımdan; ayarların yapılmasında, duyarlı davranılarak yüzey kalitesine olumsuz etkisi önlenmektedir (Malkoçoğlu, 2017; Kurtoğlu, 2005; İlhan vd., 1990).

1.3.1.9. Mobilya Üretiminde İşleme Toleransları

Tolerans; “gerçek ölçünün alt veya üst sınırlar içerisinde kabul edilebilir hata payları veya değerleri” olarak tanımlanmaktadır. Mobilya üretiminde toleranslar; standartlara göre ortaya konulan değerlere ait ölçülerin kontrolü için çeşitli ölçme ve kontrol aletlerini gerektirmektedir. İşleme toleransları; mobilya üretiminde kullanılan geleneksel veya modern ve bilgisayarlı makinelere göre oldukça farklılıklar göstermektedir. İşleme toleransları; malzeme ve makinelere göre iki kısımda incelenmektedir. Odun ve odun kökenli malzemelerin yapısına bağlı çalışma özellikleri ile ilgili olarak $\pm 0,1$ ile $\pm 0,3$ mm arasındadır. Makinelere ait toleranslar; mil, siber, bıçak veya kesici aletler vb. duyarlılıklardan kaynaklanan toleranslardır. Geleneksel ve modern makinelere ait işleme toleransları $\pm 0,05$ mm, bilgisayarlı makinelerde ise bu miktar $\pm 0,01$ mm'dir (Malkoçoğlu, 2018a; Malkoçoğlu, 2018b; Malkoçoğlu, 2017; Unido, 1989; Perkins, 1978).

Toleranslar; makine duyarlılığı artışı ile artmakta, işlem alanı veya parça boyutları artışı ile azalmaktadır. Bunların yanında; üretimde kontrol ve ölçü aletleri ile makine ayarlarının uygun yapılması ve kalıplardan yararlanılması gerekmektedir.

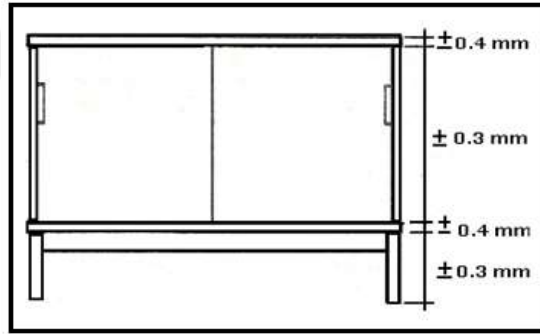
Kütüphane, mutfak dolabı ve büro mobilyası gibi levha veya kabin tipi mobilya üretiminde diğer önemli bir tolerans ölçümü levhaların dikdörtgenlik kontrolleridir. Bu gibi mobilya parçalarının çift taraflı ölçülendirme makineleri ile işlemlerde 500 mm'den az

boyutlardaki parçaların dikdörtgenlik toleransı $\pm 0,5$ mm arasındadır (Malkoçoğlu, 2017; Unido, 1989; Perkins, 1978).

Üretimde yüksek bir duyarlılıkla çalışmanın birçok yararları vardır. Bunlar: farklı serilerde üretilen modellere ait parçalar veya elemanların uyumu, sürgülü veya kızaklı elemanların hareket kolaylığı, gerekli ölçülerde ve düzgün olarak hazırlanan birleştirmelerle yeterli direnç sağlanması ve büyük serilerde çalışılması ile üretimin kolaylaşması olarak belirtilebilir.

Masif mobilya toleransları yanında levha tipi mobilya üretiminde işleme toleranslarının bilinmesi ölçülendirmenin esasını oluşturmaktadır. Buna göre; kabin tipi mobilyada parça toleransları (t_1, t_2) ve bunlara bağlı olarak toplam tolerans miktarı aşağıdaki eşitlikten belirlenir. Şekil 30'da yükseklik toleransları belirtilen mobilyanın toplam tolerans miktarı aşağıdaki eşitlikten belirlenmektedir.

$$T = \sqrt{t_1^2 + t_2^2 + \dots + t_n^2} \quad (4)$$



Şekil 30. Kabin veya levha tipi mobilya ve elemanların toleransları

1.3.2. Mobilya Makineleri

Mobilya üretiminde kullanılan makineler tiplerine göre en basitinden en gelişmişine kadar aynı amaçlarla kullanılabilir. Ancak; bunlar yapısal, işlevsel ve kapasite olarak farklı özelliklerdedir. Geleneksel makineler; genellikle ustalık gerektirmekte, işlemler tek tek ve daha uzun sürelerde yapılmaktadır. Bunun yanında, modern ve bilgisayarlı makineler yarı veya tam otomatik olup, işlemler genellikle makinelerle yapılmaktadır. Makineler tekli veya çok işlevli olup; modern ve bilgisayarlı makineler oldukça çeşitli ve karmaşık işlemleri aynı anda veya art arda seri, yüksek duyarlılık ve

kapasitede gerçekleştirmektedir (Malkoçoğlu, 2018b; Burdurlu ve Baykan, 1998; Koç, 1993).

Dünyada; CNC makineleri Orman Ürünleri Endüstrisinde 20. yy.'ın son çeyreğinde büyük ölçekli işletmelerde yaygınlaşmıştır. Bu tip makinelerin kullanımları yaygınlaşmış, giderek yapılarındaki teknik gelişmelerle büyük ve orta ölçekli işletmelerin en önemli üretim araçlarını oluşturmaktadırlar (Malkoçoğlu, 2018b; Koç, 1993).

Odun ve odun kökenli malzemeleri işleyen makineler yapıları, işlevleri, kesici tipleri vb. gibi farklı özellikler ve etkenlere göre sınıflandırılmaktadır. Bunlara göre makineler; kereste ve levha kesme ve ölçülendirme, yüzey düzgünleştirme (rendeleme) ve dilme, şekillendirme ve profilendirme, tornalama, birleştirme ve zımparalama makineleri olarak 5 grupta incelenmektedir. Ayrıca; ana işlemlere dayalı alt başlıklarda da makineler sınıflandırılmış ve makine işlev, yapı ve özellikleri belirtilmiştir (Malkoçoğlu, 2017; Burdurlu ve Baykan, 1998; İlhan vd. 1990; Kurtoğlu, 1981).

Bu amaçla; tez kapsamında odun ve odun kökenli mobilya üretiminde kullanılan geleneksel makineler yanında, daha çok modern ve çok işlemlili bilgisayarlı veya CNC makineler üzerinde durulmuştur.

1.3.2.1. Kereste ve Levha Kesme Makineleri

Bu tip makineler; kereste (kalas veya tahta) veya levhaların toleranslı ölçülendirilmesinde kullanılan daire ve şerit testere makineleridir. Bunların işlevleri, malzemelerin enine (uzunluk) ve uzunluğuna (kalınlık veya genişlik) ile kavisli kesimlerini kapsamaktadır. Çeşitleri; uzunluk, genişlik veya kalınlık, yan alma ve enine kesme (çoklu dilme), yarı ve tam otomatik tek veya çift testereli gönye burun ve CNC uzunluk ölçülendirme daire testereleri ile basit ve CNC'li şerit testere makineleri olarak belirtilebilir. Şerit testereler genellikle toleranslı, daire testereler ise hem toleranslı hem de net ölçülendirme işlevli makinelerdir. Daire testere makinelerinde liflere dik, paralel ve açılı düz kesimler, şerit testere makineleri ise düz ve kavisli kesim işlemlili yapıdadır (PS20-20, 2020; Malkoçoğlu, 2018b; ASTM, 1989).

Toleranslı ölçülendirmenin amaçları; kerestelerin kusurlu kısımlarından arındırılması ve taşınabilir boyutlara getirilmesi olarak belirtilebilir. Toleranslı ölçülendirme, üretim kalitesine ve konstrüksiyondaki ürün elemanları konumlarına uygun olarak yapılır. Böylece; kereste zayıflarının azaltılması, ürün kalitesinin artırılması, bıçakların veya kesici aletlerin

ve makinelerin odun içerisindeki yabancı maddelerden (taş, metal vb.) arındırılması ile korunmaları sağlanmaktadır. İşlemlerde parça toleransları; makine duyarlılığı, parça boyutları ve şekilleri ve rutubet miktarlarına göre değişmektedir. Bunlara göre; toleranslar uzunluklarda 10-50 mm, genişliklerde ise 5-10 mm arasında belirtilmektedir (PS20-20, 2020; Malkoçoğlu, 2018b; ASTM, 1989)

Daire testereler; toleranslı ölçülendirme yanında, parçaların net uzunluk ölçülendirme işlemlerinde de kullanılmaktadır. Bunlar da basit ve CNC tipi, tek veya çift taraflı işlemler, yarı ve tam otomatik makinelerdir. Bu makinelerle, üst üste ve yan yana yerleştirilen parçalar aynı anda düz veya açılı işlenerek ölçülendirilmektedir.

1.3.2.2. Planya, Kalınlık ve Çoklu Dilme Makineleri

Planya ve kalınlık makineleri; toleranslı parçaların yüzeylerinin ve kenarlarının düzleştirilerek enine kesitlerinde net ölçülendirmesi yapılan makinelerdir. Bu amaçla; planya makinesi parçaların yüzey ve kenarını elle tek tek, kalınlık makinesi ise diğer yüzey ve kenarının aynı anda art arda bir veya daha fazla parça işlemi yapılmaktadır. Planya makinesinde, parçaların daima en az kusurlu bir yüzey ve kenarı işlenmelidir. Böylece; işlemede yüzey kalitesi ve kapasite artmakta, zayıflıklar azalmakta ve iş güvenliği sağlanarak kazalar önlenme veya azaltılmaktadır (Burdurlu ve Baykan, 1998; Koch, 1972).

Bunların yanında; mobilya ve doğrama endüstrisinde planya, kalınlık ve çoklu dilme daire testere makinelerinin bileşimi (kombinasyonu) kullanılmaktadır. Bu tip makineler seri, yüksek kapasiteli ve duyarlı olup; toleranslı uzunluk ölçülendirmesi yapılan kerestelerin aynı anda genişlik ve kalınlık işlemleri ile uygun ölçülendirmeleri yapılarak parçalar seri olarak elde edilmektedir (Burdurlu ve Baykan, 1998; Kurtoğlu, 1981).

1.3.2.3. Profilendirme ve Şekillendirme Makineleri

Mobilya endüstrisinde profilendirme ve şekillendirme makineleri genellikle “freze makineleri” olarak adlandırılmaktadır. Basit veya gelişmiş tipteki makineler profil ve şekillendirme işlemleri yanında; diğer birçok işlemlerin yapılmasında da kullanılmaktadırlar. Bunlar; düzgün veya eğmeçli parçaların yüzey ve kenarlarına; lamba, kınış, kanal, kordon ve pah açma, çeşitli süslemeler ve oyma işlemleri, profiller, zıvana ve

lamba, delgi vb. gibi belirtilebilir (Malkoçoğlu, 2018a; Kurtoğlu, 2005; Burdurlu ve Baykan, 1998).

Freze makineleri işlevleri ve tipleri bakımından 6 grupta toplanabilir. Bunlar; çoklu yüzey işleme (dört taraflı), dikey, yatay, dikey ve döner tablalı, çift taraflı kenar işlemlili, zımparalı şablon, kopyalı ve kopyalı oyma ve çok işlemlili veya bilgisayarlı frezeler olarak belirtilebilir.

Çoklu yüzey işleme makineleri; planya, kalınlık ve freze makine bileşimi olup; seri işlemlidir. Bu makinede; toleranslı ölçülerdeki parçaların aynı anda planyalanması ve kalınlık işlemleri ile yüzeyleri düzgünleştirilmekte, üst yüzey ve kenarlarına çeşitli profiller (lamba, kanal, kınış vb.) ve daha geliştirilmiş tipleri ile üst yüzeyler çeşitli şekil veya süslemeler yapılabilmektedir (Şekil 31a ve b).



Şekil 31. Çoklu yüzey işleme makinesinde çeşitli profil ve şekilli işlenmiş parçalar

Yatay ve dikey frezeler; tek taraflı eğmeçli ve düz parçaların yüzey veya kenarlarının çeşitli şekillerde işlendiği geleneksel makinelerdir. Bunlardan, yatay frezeler genellikle parçaların kenarlarına, dikey frezelerle ise genellikle parçaların yüzeylerine işlem yapılabilmektedir.

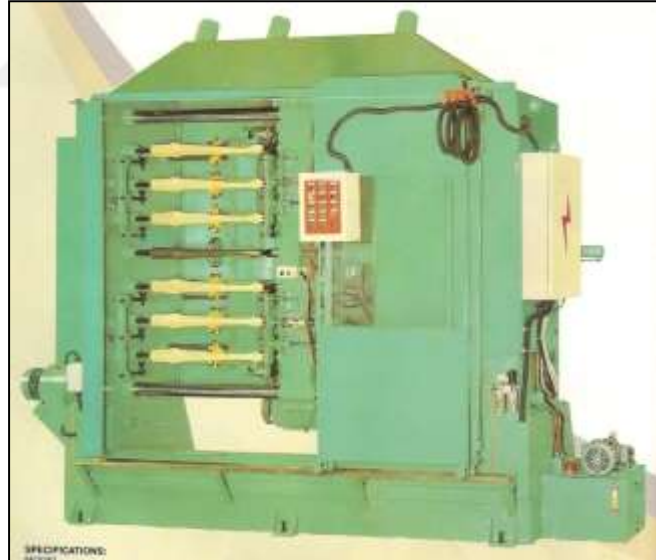
Şablon frezeler; yatay frezelerin gelişmiş tipleri olup, beslemeli tek veya çift taraflı ve döner tablalı farklı yapı ve özelliklerdedir. Tek taraflı ve döner tablalı makinelerde parçalar tek tek, çift taraflılarda ise parçalar tek tek veya çoğunlukla birkaç adedi bir arada (parçalar uç-uca ve üst-üste yerleştirilerek) işlenebilmektedir. Bu amaçla, kopyalanacak parça kalıp olarak kullanılmaktadır. İşlenecek parça veya parçalar makine üzerindeki kalıp üzerine üst üste veya uç uca yerleştirilmektedir. Parçalar; uygun besleme hızında yatay hareketli silindirik dikey kesici aletler arasından beslenerek, kalıplara uygun şekilde işlenmektedir.

Ayrıca; bu tip frezelerde parçaların zımparama işlemleri de gerçekleştirilmektedir (Şekil 32) (Malkoçoğlu, 2018a; Burdurlu ve Baykan, 1998; İlhan vd., 1990).



Şekil 32. Şablon frezeli çeşitli koltuk (a) ve sandalye elemanları (b)

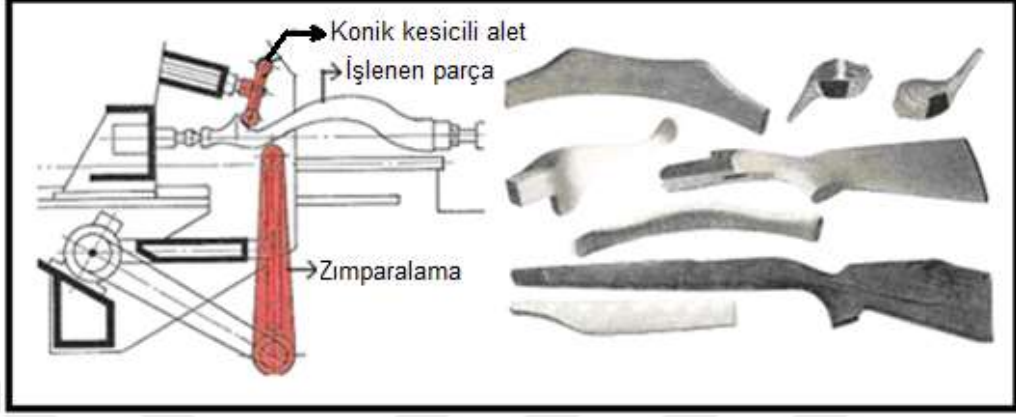
Kopyalı frezeleme (Şekil 33), çift taraflı eğmeçli ve az girintili çıkıntılı parçaların (sandalye ayakları, tüfek kundakları, terlik veya ortopedik ayakkabı tabanları vb.) işlenmesinde kullanılan makinelerdir.



Şekil 33. Dikey kopya freze makinesinde parçaların şablona uygun işlenmesi

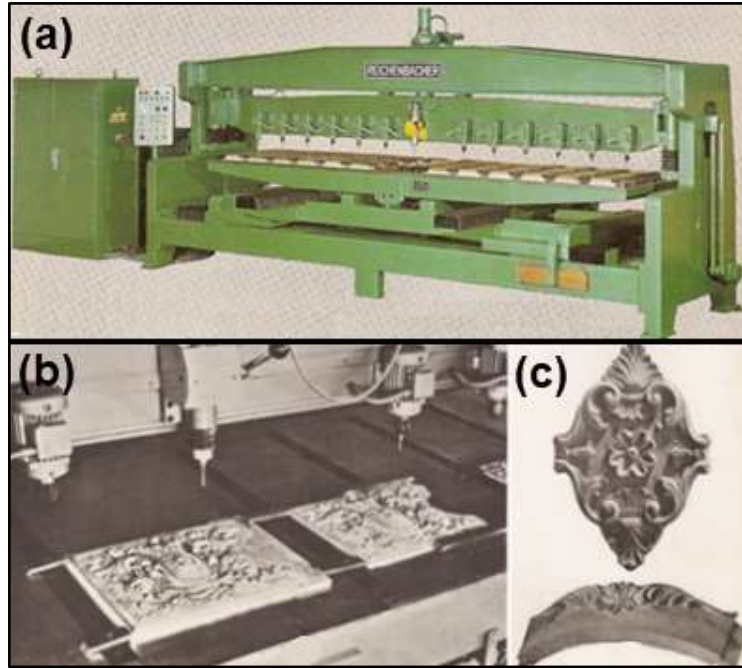
Bu makinelerin; yatay, dikey ve döner tablalı tipleri bulunmaktadır. Makinelerde eksenleri etrafında döndürülen parçalara şekilleri, ürün elemanı şablonundan yararlanılarak sağlanmaktadır. Bu amaçla; disk şeklindeki alete yerleştirilmiş konik bıçaklar kullanılmaktadır. Parçalar; iç kalıplar veya şablonlara göre çoklu olarak işlenmekte, son

şekilleri ise sıcak preslere yerleştirilen (180° - 190°C 'de) dış kalıplarla verdirilmektedir (Şekil 34) (Malkoçoğlu, 2018a; Burdurlu ve Baykan, 1998; İlhan vd., 1990).



Şekil 34. Yatay kopyalı freze makinesinde parçanın işlenmesi ve çeşitli kopyalı parçalar

Kopyalı oyma frezeleme; düz, tek veya çift taraflı eğmeçli ve fazla girintili çıkıntılı parçaların (klasik mobilya takımlarının genellikle bütün elemanları, çeşitli yüzey süslemeleri ve heykel vb.) şekillendirmesinin yapıldığı makinelerdir (Şekil 35). Bu amaçla, ürün elemanlarına ait metal şablonlardan yararlanılmaktadır.



Şekil 35. Kopyalı oyma frezesinde (a) işlemler (b) ve işlenmiş parçalar (c)

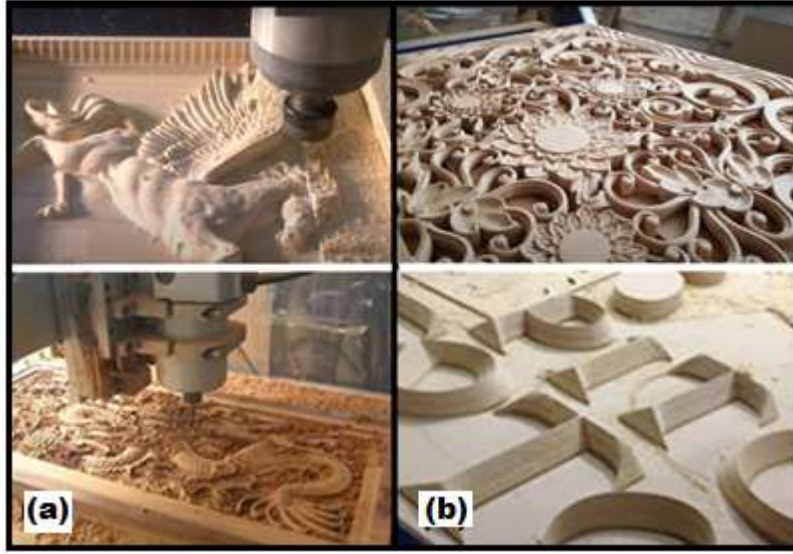
Kopya frezelerde olduğu gibi, bu makinelerde de parçalara son şekilleri sıcak preslere (180°-190°C'de) yerleştirilen dış kalıplarla verdirilmektedir (Malkoçoğlu, 2018a; İlhan vd., 1990).

Kopya ve kopyalı oyma frezelerle işlemlerinde, parçaların şablonlara uygun konumda yerleştirilmesi gerekmektedir. İşlemler; şablon ve işlenecek parçalar arasında uygun toleranslarda gerçekleştirilerek iç ve dış şablon boyutlarının aynı olması sağlanır. Böylece; presleme işlemlerinde parça boyutlarındaki farklılıkların neden olduğu kırılma veya ezilme vb. kusurların oluşması engellenir (Malkoçoğlu, 2018a; Burdurlu ve Baykan, 1998; İlhan vd., 1990).

Bu grupta; mobilya vb. seri üretimlerde çok işlemlerli CNC veya bilgisayarlı freze makinelerinden (Şekil 36, 37) yararlanılmaktadır. CNC frezeler; farklı tiplerde ve özelliklerde olup, 2-5 eksenli, düz kızaklı ve nokta hareketli, makine ve kesicileri yarı veya tam otomatik değiştiricili yapılıdır. Esas işlevleri parçaların profilendirilmesi ve şekillendirilmesidir. Bunun yanında; delgi, lamba, kınış, net ölçülendirme ve düzgünleştirme gibi birçok amaç için de kullanılmaktadırlar. İşlemler; bilgisayar programı ile vakumlu sistemlerle sabitlenen parçalara çok karmaşık şekiller veya biçimlerdeki tasarımlar uygun bıçaklarla tek tek veya seri olarak, art arda ve oldukça yüksek duyarlılıkta yapılmaktadır (Malkoçoğlu, 2018a; Burdurlu ve Baykan, 1998).



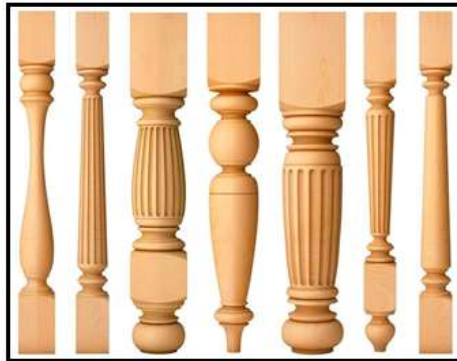
Şekil 36. Bilgisayarlı freze makinesi



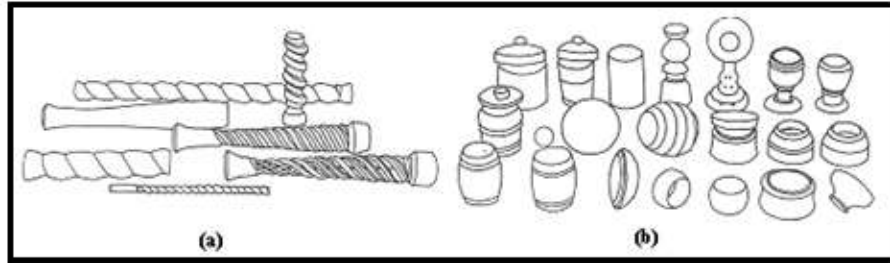
Şekil 37. Bilgisayarlı freze makinesi işlemleri (a) ve işlenmiş parçalar (b)

1.3.2.4. Torna Makineleri

Tornalama; odunun şekillendirilmesinde en eski yöntemlerden biri olup, “parçaların eksenleri etrafında döndürülerek işlenmesi” tekniğidir. Tornalama makineleri; basit, yarı ve tam otomatik yapılarda alın, konik, iç ve dış bükey, normal ve burmalı olarak farklı yöntemlerle yapılmaktadır. Basit makinelerde parçalara uygun şekiller elle kullanılan bıçaklarla verilmektedir. Modern torna makinelerinde ise bu amaçla düz veya V şekilli bıçaklar kullanılmaktadır (Şekil 38 ve 39).



Şekil 38. Çeşitli şekillerde tornalı parçalar



Şekil 39. Burmalı torna (a) ve alın torna (b) makinelerinde işlenmiş parçalar

Tornalamada parçaların zımparalama işlemleri, basit makinelerde elle tek tek, gelişmiş makinelerde (otomatik torna) ise bu makinelere yerleştirilmiş bant zımparalarla gerçekleştirilmektedir (Şekil 40) (Malkoçoğlu, 2017; Burdurlu ve Baykan, 1998; Davis, 1962).



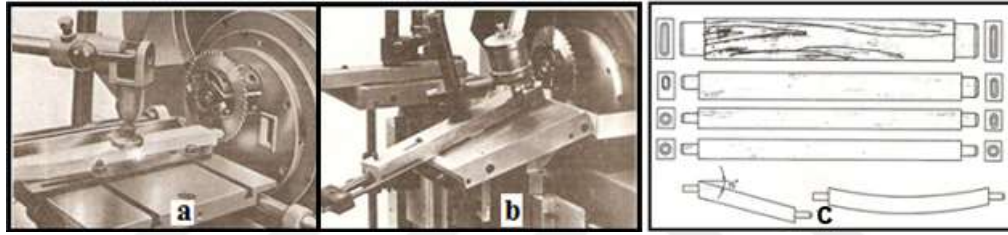
Şekil 40. Gelişmiş torna makinesinde parça işlemi

1.3.2.5. Lamba-Zıvana ve Delgi Makineleri

Bu tip makineler, mobilya vb. üretimlerde çeşitli birleştirme yöntemlerinde kullanılan makinelerdir. Bu amaçla; yaygın olarak kullanılan birleştirme yöntemleri lamba-zıvanalı, kavelalı ve metal birleştirme olarak belirtilebilir. Bu yöntemler için gerekli işlemlerde basit, geleneksel, modern ve bilgisayarlı makineler kullanılmaktadır (Malkoçoğlu, 2017; Burdurlu ve Baykan, 1998).

1.3.2.5.1. Lamba- Zıvana Makineleri

Lamba zıvanalı birleştirme yöntemi; lamba “girintili veya dış”, zıvana ise “çıkıntılı veya iç” parçalardan oluşan yöntem olarak tanımlanmaktadır (Şekil 41). Bu amaçla üretimde kullanılan lamba makineleri; tekli ve çift taraflı salınlı, tek veya çift tablalı lambalı basit, yarı otomatik yanında otomatik panjur kanalı, kilit, tas menteşe yeri açma ve yerleştirme, yama ve otomatik budak yamama olarak belirtilebilir. Zıvana makineleri ise; zıvana ve kenar, zıvana ve delik, otomatik tek ve çift taraflı, tek veya çift taraflı tekli, lamba zıvanalı köşe, parmak, düz dişli, kırılmaçkuyruğu birleştirme, otomatik tek veya çift tablalı zıvana makineleri olarak ortaya konulabilir (Malkoçoğlu, 2017; İlhan vd., 1990).



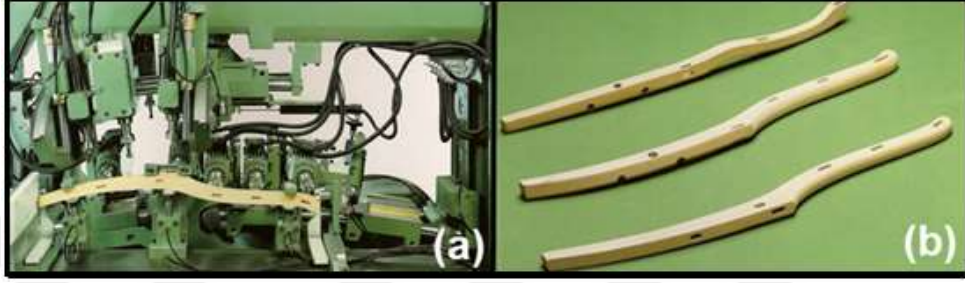
Şekil 41. Zıvana makinesinde düz (a) veya açılı (b) zıvana işlemleri ve çeşitli boyutlarda parça örnekleri (c)

Lamba makineleri delgi makinelerinin farklı bir tipi olup, sabit matkabın osilasyonlu/salınlı olarak ayarlanan genişlikte/aralıkta hareketli olmasıdır. Bu makinede lamba açma; lamba kalınlığına uygun çaptaki matkabın makineye yerleştirilmesi, genişlik, derinlik ve düz veya açılı tabla ayarlarının yapılarak elle beslemeli parçaların işlenmesi ile gerçekleştirilmektedir.

Lamba zıvanalı birleştirme boyutları, birleştirme yönteminin yapısı ve ürün dayanımı bakımından önemlidir. İşlemlerde odun yoğunluğu esas alınmalı, 8 mm’lik kalınlık için lamba toleransları sabit olup (+0.05/-0.00 mm); zıvana kalınlıkları düşük, normal, yüksek ve çok yüksek odun yoğunlukları için sırası ile (+0.0/-0.1, +0.1/+0.0, +0.3/+0.1 ve +0.3/+0.2 mm) arasında değişmekte olmalıdır. Bu bakımdan; lambanın matkap çapında yaklaşık sabit boyutta ve düşük çalışma aralığında olması bakımından önce lamba ve sonra da zıvana işlemi yapılmalıdır (Burdurlu ve Baykan, 1998; İlhan vd., 1990; Unido, 1989).

Çoklu delgi ve lamba açma makineleri, delgi ve lamba açma makinelerinin bileşimidir. Makinenin işlevi; düz veya eğmeçli net ölçülerdeki parçalara çoklu matkaplarla hem delgi

hem de lamba açma işlemleri aynı anda yapılabilir (Şekil 42). Bu amaçla, parça makineye yerleştirilerek delgi ve lamba açma matkap ayarları yapılır. Makine çalıştırıldığında; baskı pabuçları veya tutucularla ürün parçası sabitlenerek, çoklu birleştirme yerleri aynı anda seri ve yüksek duyarlılıkta işlenir (Malkoçoğlu, 2017; Burdurlu ve Baykan, 1998).

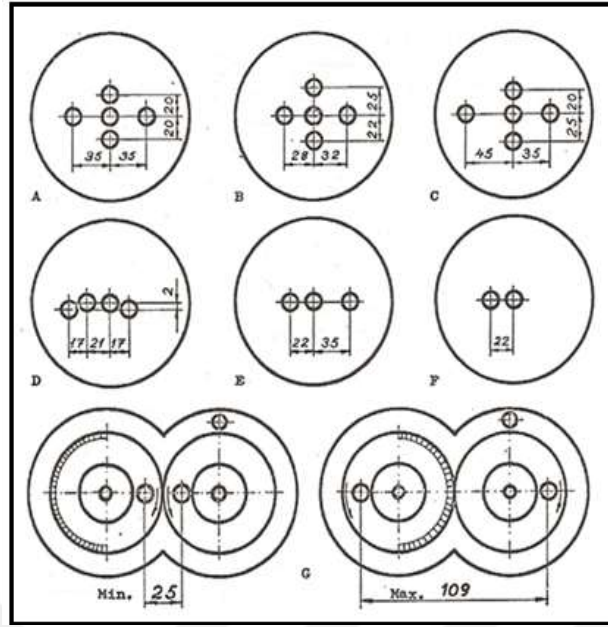


Şekil 42. Çoklu delgi ve lamba açma makinesi (a) ve işlenmiş sandalye parçaları (b)

1.3.2.5.2. Delgi Makineleri

Delgi makineleri; kavelalı birleştirme yönteminde kavela çap ve uzunlukları ile kavelalar arasındaki uzaklıklara göre işlem yapan makinelerdir. Bu amaçla, basit ve gelişmiş manuel, yarı ve tam otomatik makineler CNC'li kullanılmaktadır. Ayrıca; genellikle kavelalı birleştirmeler yanında, budakların çıkartılması ve onarma işlemleri/yama yapma, menteşe ve kilit yerlerini açma işlevli birçok makine kullanılmaktadır (Malkoçoğlu, 2018b; Kurtoğlu, 2005; Malkoçoğlu, 2017; Ispas ve Racasan, 2017).

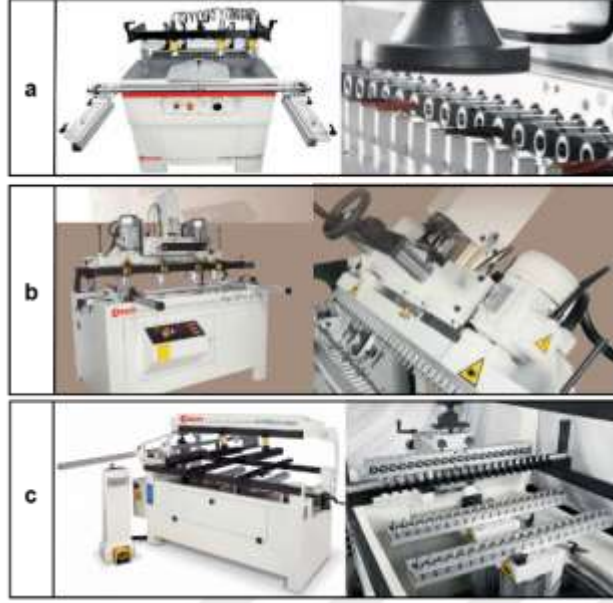
Bu makineler, ahşap veya masif mobilyalarda küçük boyutlu yuvarlak (Şekil 43) veya düz bloklu, levha tipi mobilyalarda ise büyük boyutlu çoklu matkaplı tek veya çok bloklu yapıdadır. Bu amaçla; matkap merkez aralıkları farklı olup, genellikle masif mobilyada 22 mm. lik, levha tipi mobilyalarda ise 32 mm. lik sistem uygulanmaktadır. Birleştirmelerde, silindirik düz ve yivli düz veya spiral odun veya plastik kavelalar kullanılmaktadır (Malkoçoğlu, 2017; Ispas ve Racasan, 2017).



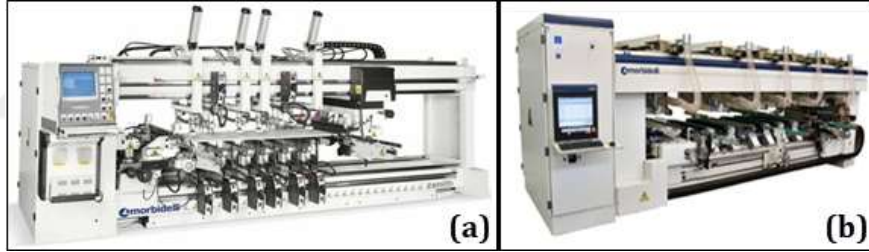
Şekil 43. Delgi blokları ve matkap merkez uzaklık standartları (A-F; sabit, G; ayarlanabilir)

Levha tipi tam otomatik delgi makineleri; çok bloklu ve matkap kovanlı, makineye yüklenen parçaların delgi programına göre seri olarak işlem yapabilmektedir. Bloklu delgi makineleri; 0^0 - 90^0 açılarda hareketli, en az 5 bloklu (3 dikey, 2 yatay), en çok 10 bloklu (8 dikey, 2 yatay) olan tipleri bulunmaktadır. Dikey bloklarla parça yüzeylerine, yatay bloklarla parça kenarlarına işlemler yapılmaktadır. Her bir blokta 22' adet matkap kovani olup; buralara aynı veya farklı çap ve uzunluklardaki matkapların yerleştirilmesi delgi planına göre yapılmaktadır.

Bu amaçla; dikey veya üst/alt (3 veya 8 adet) ve yatay/yan bloklu (2 adet) ile çok sayıda matkap takılabilen (6-22 adet) yapılardadır (Şekil 44-45) (Malkoçoğlu, 2018b; Malkoçoğlu, 2017; SCM, 2016).



Şekil 44. Yarı otomatik delgi (a. Yatay ve dikey bloku, b. Tek bloku kenar veya yüzey, c. 3 bloku kenar ve yüzey) makineleri (SCM, 2016)

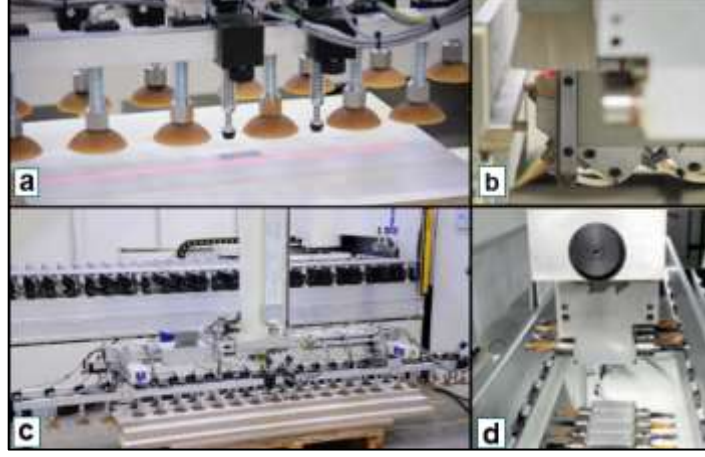


Şekil 45. Orta (a) ve yüksek (b) kapasitedeki otomatik beslemeli delgi makineleri (SCM, 2016)

Bilgisayarlı delgi makineleri “Barkod sistemleri” ile otomatik yükleme ve boşaltma sistemleri ile bütünleşik olarak kullanılabilir (Şekil 46, 47).



Şekil 46. Yatay konumlu bilgisayarlı delgi merkezi (SCM, 2016)



Şekil 47. Bilgisayarlı delgi merkezi ve bazı özellikleri (a. Barkod okuma sistemi, b. kavela montaj ünitesi, c. otomatik yükleme sistemi, d. kanal açma ünitesi) (SCM, 2016)

Dikey konumlu bilgisayarlı delgi makineleri; delgi planına göre sabit bloklar arasından beslenen levhaların hareketi ile gerçekleştirilmektedir. Yatay konumda, en fazla 48 adet matkaplı ve otomatik değiştirme üniteli yapılardadır. Bu makineler; delgi işlemleri yanında, özellikle küçük boyutlu levhalarda, dübel gibi bağlantı elemanlarının montajı ve kanal açma işlemleri için de kullanılmaktadır (Malakoçoğlu, 2018b; SCM, 2016).

1.3.2.6. Zımparalama Makineleri

Ağaç malzemelerin zımparalanmasında kullanılan alet veya makineler düz yüzeyli, silindirik ve şekilli veya profilli olarak 3 grupta toplanmaktadır. Düz yüzeyli zımparalar; el zımpara aletleri, uzun ve kısa bantlı, geniş bantlı (kontakt ve kalibre) ve diskli alet ve makineler olarak belirtilebilir. Bu alet veya makinelerde; genellikle dar ve uzunlukları fazla olan zımpara bantları kullanılmakta, işlemler elle ve yarı otomatik olarak yapılmaktadır. Kutu ve çekmece vb. ünitelerinin zımparalanmasında kullanılmaktadırlar. Bu grupta; geniş bantlı kontakt ve kalibre zımpara makineleri seri ve duyarlı işlem yapan makineler olarak büyük ve orta ölçekli işletmelerde kullanılmaktadır. Bu tip makineler, genellikle geniş yüzeyli levhalar yanında, dar parçaların zımparalanmasında da kullanılmaktadır. Aynı şekilde; zımparalamada şekilli dar parçaların işlemlerinde kullanılan fırça zımparalar, geniş bantlı zımpara yapısında üretilerek şekilli geniş yüzeyli parçaların seri zımparalanmasında

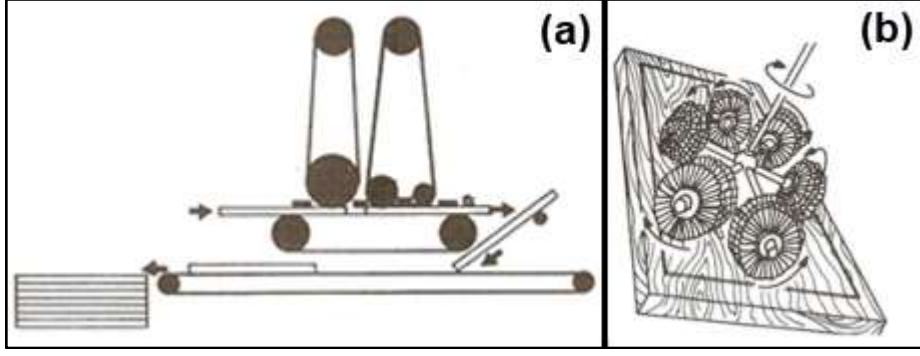
kullanılmaktadır (Şekil 48) (Malkoçoğlu, 2018a; Söğütü, 2005; Murmanis vd., 1998; Vlasov vd., 1968).

DÜZ YÜZEYLİ	SİLİNDİRİK	ŞEKİLLİ / PROFİLLİ
 a) Uzun bantlı (baskı tablalı)	 e) Silindirik	 g) Hava yastıklı
    b) Kısa bantlı (baskı tablalı)	 f) Silindirik (kalibre)	 h) Fırçalı (paçavra)
  c) Geniş bantlı (kontak) d) Disk		 ı) Dikey dar bantlı  j) Profilli

Şekil 48. Zımparalama yöntemleri ve çeşitli alet veya makineleri

Seri üretimlerde kullanılan yukarıdaki zımparalama makineleri dışında küçük atölyelerde çeşitli el aletleri kullanılmaktadır. Bunlar, diskli, bantlı (tank) ve titreşimli bantlı zımparalama makineleridir. Çoklu fırçalı zımparalama makineleri üç boyutlu girintili çıkıntılı parçalara (Şekil 49h), hava yastıklı makineler ise üç boyutlu eğmeçli düz yüzeyli masif parçaların (Şekil 49g) zımparalanmasında kullanılmaktadır (Malkoçoğlu, 2018a; Malkoçoğlu, 2018b; Murmanis vd., 1998; Vlasov vd., 1968).

Bu makinelerle salınımlı olarak doğrusal, oval ve sağa–sola başlıca üç yönde hareketli çalışılmaktadır (Şekil 50).



Şekil 49. Geri beslemeli geniş bantlı kalibre ve kontak zımpara makinesi (a) ve çoklu fırçalı zımpara makinesi (b) ile parçaların zımparalanması

Kalibre, kontak ve çoklu fırçalı zımparaların birlikte kullanılabildiği gelişmiş makinelerde otomatik besleme ve baskı sistemleri bulunmakta olup, endüstri 4.0 ile uyumlu çalışılabilmektedir (Şekil 50).



Şekil 50. Gelişmiş zımpara makinesi ve zımparalar (SCM, 2016)

Masif veya levha tipi mobilya üretiminde zımparalama; malzemelerin yüzey kalitesi, estetik görünümü ve korunması ile ilgili işlemenin son aşamasını oluşturmaktadır. Üç aşamada incelenmektedir. Bunlardan ilki, parçalardaki kesici izleri, kalınlık farklılıklarının giderilmesi, yabancı maddelerin (toz, kir vb.) uzaklaştırılması, ikincisi yüzey işlemlerine (sıvı veya katı) hazırlık ve üçüncüsü ise yüzey işlem aşaması olarak belirtilebilir. Bunlara

göre; yüzey işlem öncesi ve yüzey işlem aşamalarında odun ve odun kökenli malzemelerin tekniğine uygun zımparalanması gerekmektedir. Bu amaçla zımparalamada; kaliteli ve ekonomik üretim için uygun makine, zımpara kâğıt veya bantları ve yöntemlerinin seçilmesi ve uygulanması önemli bir yer tutmaktadır. Aksi durumlarda, yapısal ve estetik olarak en küçük kusurlar bile yüzey işlemleri sonrası sorun olarak ortaya çıkmaktadır (Malkoçoğlu, 2018a; Davim, 2011; Ratnasingam ve Scholz, 2004; Sieminski ve Skarzynska, 1989; Koch, 1972).

Zımparalama işlemlerinde, ilk aşamada olan kusurların giderilmesinde P60, P80, P100 no'lu (DIN'e göre), ikinci aşama olan yüzeylerin düzgünleştirilmesinde P120, P150, P180 no'lu ve son aşama olan yüzey işlemlerinde ise P220-400/600 no'lu kâğıt ve bant zımparalarla kullanılmaktadır. Bu makinelerle işlemlerde seçilen zımpara no'ları birbirini izlemeli; yani ilk zımpara no'sunu en fazla iki zımpara no'su izlemelidir. Ayrıca; işleme yüzey kalitesi bakımından yoğunluğu yüksek malzemelerde küçük no'lu, düşük besleme veya yüksek kesme hızları, bunun yanında düşük yoğunluklar için ise tersi koşullar uygulanmalıdır (Kúdela vd., 2016; Owusu vd., 2015; Malkoçoğlu, 2001; DIN 3366).

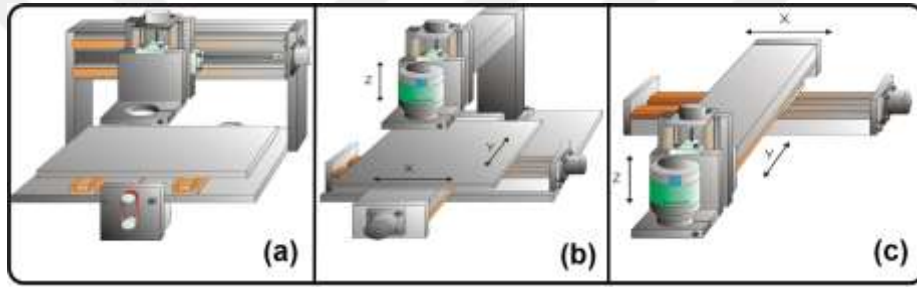
Genellikle liflere dik olması bakımından oval ve sağ-sol işlemlerinde uygulamalarda zımpara izleri oluşabilmektedir. Bu alet veya makinelerle işlemlerde büyük no'lu zımparalar kullanılması yanında özellikle el aletleri ile uygulamalarda yüzeylerde aşırı çizik izleri vb. oluşmaması için basınçlar düşük tutulmalıdır (Malkoçoğlu, 2018a; Malkoçoğlu, 2018b; Taylor vd., 1999; Vlasov vd., 1968).

1.3.3. Mobilya ve Ahşap Endüstrisinde Bilgisayarlı Sistemler

CNC makinelerde üretiminin her aşamasında programı duraklatma, değişiklik yapma ve durdurma gibi işlevlerin program hafızasında depolanabilmesini sağlamıştır. Böylece, işlenecek tüm parçalara ait verilerin bir defa bilgisayara yüklenmesi yeterli olmaktadır. Bu programlarda makine hareketlerinin kontrol edilebilmesi için harfler ve sayılardan oluşan komutlar kullanılmaktadır. Merkezi bir bilgisayara bağlı birden çok NC veya CNC makinelerden oluşan sistemlere ise Direkt Nümerik Kontrol (DNC-Direct Numerical Control) sistemleri adı verilmektedir (Ashley, 2016; Gevrek, 2013; Demirel, 2012; Ulay, 2011; Albert, 2010; Bağcı,2004).

1.3.3.1. CNC Frezelerin Temel Elemanları ve Programlanması

CNC freze makineleri gövde tipi ve hareket sistemlerine göre üç grupta incelenmektedir. Bunlar, köprü tipi, üniversal tip ve tek gövdeden hareketli sistemlerdir (Şekil 51). CNC freze makinelerinin temel elemanları; ana gövde, bilgisayarlı kontrol birimi (CAM programı vb. kontroller), mikro işlemcili elektronik kart (motor sürücüleri, kontrol kartları vb.), hareket motorları (step veya servo motorlar), sensörler, hareket aktarma sistemleri (vidalı mil, kremayer dişli, triger kayış v.b) ve diğer birçok elektronik devre elemanlarından oluşmaktadır (Ashley, 2016; Akçura, 2015; Autocad, 2014; Smith, 2013; Overby, 2011; Albert, 2010; Kaygısız, 2010).



Şekil 51. CNC Freze çeşitleri (a: Köprü tipi, b: Üniversal tip, c: Tek gövdeden hareketli tip) (Demir vd., 2013)

CNC makinelerde malzeme ve kesici ile ilgili tüm işlemler programlanarak otomatik yapılmaktadır. Blok adı verilen bu programlama tek bir satıra yazılı kodlardan oluşmaktadır. Programlamada genellikle 5 farklı yöntem kullanılmaktadır. Bunlar: Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO- International Organization for Standardization) kod sistemi (G-kodu) ile elle programlama, APT grafik etkileşimli CAM, modele yönelik sayısal teknik ve diyalog sistemleridir. Günümüzde parça işleme programlarının elde edilmesinde yaygın olarak APT programlama dili kullanılmaktadır (Ashley, 2016; Smith, 2013; Overby, 2011; Fitzpatrick ve Smith, 2005; Bağcı, 2004).

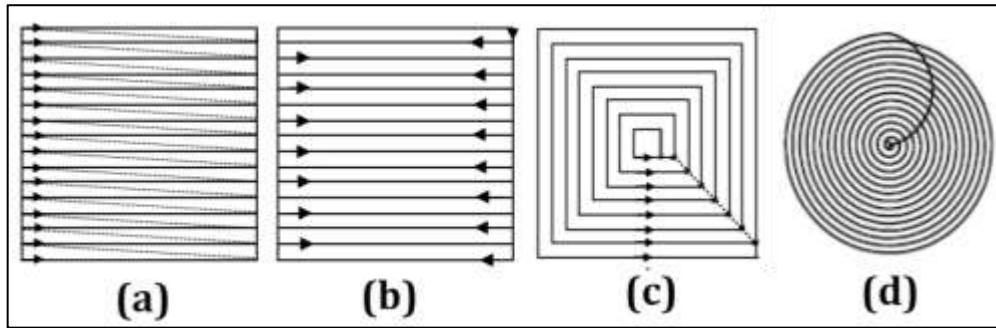
CNC makineler, bu yöntemlerden herhangi biri ile oluşturulan ISO ve EIA (Electronics Industries Assosiation)'ya göre standartlaşmış "G" ve "M" kodlarına göre çalıştırılmaktadır. Bunlardan G kodları; kesici aletin besleme ve kesme hızının bulunduğu bilgiler ile kesici veya işlenecek parçanın konumu ve yapılacak hareketin geometrik bilgilerini içermektedir. Bunun yanında M kodları ise; kesme işlemi, kesici alet değiştirme

ve motor milinin yağlanması, sıvı soğutma sisteminin çalışması gibi yardımcı bilgileri kapsamaktadır (Hrnjica ve Hodžić, 2017; Smith, 2013; Acıpayamoğlu, 2013; Youssef ve El-Hofy, 2008).

CAD programları ile çizimi yapılan parçaların, CAM programları ile işleme koşulları belirlenir. Daha sonra CNC makinelerin teknik bilgilerine göre özelleştirilmiş ardışlemciler (postprocessor) ve APT kullanılarak otomatik ya da elle yazılabilen kodlar oluşturulmaktadır. Bu işlemler, CAD ve CAM ile ayrı ayrı yapılabileceği gibi CAD/CAM işlemlerinin aynı anda yapılabildiği programlar da kullanılmaktadır (Acıpayamoğlu, 2013; Smith, 2013; Karagöz, 2010; Albert, 2010; Suh vd., 2008).

CNC freze makinelerinde işleme, kesicilerin farklı yönlerdeki çeşitli hareketleri (takım yolu) ile gerçekleştirilmektedir. Bunun için, CAM programlarında tanımlanmış takım yolları olduğu gibi, bunlar isteğe bağlı olarak değiştirilebilmektedir. Farklı tipteki takım yolları; yüzey kalitesini, kesici körelmesini, üretim süresini ve işleme maliyetlerini etkilemektedir. İşlemede, takım yolu seçiminin oldukça önemli olduğu ve optimizasyonu ile verimliliğin 3 kat arttırılabileceği belirtilmektedir (Kariuki vd., 2014; Albert, 2010; Ersoyoğlu ve Ünüvar, 2008; Sakarya ve Göloğlu, 2006; Fitzpatrick ve Smith, 2005).

Mobilya endüstrisinde ağaç malzeme ve endüstriyel levhaların işlenmesinde çoğunlukla 4 tip takım yolu kullanılmaktadır. Bunlar; tek yönlü (raster ya da single direction), zikzak (staircase), dıştan içe çizgisel (offset) ve spiral takım yollarıdır (Şekil 52).



Şekil 52. CNC freze makinelerinde en çok kullanılan takım yolları (a. Tek yönlü, b. Zikzak, c. Dıştan içe çizgisel, d. Spiral takım yolu) (Ding vd., 2016).

Ağaç malzeme ve endüstriyel levhaların CNC freze makinesinde işlenmesinde en düzgün yüzeylerin dıştan içe çizgisel takım yolu ile elde edildiği belirtilmiştir. Takım yolu tipi işlem süresine etkisi konusunda yapılan bir çalışmada ise zikzak takım yolu kullanılarak

işlem süresinin azaltılabileceği ortaya konulmuştur (Çakmak ve Malkoçoğlu, 2017; Sofuoğlu, 2015a; Sofuoğlu, 2015b; Kim ve Choi, 2002).

1.3.3.2. CNC Makineler ile CAD/CAM Sistemlerinin Avantaj ve Dezavantajları

1.3.3.2.1. CNC Makinelerin Avantajları

Üretimde geleneksel makinelerle karşılaştırıldığında CNC makinelerin sağladığı önemli avantajlar bulunmaktadır (Lupupa, 2019; Karabey, 2016; Smith, 2013; Gevrek, 2013; Karagöz, 2010; Turgut, 2010; Akkurt, 1996). Bunlar:

- Üretimde, hazırlık, ölçü ve program değişim süresinin kısa olması ve işlem sürelerine göre ürün maliyetlerinin belirlenebilmesi,
- El işçiliğinden kaynaklanan zaman kayıplarının az olması ve insan kaynaklı hataların olmaması,
- Geleneksel makinelerde kullanılan kalıp, şablon, mastar vb. gibi özel elemanlara gereksinimin az olması,
- Enerji ve malzeme tüketiminin en aza indirilmesi,
- Oldukça hassas, düşük toleranslı veya yüksek duyarlılıkta seri üretim yapılabilmesi ve kalite kontrol kolaylığı sağlanması,
- Aynı anda birden çok parça işlenebildiğinden verimin yüksek olması ve iş parça akışının az olması olarak belirtilebilir.

1.3.3.2.2. CNC Makinelerin Dezavantajları

Her sistemde olduğu gibi CNC makinelerin de bazı dezavantajları bulunmaktadır. (Overby, 2011; Turgut, 2010; Karagöz, 2010; Karabey, 2016; Fitzpatrick ve Smith, 2005; Akkurt, 1996). Bunlar:

- Ayrıntılı bir üretim planlaması gerektirmesi,
- İlk yatırım maliyeti yanında elektronik donanım maliyetlerinin ve makine çalışma saat ücretinin yüksek olması,
- Parça teknik çizimi ve programların makine özelliklerine uygun yapılması,

- Geleneksel makinelere göre yüksek besleme ve kesme hızlarında çalışıldığından kaliteli kesici aletler ile bunların dikkatli kullanım gerektirmesi,
- Makine programcı ve kullanıcılarına özel eğitim verilmesine ihtiyaç duyulması şeklinde belirtilebilir.

1.3.3.2.3. CAD/CAM Sistemlerinin Avantajları

CAD/CAM sistemlerinin diğerlerine göre bazı avantajları bulunmaktadır. Bunlar (Overby, 2011; Albert, 2010; Erdinler, 2005; Çelikliay, 2000):

- Parça tasarım ve çizimlerinin hızlı ve verimli bir şekilde yapılabilmesi,
- Daha önce yapılan çizimler ile veri tabanı oluşturularak, yeni yapılacak çizimlerde kalıplardan yararlanılabilmesi ve buna bağlı zaman kayıplarının önlenmesi,
- Bilgisayar ortamında oluşturulan çizimlerde, simülasyon ve çeşitli tekniklerle son ürün kalitesinin iyileştirilerek üretilebilirliğinin ortaya konulması,
- Tasarım hatalarından kaynaklanabilecek malzeme ve iş gücü kullanımının azaltılması,
- Parça tasarımların diğer birimlerle entegre olarak kullanılabilmesi olarak belirtilmektedir.

1.3.3.3. CNC Sistemlerinin Seçiminde Dikkat Edilmesi Gereken Faktörler

CNC makinelerin ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle, en uygun sistemin seçimi ekonomiklik ve verimlilik bakımından oldukça önemlidir. Bu nedenle, seçim yapılırken, işletmenin mali ve fiziksel yapısı, üretim sistemi ve miktarı, ürün çeşitliliği, pazar payı, personel sayısı ve enerji giderleri vb. durumlar göz önünde bulundurulmalıdır (Lupupa, 2019; Ashley, 2016; Herzog, 2000).

Öncelikle makine tipinin seri üretime uygun olup olmayacağına karar verilmelidir. Daha sonra ise verimliliği ve iş kalitesini etkileyen işlemlere ve bunların önem sırasına göre makinelere ait istenen özellikler belirlenmelidir. Bunlara göre, makine teknik özelliklerine ait karşılaştırma tablolarından ve neden-sonuç ilişkilerinden yararlanılabilir (Acıpayamoğlu, 2013; Ulay, 2011; Herzog, 2000).

Makine seçimi yapılırken, yedek parça sağlanması, işletme ve bakım yönergeleri, kataloglar, personel eğitimi, bakım ve teknik destek, teknolojik geliştirmeler (yardımcı makineler, bakım yazılımları, ek donanım sağlayabilme) vb. konularda satıcı firma garantisi alınarak, bunlara uygun sözleşme yapılmalıdır (Lupupa, 2019; Ashley, 2016; Smith, 2013; Overby, 2011; Sevim Korkut, 2005).

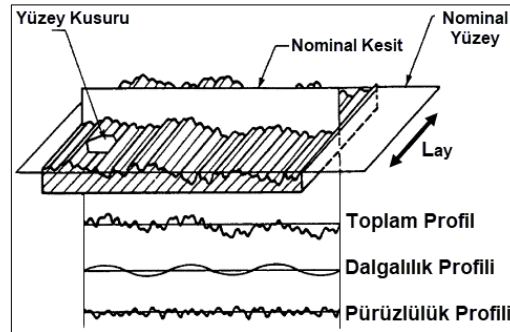
1.4. Yüzey Pürüzlülüğü

1.4.1. Yüzey Pürüzlülüğü Tanımı ve Ölçme Yöntemleri

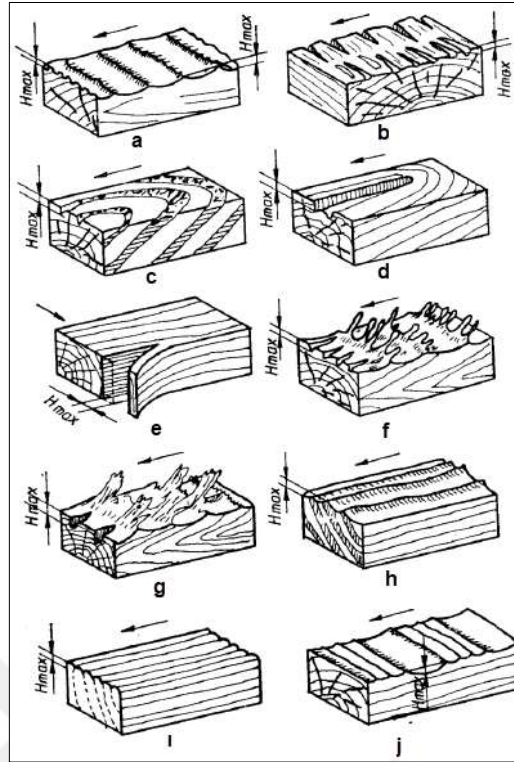
Yüzey pürüzlülüğü; üretim yöntemleri veya diğer etkilerle periyodik bir şekilde tekrarlanarak oluşan, şekil ve dalgalanma hataları dışında kalan ve oldukça küçük aralıklı düzensizlikler olarak belirtilmektedir (Stumbo, 1963; Peters ve Cumming, 1970; TS 6956).

Yüzey pürüzlülüğü, yüzey tekstürü ve profilinden oluşmaktadır. Yüzey tekstürü üç boyutlu, yüzey profili ise iki boyutlu bir kavramdır. Yüzey tekstürü malzeme ile hava arasındaki veya malzeme içindeki düzensizlikleri; yüzey profili ise yüzey tekstürünün tipik bir kesitini göstermektedir. Bu kapsamda, yüzey tekstürü üretimdeki özelliklerin bir değişkeni olarak belirtilebilir (Davim, 2011; Sofuoğlu, 2008; Unido, 1989).

Amerikan Ulusal Standartları Enstitüsü (ANSI) yüzey tekstürünü; üç boyutlu bir yüzey topografyası oluşturacak şekilde nominal yüzeyden pürüzlülüğü, yüzey dalgalanmaları ve küçük çatlakları kapsayan tekrarlı veya gelişigüzel sapmalar olarak tanımlamıştır (ANSI B46.1) (Şekil 53 ve Şekil 54).



Şekil 53. Yüzey karakteristiklerinin şematik diyagramı (ANSI B46.1)



Şekil 54. Ağaç malzeme yüzeyinde oluşan kusurlar (Gurau, 2009)

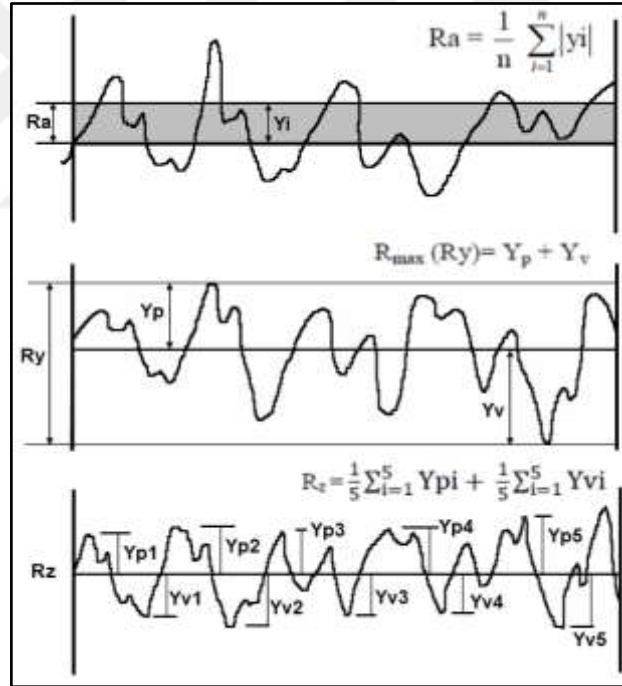
Yüzey pürüzlülüğü işleme kalitesini gösteren önemli bir parametre olup, ilk yüzey pürüzlülüğü ölçümleri öznel olan duyuşal yaklaşımlarla (elle dokunma ve gözle gözleme) ortaya konulmuştur. Bu nedenle, farklı araçlar geliştirilmiştir. Bunlar, temel olarak dokunmalı aletler (iğne taramalı, pnömatik, kapasitans ve akustik ölçüm yöntemleri), ve dokunmasız aletler (optik ve ultrasonik yöntemler) olarak belirtilmektedir (Davim, 2011; Aydın ve Çolakoğlu, 2003; Malkoçoğlu ve Özdemir, 1999).

Dokunmalı iğne taramalı yöntem, mekanik yöntemler içinde halen kullanılmakta olan ve genel kabul görmüş pürüzlülük ölçüm yöntemidir (Funck vd., 1992; Sieminsky ve Skarzynska, 1989; Peters ve Cumming, 1970). Diğer yöntemlere göre daha basit olmakla birlikte çok sayıda ölçüm yapılarak yüzey profilinin yüksek duyarlılıkta elde edilmesi sağlanabilmektedir. Bu teknikte, malzeme yüzeyi hassas uçlu bir iğne ile taranarak genellikle yüzeyin iki boyutlu bir profili elde edilmektedir. Ancak, ölçümlerin yapılması ve sonuçların değerlendirilmesi zaman kaybına neden olmaktadır (Aydın ve Çolakoğlu, 2003; Malkoçoğlu ve Özdemir, 1999; Bonac, 1979).

1.4.2. Yüzey Pürüzlülük Parametreleri

Bu parametreler; profil ortalama çizgisine göre (m) iki boyutlu yüzey profilini veren, yüzey düzlemine dik veya profil yükseklik yönündeki girinti ve çıkıntılara ait düzensizlikleri göstermektedir (TS 6956).

Yüzey pürüzlülüğünün sayısal olarak belirlenmesinde genellikle ortalama pürüzlülük (Ra), on nokta pürüzlülük (Rz), ve en yüksek pürüzlülük (Ry veya Rmax) parametreleri kullanılmaktadır. Ra, pürüzlülük profili boyunca, profil ortalama çizgisinden sapan tüm değerlerin (Yi) aritmetik ortalamasıdır. Ry, pürüzlülük profili boyunca, ortalama profil çizgisine göre en yüksek (Yp) ve en düşük (Yv) değerlerin toplamıdır. Rz ise pürüzlülük profili boyunca elde edilen en yüksek beş değer (Ypi) ile en düşük 5 değer (Yvi) ortalamalarının toplamını belirtmektedir (Mitutoyo, 2001; Stumbo, 1963) (Şekil 55).



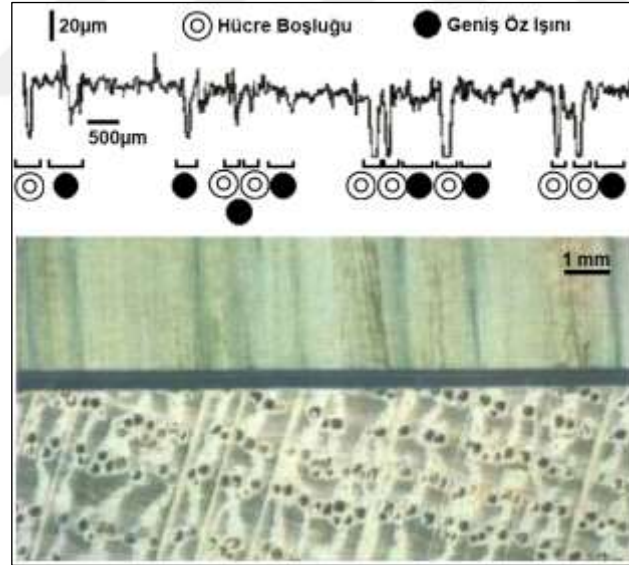
Şekil 55. Ra, Ry ve Rz pürüzlülük parametreleri (Mitutoyo, 2001).

Profil ortalama çizgisi, gerçek profil örnekleme uzunluğu boyunca kesen doğru olup, nominal profil genel doğrultusuna paralel ve her iki tarafındaki profil alanları toplamını birbirine eşitlemektedir (Mitutoyo, 2001).

1.4.3. Yüzey Pürüzlülüğünü Etkileyen Faktörler

Heterojen veya anizotropik bir yapıda olan ağaç malzemelerin işlenmesinde her ne kadar uygun kesici ve makine koşulları kullanılsa da tamamen düzgün yüzeyler elde edilememektedir. Bu nedenle yüzey pürüzlülüğü işlemede odunun daha çok anatomik yapısından kaynaklanan kusurlar olarak belirtilmektedir (Sofuoğlu, 2008; Sieminsky ve Skarzynska, 1989).

Odunun işlenmesinde, ağaç türü, yıllık halka genişliği (YHG) ve kesit tipine göre trahe, lifler, traheid, paransim ve reçine kanalları gibi odun elemanlarına ait boşluklar açığa çıkmaktadır. Genel olarak sert odunlarda daha pürüzlü yüzeyler elde edilmektedir. Aynı zamanda ilkbahar ve yaz odunu oranı da yüzey pürüzlülüğünde belirleyicidir. Odundaki doğal büyüme karakteristiklerinden sayılan çatlaklar, budaklar, hücre çökmeleri, lif kıvrıklığı ve kopmaları da yüzey pürüzlülüğünü artırıcı etki göstermektedir (Sofuoğlu, 2008; Malkoçoğlu, 2007; Örs ve Baykan, 1999; Sieminsky ve Skarzynska, 1989) (Şekil 56).

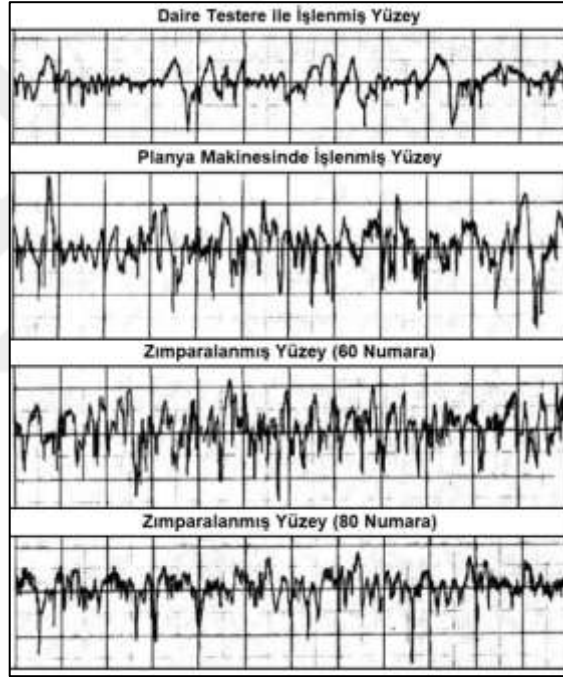


Şekil 56. Ağaç malzemenin hücresel yapısı ile pürüzlülük profili ilişkisi (URL-1)

YHG'ler ağaçlar arasında değişiklik gösterdiği gibi, aynı türde gövde içerisinde ve enine kesitte farklı yönlerde de değişiklik gösterebilmektedir. Ağaç türlerinin ortalama YHG'leri; öncelikle genetik özelliklerine ve yetiştirme ortamına bağlıdır. Rakım ve enlem dereceleri YHG'yi etkileyen en önemli faktörlerdendir. Düşük rakım ve enlem derecelerinde

yetişen türlerde geniş yıllık halka, yüksek rakım ve enlem derecelerinde yetişen türlerde ise dar yıllık halkalar oluşmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 2011; Merev, 2003).

Kesme yönünü göre yapılan araştırmalarda planyalamada (Söğütlü, 2010; Efe vd., 2003; Örs ve Demirci, 2003) ve zımparalamada (Kılıç vd., 2006; Örs ve Gürleyen, 2002) teğet kesitlerde radyal kesitlere göre daha düzgün yüzeyler elde edildiği belirtilmiştir. Aynı zamanda düşük rutubette daha düzgün yüzeyler oluşmaktadır (Baykan, 1995; Davis, 1962; Kurtoğlu, 1981). Zımparalamada aşındırıcı taneciklerinin boyutu küçüldükçe, kesme derinliği ve besleme hızı azaldıkça yüzey düzgünlüğünü arttırmaktadır (Tiryaki, 2012; Gürleyen, 1998; Stewart vd., 1986) (Şekil 57).



Şekil 57. Doğu Kayını odununda teğet kesitte işleme tekniklerine göre oluşan yüzey profilleri (Kılıç vd., 2006).

Ihlamur, meşe, ceviz ve kavak ağaç türü odunlarının planya ve zımparalanmasında besleme hızı ve kesme derinliği azaldıkça daha düzgün yüzeyler elde edileceği, bu iki faktördeki artışın yüzey düzgünlüğüne olan olumsuz etkilerinin odun rutubetindeki artışla orantılı olarak artacağı belirtilmiştir (Stewart, 1976; Stewart, 1975).

1.5. Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları, insan beynindeki biyolojik sinir ağlarının (nöronların) çalışma sisteminden esinlenilerek geliştirilen ve bunların matematiksel olarak modellenmesine dayalı, verileri işleyecek şekilde tasarlanmış bilgisayar programlarıdır. Makine öğrenmesi, derin öğrenme, yapay zekâ sistemleri, paralel dağıtılmış işlem, sinirsel-işlem ve bağlantıcılık (connectionism) gibi çeşitli adlandırmalar da bulunmaktadır (Montgomery vd., 2012; Elmas, 2007; Çalışkan ve Acar, 2006; Sağıroğlu vd., 2003; Zhang vd., 1998).

YSA'nın kesin bir tanımı olmayıp, bazı araştırmacılar tarafından kabul gören tanımlar bulunmaktadır. YSA'yı; Öztemel (2012), "insan beyninin öğrenme, yeni bilgiler türetebilme, oluşturabilme ve keşfedebilme gibi özelliklerini otomatik olarak sağlayabilen bilgisayar sistemleri" olarak; Elmas (2007), "ağırlıklı bağlantılar aracılığıyla birbirine bağlanan ve her biri kendi belleğine sahip işlem elemanlarından oluşan paralel ve dağıtılmış bilgi işleme yapıları" olarak tanımlamışlardır. Haykin (1999) ise bir sinir ağını, "bilgiyi depolamak için basit birimlerden oluşan paralel dağıtımlı bir işlemci" olarak tanımlamıştır.

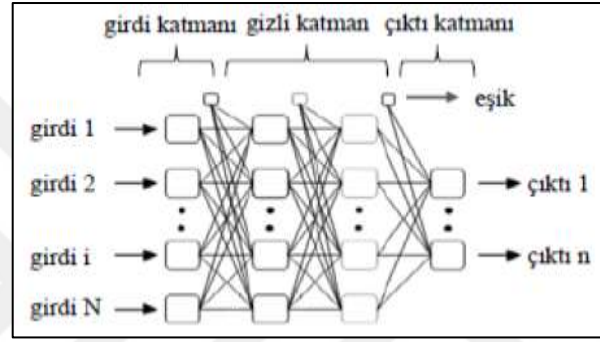
YSA yapısı, bilgi işleme yeteneğini arttırarak bilgilerin ağırlıklı bağlantılar ile çıktıya dönüştürülmesini sağlamaktadır. Matematiksel modellemesi yapılamayan veya güç olan, karmaşık ve doğrusal olmayan problemlerin çözümünde veya çok boyutlu, eksik ve hata olasılığı yüksek karmaşık veriler olduğunda yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüzde, YSA ile sınıflandırma, tahmin, optimizasyon ve otomatik kontrol gibi birçok mühendislik problemine çözüm üretilebilmektedir (Özşahin ve Singer, 2019b; Öztemel, 2012; Çetin Yerlikaya, 2010; Sağıroğlu vd., 2003).

Orman ürünleri endüstrisinde YSA; odun tanıma, rutubet miktarı, kurutma ve odunun mekanik özelliklerinin tahmini, kereste ve kaplama kusurlarının belirlenmesi, işlemede yüzey pürüzlülüğü ve kesme gücü tahmini, delgi planları ile kâğıt endüstrisi gibi çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır (Esteban vd., 2017; Jovic vd., 2017; Tiryaki vd., 2017; Sofuoğlu, 2015a; Özşahin ve Aydın, 2014; Özşahin, 2013; Sandkvist, 2013; Marcano-Cedeño vd., 2009; Ceylan, 2008; Castellani ve Rowlands, 2008).

1.5.1. Yapay Sinir Ağlarının Genel Yapısı

YSA, paralel olarak bir araya gelen ve ağırlıklı bağlantılar aracılığıyla birbirine bağlanan ve her biri kendi hafızasına sahip yapay sinir hücrelerinin (nöronların) oluşturduğu

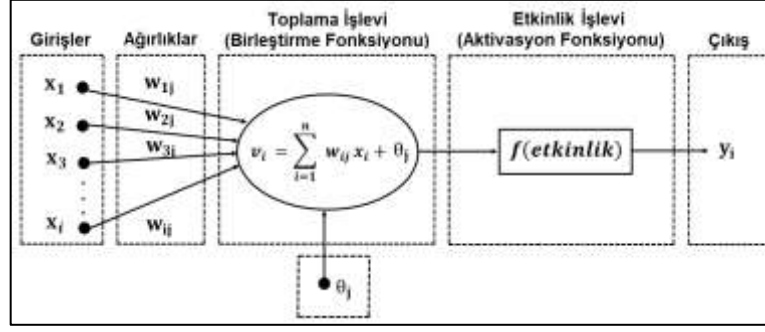
3 katmanlı bir yapıdadır. Bunlar; istatistikte bağımsız değişkenlere karşılık gelen verilerin ağa tanıtıldığı “girdi katmanı” (input layer), bu verilerin işlendiği “gizli katman” (hidden layer) ve istatistikte bağımlı değişkenlere karşılık gelen sonuçların elde edildiği “çıkı katmanı” (output layer) olarak belirtilmektedir. Genellikle uygulamada yeterli sayıda nöron içeren tek bir gizli katman kullanılsa da karmaşık problemlerin çözümünde birden fazla gizli katman kullanılması önerilmektedir. En yaygın kullanılan YSA yapısı çok katmanlı algılayıcılar (ÇKA) olarak belirtilmektedir (Şekil 58) (Sözen vd., 2005; Elmas, 2007; Öztemel, 2012; Özşahin ve Singer, 2019b; Skapura, 1995; Zhang vd., 1998).



Şekil 58. Çok katmanlı algılayıcı örneği (Özşahin ve Singer, 2019b)

Literatürde yaygın olarak kullanılan diğer bazı YSA yapıları ise; Çok ara katmanlı perceptronlar, Radyal Tabanlı Sinir Ağı (RBFNN), Olasılık Tabanlı YSA (PNN-Probabilistic Nueal Network), Uyarlanır Rezonans Teorisi Ağı (ART-Adaptive Resonance Theory), Vektör Nicelemesi Öğrenme Ağı (LVQ-Learning Vector Quantisation), Genel Regresyon YSA (GRANN-General Regression Nueal Network), Çoklu ve Modüler YSA (MNN ve ModNN), Mantıksal YSA (LNN-Logical Nueal Networks), Grup Yöntemli Veri İşleme Ağı (GMDH-Group Method of Data Handling), Hopfield Ağı, Adaline ve Madaline Ağı, Elman ve Jordan Ağı, Kohonen Ağı, Delta Ağı, Geri Yayılım Ağ, Hamming Ağı, Boltzman Makinesi, Karşı-yayma Ağı, Öz-örgütlemeli Harita Ağı ve Yığın Ağı (Spatio) olarak belirtilebilir (Öztemel, 2012; Sağiroğlu vd., 2003; Skapura, 1995).

YSA modelinin en temel birimi olan sinir ağı hücresi (nöron); giriş, ağırlıklar, toplama işlevi (birleştirme fonksiyonu), etkinlik işlevi (aktivasyon fonksiyonu) ve çıkış olmak üzere beş kısımdan oluşmaktadır. Her bir nöron, doğrusal olmayan bir etkinlik işlevini hesaplayabilmektedir (Şekil 59) (Elmas, 2007; Öztemel, 2012).



Şekil 59. Bir yapay sinir hücresinin (düğüm) yapısı (x_i , giriş değerleri; W_{ij} , ağırlıklar; v_i , toplama işlevi net çıktısı; θ_j , eşik değeri; y_i , çıktılar) (Öztemel, 2012)

Giriş, bilgilerin toplandığı katmandır. Her bir nörona hem dış ortamdaki hem de diğer nöronlardan gelen bilgiler bu katmandan giriş yapmaktadır. Giriş verilerinin normalden çok sayıda olması sinir ağı mimarisini büyütürken, performansının düşmesine neden olabilir (Öztemel, 2012; Özşahin ve Singer, 2019b).

Ağırlıklar (gizli tabaka) kısmında bilgilerin önem düzeyine göre hücreler üzerindeki etkileri belirlenmektedir. Ağırlıklar, iki işlem arasındaki bağlantının kuvvetini ölçerek, çıktının belirlenmesini ya da engellenmesini sağlamaktadır. Bu tabakadaki değerler pozitif, negatif veya sıfır (-1 ile +1 arası) olabilir. Bu değerlerin büyük olması, o girişin yapay sinire güçlü bağlanması, küçük olması ise zayıf bağlanması anlamlarına gelmektedir. Ağırlıkların değiştirilmesi, sinir ağlarının öğrenmesi olarak tanımlanabilir (Öztemel, 2012; Elmas, 2011).

Toplama işlevinde, girişlerin hücre ağırlıkları ile çarpımlarının tümü toplanır ve buna eşik değeri eklenerek aktivasyon fonksiyonuna (etkinlik işlevine) gönderilir. Böylece, hücrenin net girdisi hesaplanmaktadır. Toplama işlevi gerektiğinde çıkış verilerini değiştirebilmektedir (Elmas, 2011; Öztemel, 2012).

Aktivasyon fonksiyonunda (etkinlik işlevinde) toplama işlevinin sonucu işlenerek çıktı kısmına iletilir. Aktivasyon fonksiyonu, girişleri ve ağırlıklara karşılık işlem çıktısını belirleyen matematiksel bir denklemdir. Etkinlik işlevlerinin seçimi deneme yanılma yöntemi ile yapılmaktadır. Burada, ağ modelinin çıktı değerleri uygun etkinlik işlevlerinin seçiminde oldukça önemlidir. Etkinlik işlevi seçilirken türevinin kolay hesaplanabilir olması gerekmektedir. Doğru kodun belirlenmesi modelin başarısını etkilemektedir. Literatürde birçok aktivasyon fonksiyonu kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları; doğrusal, doğrusal parçalı, basamak, kutuplamalı basamak, düzeltilmiş doğrusal birim (ReLU-Rectified Linear Unit), sızıntı (Leaky), softmax, swish (A Self-Gated/Kendinden Geçitli), sigmoid, hiperbolik

tanjant, hiperbolik secant, sinüs ve gauss fonksiyonları olarak belirtilebilir. Günümüzde; çok katmanlı algılayıcı modellerinde sigmoid ve hiperbolik tanjant tip, en yaygın olarak kullanılan aktivasyon fonksiyonlarıdır (Tablo 2) (Öztemel, 2012; Elmas, 2011).

Tablo 2. Yaygın olarak kullanılan aktivasyon fonksiyonları (Öztemel, E. 2012).

Aktivasyon Fonksiyonu	Grafik	Denklem	Aralık
Doğrusal		$y = Av$	$(-\infty, \infty)$
Basamak		$y = F(v) = \begin{cases} 1 & v \geq 0 \\ 0 & v < 0 \end{cases}$ $y = F(v) = \begin{cases} +1 & v \geq 0 \\ -1 & v < 0 \end{cases}$	$\{0,1\}$
Sigmoid		$y = \frac{1}{1 + e^{-v}} = \frac{1}{2} (\tanh(v/2) + 1)$	$(0,1)$
Hiperbolik Tanjant		$y = \frac{1 - e^{-2v}}{1 + e^{-2v}} = \tanh(\beta v)$	$(-1,1)$

Çıkış kısmı, yapay sinir ağlarında problemin çözümü olarak ifade edilmektedir. Bu kısımda, ara veya gizli katmandan geçerek işlenmiş bilgilerin etkinlik işlevinden çıkan değerleri elde edilmektedir. Bu kısımda, etkinlik işlevi sonrasında elde edilen değerler sonuçlandırılır veya diğer nöronlara iletilir. Her bir nöronun birden çok giriş kısmı, ancak tek bir çıkış kısmı bulunmaktadır. Biyolojik nöronlarda olduğu gibi, çıkış kısmı diğer yüzlerce nöronun girişi olabilir (Öztemel, 2012; Elmas, 2011).

YSA'da eğitim ve test olmak üzere iki ana aşama bulunmaktadır. Bu aşamalarda kullanılan veriler, eğitim seti ve test seti olarak adlandırılmaktadır. Eğitim aşamasında, ölçülen sonuçlar ile model çıktılarının yaklaşık değerlerde olması için ağırlık ve eşik değerleri sürekli olarak değiştirilmektedir. Bu süreç, hata oranı kabul edilebilir bir seviyeye

ulaşıncaya veya en aza indirilinceye kadar tekrarlanarak bir model elde edilmiş olunur. Nöronlar, eğitim süresince değerleri tekrarlı olarak değişen ağırlıklar ile birbirine bağlıdır. Bu ağırlıklar çok çeşitli öğrenme kurallarına göre değiştirilmektedir. Test aşamasında ise, eğitimin herhangi bir aşamasında kullanılmamış olan bir veri seti ile modelin güvenilirliği kontrol edilir. Güvenilirliğin yüksek olması durumunda ilgili ağırlık ve eşik değerleri kaydedilir. Test aşamasında, eğitim aşamasının aksine ağırlıkları değiştirilmemektedir (Özşahin ve Singer, 2019c; Sağıroğlu vd., 2003; Öztemel, 2012; Elmas, 2007).

Çıktılara ait doğruluk veya hata değerleri ağırlık öğrenme durumunu belirlemektedir. Böylece, modelin ne derecede genelleme yaptığı görülmektedir. Bu sonuçlara göre eğitimin performansı değerlendirilmektedir. Sinir ağına girilen değer sayısı optimum değerden fazla ise sinir ağına öğrenme yerine ezberleme yaptığı anlaşılmaktadır. Genellikle ölçümle elde edilen verilerin %80'i eğitim, %10'u test ve kalan %10'u ise doğrulama amaçlı kullanılmaktadır (Özşahin ve Singer, 2019c).

Yapay sinir ağlarının girdiler için doğru çıktıları üretecek duruma gelmesi (istenilen çıktı ile ağ çıktısı arasındaki farkın minimize edilmesi) yani ağırlıkların eğitilmesi, bağlantı ağırlıklarının ve eşik değerlerinin belirlenmesi ile gerçekleşmektedir. Ağırlık doğru ağırlık değerine ulaşması, ağırlıkların genelleme yapabilme yeteneğine kavuştuğunu, diğer bir ifade ile ağırlıkların öğrendiğini göstermektedir (Özşahin ve Singer, 2019c; Öztemel, 2012).

YSA ile neredeyse tüm işlemler modellenmektedir. Bu nedenle YSA'da en uygun yöntemin belirlenmesi uygulama başarısı bakımından oldukça önemlidir. Çözülecek probleme en uygun yapı ve öğrenme algoritmasını seçmek, giriş, ara katman ve çıkış sayıları ile katmanlardaki nöron sayısını ve kullanılacak aktivasyon fonksiyonunu belirlemek, eğitim ve test setleri ile bunlarda kullanılacak normalizasyon seviyelerini belirlemek deneyim gerektiren işlemlerdir. En uygun parametrelerin belirlenmesinde benzer problemlere ait daha önce kullanılan yapıların tasarlanarak eğitilmesinin kolaylık sağlayabileceği belirtilmektedir (Sağıroğlu vd., 2003).

1.5.2. Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması

YSA, çeşitli özelliklerine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır (Öztemel, 2012; Elmas, 2011; Hopfield, 1982; Hebb, 1949):

- Sinirler Arasındaki Bağlantıların Yönlerine Göre: İleri beslemeli ağlar ve geri beslemeli ağlar.

- Katmanlar arası bağlantı çeşitlerine göre: Tam bağlantılı, kısmi bağlantılı, ileri beslemeli, çift yönlü, hiyerarşik ve rezonans.

- Sinirler arası bağlantıya göre: Tekrarlamalı ve merkez/çevre dışı.

- Uygulama şekline göre: Çevrimdışı ve çevrimiçi.

- Öğrenme kurallarına göre: Hebb, Delta, Kohonen ve Hopfield.

- Öğrenme algoritmalarına göre; Danışmanlı öğrenme (Perceptron, Delta, Geri Yayılımlı ve Eğimli İniş Öğrenmesi) ve danışmansız öğrenme (Rekabete Dayalı, Hebbian ve Kendi Kendine Öğrenme).

1.5.3. Yapay Sinir Ağlarının Avantaj ve Dezavantajları

Yapay sinir ağlarının nın avantajları (Öztemel, 2012; Elmas, 2011):

- Doğrusal (lineer) olmadıkları ve aynı anda çalışabilen çok sayıda nöronlardan oluştukları için hem basit hem de karmaşık olan neredeyse tüm problemlerin çözümünde kullanılabilmesi,

- Genelleme yapabilme özelliği olduğu için eğitim seti dışındaki verilerden de çıkış oluşturarak çözüm üretilebilmesi,

- İyi eğitildiklerinde organize bir şekilde öğrenebilmesi, farklı problemler için çeşitli öğrenme algoritmalarının kullanılabilmesi ve örnekleme yaparak öğrenmesi,

- Farklı problemlerin çözümü için aynı ağ yapısı ve parametreleri kullanılarak ağın tekrar eğitilebilir olması,

- Çalışma şeklinin geleneksel programlardan farklı olarak, bilgilerin bir veri tabanı yerine ağda depolanması ve bilgi kaybının önlenmesi,

- Hatayı kendi içinde azaltarak sonuç vermesi, eksik veya belirsiz veri ile çalışabilmesi,

- Dağınık bir hafıza yapısı olması nedeniyle bilgilerin farklı yapılarda işlenebilmesi.

- Şekil (örüntü) tanımlama veya ilişkilendirme ve sınıflandırma gibi algılamaya yönelik problemlerin çözümünde kullanılabilmesi,

- Hazır paket programlar ile kullanılabilmesi olarak belirtilebilir.

YSA'nın dezavantajları ise (Öztemel, 2012; Elmas, 2011):

- Her ağ için belirli özelliklerde bilgisayar donanımı gerekmesi,

- Ağın oluşturulması ve eğitim süresi için belirli kuralların bulunmaması,

- Farklı problemlerin çözümünde ağ yapısı ve parametrelerinin (nöron ve katman sayısı vb.) değişmesi ve bunların deneme yanılma yöntemi ile belirlenmesi,
- Kara kutu olarak da adlandırılan ağın çalışma sisteminin tam olarak açıklanamaması olarak belirtilebilir.

1.6. Literatür Özeti

Odun ve odun kökenli malzemelerin CNC freze makinelerinde çeşitli koşullarda işlenmesinde yüzey pürüzlülüğü ve kesme gücü ile ilgili araştırmalar üzerinde durulmuştur. Bu kapsamda, çalışma ile doğrudan bağlantılı olan çeşitli ağaç türü odunları ve odun kökenli malzemelerle ilgili çalışmalar aşağıda belirtilmiştir.

1.6.1. Yüzey Pürüzlülüğü ile İlgili Araştırmalar

1.6.1.1. Ağaç Türü Odunları

Ağaç türü odunlarının CNC freze makinelerinde işlenmesinde yüzey pürüzlülüğü ile ilgili araştırmalar aşağıda belirtilmiştir.

Hazır ve Koç (2019); Lübnan Sediri (*Cedrus libani*) odununun CNC freze makinesinde işlenmesinde yüzey pürüzlülüğünün optimizasyonu için, Taguchi Tasarım Yöntemi (TTY) ve Yanıt Yüzey Yöntemi (YYY/RSM-Response surface methodology) kullanmıştır. Ayrıca, yüzey pürüzlülük parametreleri (R_a ve R_z) için lineer modeller oluşturulmuştur. İşleme koşulları olarak; 12000 d/dk, 15000 d/dk ve 18000 d/dk devirler, 2 m/dk. 5 m/dk. ve 8 m/dk. besleme hızları, 2 mm, 4 mm ve 6 mm kesiş derinlikleri seçilmiştir. Kesici çapları 8 mm, 10 mm ve 12 mm olan 3 kesici kullanılmıştır. Sonuç olarak, R_a 'ya göre en düzgün yüzeylerin, 17377 d/dk devirde, 2,012 m/dk. besleme hızında, 2,009 mm kesiş derinliğinde 8 mm kesici kullanılarak elde edilebildiğini ortaya koymuşlardır.

Hazır ve Özcan (2019); Doğu Kayını odununun CNC freze makinesinde işleme koşullarının optimizasyonu için YYY, İstenebilirlik Fonksiyonu Yaklaşımı (İFY/DF-Desirability Function) ve Genetik Algoritma (GA) yöntemlerini kullanmışlardır. İşleme koşulları olarak; 9000 d/dk., 12000 d/dk., 15000 d/dk., 18000 d/dk ve 21000 d/dk devirler, 1 m/dk., 3 m/dk. , 5 m/dk. , 7 m/dk. ve 9 m/dk. besleme hızları, 1 mm, 3 mm, 5 mm, 7 mm

ve 9 mm kesiş derinlikleri seçilmiştir. Çapları 6 mm, 8 mm, 10 mm, 12 mm ve 14 mm olan kesiciler ile işlemler yapılmıştır. Ölçülen değerlere göre en düzgün yüzey; 21000 d/dk. devir, 5m/dk. besleme hızı ve 5 mm kesiş derinliğinde 10 mm çapındaki kesici ile 4.92 µm olarak elde edilmiştir. Kullanılan yöntemlere göre ise, en düzgün yüzey; 21000 d/dk. devir, 2.186 m/dk. besleme hızı ve 1 mm kesiş derinliğinde, 9.854 mm çapındaki kesici ile 3.512 µm olarak elde edilmiştir.

Krimpenis ve Chrysikos (2019); 3D parametrik tasarımla CNC frezede ahşap gitar gövdeleri üretmişlerdir. İşleme koşulları olarak 24000 d/dk. devir, toleranslı ölçülendirmede 4 m/dk., net ölçülendirmede ise 3 m/dk. besleme hızları önerilmiştir.

Hazır vd. (2018), Doğu Karadeniz Göknarı odununun CNC freze makinesinde işlenmesinde yüzey pürüzlülüğünün optimizasyonu için Deneysel Tasarım Yöntemi (DTY/DOE-Design of Experiment) kullanmışlardır. İşleme koşulları olarak; 12000 d/dk. ve 18000 d/dk devirler, 2 m/dk. ve 6 m/dk. besleme hızları, 2 mm ve 5 mm kesiş derinlikleri seçilmiştir. Çapları 8 mm ve 12 mm olan kesiciler ile teğet ve radyal kesitlerde işlemler yapılmıştır. Analizlere göre en düzgün yüzeyler; 18000 d/dk devir, 2 m/dk. besleme hızı ve 8 mm çapındaki kesici ile teğet kesitlerde 2 mm kesiş derinliğinde 3.58 µm; radyal kesitlerde ise 6 mm kesiş derinliğinde 3.21 µm olarak elde edilmiştir.

Kminiak vd. (2019), normal ve ısıtılmış işlem görmüş dağ akçaağacı odununun 5 eksenli CNC freze makinesinde işlenmesinde yüzey kalitesi üzerine etkili olan faktörleri araştırmışlardır. İşleme koşulları olarak; 20000 d/dk devir, 3 mm kesiş derinliği ve 1-10 m/dk. arasında değişen besleme hızları seçilmiştir. Yüzey pürüzlülük ölçümleri lazerli ölçme yöntemi ile yapılmıştır. Sonuç olarak; ısıtılmış işlem görmüş ağaç malzemesinde, daha pürüzlü yüzeyler elde edildiğini belirtmişlerdir.

Sofuoğlu (2016), TTY kullanılarak, Sarıçam (*Pinus sylvestris*) odunundan üretilen ahşap levhalarının yüzey pürüzlülüğüne dayalı optimal işleme parametrelerini araştırmıştır. CNC freze makinesinde işleme koşulları olarak; %8 rutubet, 2 tip kesici, 2 tip takım yolu, 2 mm, 4 mm ve 6 mm kesiş derinliği, 8000 d/dk, 12000 d/dk ve 16000 d/dk devir ile 1 m/dk., 1.5 m/dk. ve 2 m/dk. besleme hızları seçilmiştir. Taguchi Tasarım Yöntemi ile 108 adet yerine 36 adet işleme koşulu belirlenmiştir. Sonuç olarak; en düzgün yüzey (Ra'ya göre); saf karbür doğrusal helezonlu kesici ve dıştan içe çizgisel takım yoluyla işlemede, 16000 d/dk devir, 1 m/dk. besleme hızı ve 4 mm kesiş derinliğinde elde edildiği belirtilmiştir.

Hazır ve Koç (2016); Avrupa Karaçam odununun (*Pinus nigra* A.), CNC frezede işlenmesinde YYY kullanarak yüzey pürüzlülüklerini araştırmışlardır. Bu kapsamda, işleme

koşulları olarak; 2 mm, 4mm ve 6mm kesiş derinliği, 12000 d/dk, 15000 d/dk ve 18000 d/dk devirler ile 2 m/dk., 5 m/dk. ve 8 m/dk. besleme hızları seçilmiştir. Sonuç olarak, en düzgün yüzeylerin 18000 d/dk devir hızında, 2 m/dk. besleme hızında ve 2.6 mm kesiş derinliğinde elde edildiği belirtilmiştir.

Ramanakoto vd. (2016); Madagaskar'da yetişen ağaç odununun (*Chrysophilum boivinianum*) CNC frezede işlenmesinde radyal ve teğet kesitlerde yüzey pürüzlülükleri için yonga kalınlığı ve kesiş izi uzunluklarına dayalı kabul edilebilir işleme koşulları aralığını araştırmışlardır. Yüzey pürüzlülükleri lazerli ölçüm aleti ile belirlenmiştir. İşleme koşulları olarak 4000-10000 d/dk. devirler, 7-25 m/dk. besleme hızları ve 3-5 mm kesiş derinlikleri seçilmiştir. Sonuç olarak; odunun işlenmesinde optimizasyonun daha iyi yapılabilmesi için devirin 5000 d/dk.'dan yüksek olması, en fazla kesiş izi uzunluğunun 0.5 mm, yonga kalınlığının ise 0.18 mm olması önerilmiştir.

Sofuoğlu (2015a); Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odunundan üretilmiş ahşap levhaların CNC freze makinesinde işlenmesinde, YSA kullanarak yüzey pürüzlülüklerini modellemiştir. İşleme koşulları olarak; zikzak ve dıştan içe çizgisel takım yolu, 8000 d/dk, 12000 d/dk ve 16000 d/dk devir, 1 m/dk., 1,5 m/dk. ve 2 m/dk. besleme hızları, 2 mm, 4 mm ve 6 mm kesiş derinlikleri seçilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü parametrelerinden Ra ve Rz modellenmiştir. Sonuç olarak; Ra ve Rz parametrelerine ait ölçülen değerlerin yapay sinir ağları sonuçlarıyla benzerlik gösterdiği ve ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) değerlerinin %10-20 arasında elde edildiği belirtilmiştir.

Sofuoğlu (2015b); TTY kullanarak Avrupa Melezi ahşap levhalarının optimal işleme parametrelerinin belirlenmesini araştırmıştır. Bu amaçla; 30 mm kalınlığında ve %12 rutubetteki ahşap levhalar ile 10 mm çapında saf karpit matkaptan yararlanılmıştır. İşleme koşulları olarak; zikzak ve dıştan içe çizgisel takım yolu, 8000 d/dk, 12000 d/dk ve 16000 d/dk devirler, 1 m/dk., 1,5 m/dk. ve 2 m/dk. besleme hızları, 4 mm kesiş derinliği seçilmiştir. Sonuç olarak; işlemede en düzgün yüzey, zikzak kesici yönü, 16000 d/dk devir ve 2 m/dk. besleme hızında elde edilmiştir.

Coşoreanu ve Cismaru (2014); CNC frezede, karmaşık desenli işleme yöntemini araştırmışlardır. Bu amaçla; küçük Yapraklı Ihlamur (*Tilia cordata*), Adi Dişbudak (*Fraxinus excelsior*) ve Orta Avrupa Göknaarı (*Abies alba*) ağaç türleri odunlarını kullanmışlardır. İşlemede lif kopmalarına ait yüzey düzgünlüklerini araştırmışlardır. İşleme koşulları olarak 12000 d/dk ve 18000 d/dk devirler; 0.6 m/dk., 1.5 m/dk., 3 m/dk., 6 m/dk., 8 m/dk. ve 10 m/dk. besleme hızları ve 1 mm, 2 mm ve 3 mm kesiş derinlikleri ile 2 tür

kesici seçmişlerdir. Sonuç olarak; en düzgün yüzeylerin Adi Dişbudak odununda, en pürüzlü yüzeylerin ise Orta Avrupa Göknarı'nda elde edildiği belirtilmiştir.

Aghakhani vd. (2013); Pavlonya ağaç odununun (*Paulownia tomentosa*) CNC freze makinesinde işlenmesinde yüzey kalitesini etkileyen faktörleri araştırmışlardır. Bu amaçla radyal ve teğet kesitli keresteler 2.5x10x15cm ölçülerinde boyutlandırılmış ve hava kurusu rutubete kadar kurutulmuştur. Aşağı ve yukarı kesiş yöntemlerine ait işleme koşullarında; devir hızı 10000 d/dk ve 18000 d/dk, besleme hızı 6 m/dk. ve 12 m/dk., kesiş derinlikleri 1 mm ve 5 mm olarak seçilmiştir. Yüzey pürüzlülük parametreleri olarak Rpk, Rk ve Rvk esas alınmıştır. Sonuç olarak; devir, kesiş şekli ve besleme hızının yüzey kalitesini önemli derecede etkilediği belirtilmiştir. Devirin artışı ve besleme hızının azalması ile yüzey kalitesinin arttığı, pürüzlülük değerinin yukarı kesişte yüksek olmasına karşın yüzey kalitesinin düşük olduğu belirlenmiştir. Diğer değişkenlerin ise yüzey kalitesi üzerinde etkisi olmadığı açıklanmıştır.

Sütçü ve Karagöz (2013); kenardan tutkallı ahşap levhaların (KTAL) estetik işlenmesinde, işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerini araştırmışlardır. Bu amaçla; ceviz, kayın ve kestane ağaç türü odunlarından üretilmiş %8 rutubetteki levhalar ve 6 mm çapında düz yapılı tungsten karpit kesici kullanmışlardır. Bunlar için CNC freze makinesinde Ying-Yang deseni ve işleme koşulları olarak; 12000 d/dk, 15000 d/dk ve 18000 d/dk devirler, 0.25 m/dk., 0.5 m/dk., 0.75 m/dk. ve 1 m/dk. besleme hızları, 2 mm, 4 mm ve 6 mm kesiş genişliği ile 1 mm, 2 mm, 3 mm ve 4 mm kesiş derinliğini seçmişlerdir. Sonuç olarak; yüzey pürüzlülüğünde en az etkili olan koşulların, ceviz ve kestane devir hızı, kayında ise kesiş derinliği olduğunu belirtmişlerdir. En düzgün yüzeyler ceviz ve kayında 0,5 m/dk. besleme hızında ve 2 mm kesiş derinliğinde; kestane ise 0,75 m/dk. besleme hızında ve 4 mm kesiş derinliklerinde elde edilmiştir. Heterojen yapısından dolayı ahşap levhalarda pürüzlü yüzeyler elde edilmesinin kaçınılmaz olduğunu ve odunun anatomik yapısı, yoğunluğu, lif ve kesme yönü gibi faktörlerin de işlemede önemli etkisinin olduğunu açıklamışlardır.

Sütçü (2013); KTAL'lerin CNC dikey freze makinesindeki işlemlerde, yüzey pürüzlülüğünü etkileyen parametreleri araştırmıştır. Parmak birleştirme uygulanmış çam ($r= \%9,29$), ladin ($r= \%6,77$) ve kayın ($r= \%6,78$) ahşap levhaları ile TTY kullanmışlardır. Bu yöntemle işlemede yüzey kalitesini etkileyen koşulların (kesiş yönü, kesiş genişliği ve derinliği, besleme hızı ve devir) önemi araştırmıştır. İşleme koşulları olarak; 15000 d/dk, 18000 d/dk ve 21000 d/dk devirler, 2 m/dk., 5 m/dk. ve 6 m/dk. besleme hızları, 4 mm, 6

mm ve 8 mm kesiş genişliği ile 4 mm, 5 mm ve 6 mm kesiş derinliğini seçmiştir. Sonuç olarak; çam odununda kesiş yönü, ladin odununda kesiş derinliği ve besleme hızı ve kayın odununda ise kesiş yönü ve besleme hızının pürüzlülüğü etkileyen en önemli etkenler olduğu belirtilmiştir.

Gawroński (2013); Meşe odununun CNC frezede işlenmesinde boyutlandırma ve profilendirme süresinin optimizasyonu için bir GA modeli geliştirmiştir. Bu amaçla, meşe odununun karakteristik özellikleri ile, besleme hızı, işleme yönü, kesme kuvvetleri ve yüzey kalitesi faktörlerine ait veriler literatürden elde edilmiştir. Sonuç olarak; makine kapasitesinden en yüksek oranda faydalanarak verimliliğin artırılmasında; besleme hızının en önemli etken olduğu ve işlem süresinin %50 oranında azaltılabileceği belirtilmiştir.

Karagöz vd. (2011); CNC frezede Doğu Kayını, Uludağ Göknarı ve Sarıçam odunlarının işlenmesinde ısı işlemin etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla, farklı sıcaklıklarda 8000 d/dk. devir, 6.4 m/dk. besleme hızı ve 4 mm kesiş derinliğinde 8 mm çapındaki spiral tip kesici ile radyal ve teğet yüzeylerde işleme yapılmıştır. Kontrol örneklerine göre; en düzgün yüzeyler teğet kesitlerde sırasıyla Doğu Kayını, Uludağ Göknarı ve Sarıçam ağaç odunlarında elde edilmiştir. Radyal kesitlerdeki yüzey pürüzlülüğü teğet kesitlere göre daha yüksek bulunmuştur.

Rawangwong vd. (2011); CNC freze makinesinde Palmiye ağaç odununun işlenmesinde uygun koşulları araştırmışlardır. Bu amaçla, %11-13 rutubetteki odun örnekleri için devir 800 d/dk, 1000 d/dk ve 1200 d/dk devirler, 0.03 mm, 0.04 mm ve 0.05 mm kesiş izi uzunluğu seçilerek, kesme ve besleme hızı, kesiş derinliği ve kesme açısının etkileri incelenmiştir. Sonuç olarak; yüzey pürüzlülüğüne kesme açısının etkisinin olmadığı, düşük besleme hızı ve yüksek devir ile kesiş derinliği az olan işlemlerde daha düzgün yüzeyler elde edildiği belirtilmiştir.

Supadarattanawong ve Rodkwanm (2006); CNC freze makinesinde Kauçuk ağaç odununun (*Hevea brasiliensis*) işlenmesinde, optimal kesme koşullarını araştırmışlardır. Bu amaçla; %12 rutubet miktarı ve 620 gr/cm³ yoğunluktaki odunda yüzey kalitesi üzerinde etkili olan devir ve besleme hızı, kesiş derinliği vb. faktörleri incelemiştir. İşlemede tungsten karpit bıçak kullanılmış; yüzey kalitesi göz önünde bulundurularak işleme koşulları 12000d/dk, 15000 m/dk. ve 18000 m/dk. devirler, 4.5 m/dk. ve 9.15 m/dk. besleme hızları, 1.58 mm ve 3.1 mm kesiş derinlikleri seçilmiştir. Sonuç olarak; 15000 d/dk devirde, 9.15 m/dk. besleme hızında ve 1.58 mm kesiş derinliğinde kesici aşınmasının en az olduğu, en

düzgün yüzeylerin ise 12000 m/dk. devirde, 4.5 m/dk. besleme hızında ve 1.58 mm kesiş derinliğinde elde edildiğini belirtmişlerdir.

Prommul vd. (2004); YSA kullanarak, kauçuk odununun CNC freze makinesinde işlenmesinde kesme parametrelerinin etkilerini araştırmışlardır. Bu amaçla; aşağı ve yukarı kesiş yöntemlerinde kesme ve besleme hızlarının yüzey pürüzlülüğüne etkileri araştırılmıştır. Sonuç olarak; işlemede yüzey düzgünlüğünün besleme hızına bağlı olduğunu, aşağı ve yukarı kesişlerin yüzey pürüzlülüğünü yaklaşık aynı oranlarda etkilediğini (yukarı kesiş %15,30, aşağı kesiş %14,60) belirtmişlerdir.

Arlai vd. (2003); Tungsten karpit matkap ile Kauçuk ağac odununun dikey frezede işlenmesinde, çeşitli işleme parametrelerinin etkilerini araştırmışlardır. Bu amaçla, yüzey pürüzlülüğüne etkili olan faktörleri incelemişlerdir. Sonuç olarak; 16000 d/dk devir ve 12 m/dk. besleme hızında yapılan işlemin, 10000 d/dk devirde ve 1 m/dk. besleme hızında yapılan işlemeye göre %80 daha verimli ve kesme gücünün ise %30 daha düşük olduğunu belirtmişlerdir.

Su ve Wang (2002); Akçaağaç (*Acer saccharum*) ve Çin Göknaarı (*Cunninghamia lanceolata*) ağac odunlarının CNC frezede işlenmesinde, spiral bıçak kesici açılarının spesifik enerji tüketimi (birim hacimdeki yonga miktarının uzaklaştırılması için gerekli enerji miktarı: W/cm^3) ve yonga tipi üzerine etkisini araştırmışlardır. İşleme koşulları olarak; kesme açısı sabit olmak üzere 5 farklı spiral bıçak (spiral açıları: 0° , 20° , 40° , 60° , 80°), 12000 d/dk. devir, 0.6 m/dk., 1.2 m/dk., 2.4 m/dk. ve 4.8 m/dk. besleme hızları, 12 mm kesiş genişliği, 1 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm ve 6 mm kesiş derinlikleri seçilmiştir. Radyal kesitli ve %7 rutubet miktarındaki örnekler işlenmiştir. Sonuç olarak, tüm örneklerde besleme hızı ve kesiş derinliği arttıkça, spesifik enerji azalmıştır. Ayrıca, en düşük yonga kalınlığının 4 mm kesiş derinliğinde 0.6 m/dk. besleme hızında 0.06 mm kesiş derinliğinde, 4.8 m/dk. besleme hızında ise 1 mm kesiş derinliğinde elde edildiğini belirtmişlerdir.

1.6.1.2. Odun Kökenli Malzemeler

Odun kökenli malzemelerin CNC freze makinelerinde işlenmesinde yüzey pürüzlülüğü ile ilgili araştırmalar aşağıda belirtilmiştir.

Bal ve Gündeş (2020); CNC freze makinesinde MDF'nin işlenmesinde yüzey pürüzlülüğü üzerine yoğunluk, rutubet ve kesiş derinliği etkilerini araştırmışlardır. Bu amaçla %6, %9 ve %12 rutubette ve 3 farklı yoğunluktaki örnekler sabit devir (8000 d/dk.)

ve besleme hızında (4 m/dk.) işlenmiştir. En düzgün yüzey %9 rutubette ve 758 kg/m^3 yoğunluktaki örneklerde 1 mm kesiş derinliğinde elde edilmiştir. Yoğunluk arttıkça ve kesiş derinliği azaldıkça daha düzgün yüzeyler elde edilmiştir.

Karagöz İşleyen (2019); CNC freze makinesinde 20 mm çapındaki profil bıçağı ile MDF yüzeyine yapılan işlemlerde yüzey pürüzlülüğünü etkileyen faktörleri araştırmıştır. İşleme koşulları olarak 18000 d/dk. ve 24000 d/dk. devirler, 2.5 m/dk., 5 m/dk., 7.5 m/dk. ve 10 m/dk. besleme hızları ile 4 mm ve 6 mm kesiş derinlikleri seçilmiştir. En düzgün yüzey 2.5 m/dk. besleme hızı, 24000 d/dk. devir ve 4 mm kesiş derinliğinde elde edilmiştir.

Karagöz ve Karamanoğlu (2019); CNC freze makinesinde 4 mm ve 6 mm çaplarındaki düz tip bıçaklarla MDF yüzeyine kanal açılmasında yüzey pürüzlülüğünü etkileyen faktörleri araştırmışlardır. İşleme koşulları olarak, 18000 d/dk. ve 24000 d/dk. devirler, 2.5 m/dk., 5 m/dk., 7.5 m/dk. ve 10 m/dk. besleme hızları ile 4 mm ve 6 mm kesiş derinlikleri seçilmiştir. Sonuç olarak; yüzey pürüzlülüğünün besleme hızı artışı, devir ve kesici çapının azalması ile azaldığı belirtilmiştir. Bu faktörlerin etkileşimlerinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ortaya konulmuştur. En düzgün yüzeyler 2.5 m/dk. besleme hızında $5.48 \mu\text{m}$ olarak elde edilmiştir. Pürüzlülük bakımından, 4 mm ile 6 mm kesiş derinlikleri arasında istatistiksel olarak fark bulunamamıştır.

Souza vd. (2019); CNC frezede melamin kaplı MDF kenarlarının işlenmesinde çeşitli faktörlerin yüzey pürüzlülüğüne etkilerini araştırmışlardır. Bu amaçla; işlemede, 8 mm çaplarında 2 ve 3 kesicili ve spiral açıları 10° ve 30° derece olan 4 adet bıçak ile aşağı ve yukarı kesiş yöntemleri uygulanmıştır. İşleme koşulları olarak 300 m/sn (11942 d/dk) ve 450 m/sn (17914 d/dk) kesme hızları ile 2.7 m/dk ve 5.4 m/dk besleme hızları seçilmiştir. Sonuç olarak; en düzgün yüzey yukarı kesiş yönteminde 300 m/sn kesme hızında ve 2.7 m/dk besleme hızında 3 kesicili ve spiral açısı 10° olan bıçakla işlemede elde edilmiştir.

Bal (2018); CNC frezede MDF yüzeylerine 2 mm kesiş genişliğinde cep açılması işlemlerinde besleme hızı ve kesiş derinliğinin yüzey pürüzlülüğü ve işlem süresine etkilerini araştırmıştır. İşleme koşulları olarak 8000 d/dk. devir, 1 m/dk., 3 m/dk., 5 m/dk. ve 7 m/dk. besleme hızları ve bıçak çapına göre %20, %40, %60 ve %80 olacak şekilde kesiş derinlikleri seçilmiştir. En düzgün yüzeyler Ra'ya göre 1 m/dk. besleme hızında ve %20 kesiş derinliğinde elde edilmiştir.

Deus vd. (2018); MDF'nin CNC frezede işlenmesinde, pürüzlülük üzerine etkili faktörleri araştırmışlardır. İşleme koşulları olarak; 201 m/dk, 402 m/dk, 603 m/dk ve 804 m/dk kesme hızları ve 4 m/dk. besleme hızı ile 3 mm, 6 mm ve 9 mm kesiş derinlikleri

seçilmiştir. İşlemler 16 mm çapında spiral kesici ile yapılmıştır. En düzgün yüzeylerin 603-804 d/dk devirlerde ve 3 mm kesiş derinliğinde elde edildiği belirtilmiştir.

Kaya (2016); MDF'nin CNC frezede işlenmesinde, pürüzlülük üzerine etkili faktörleri araştırmışlardır. Bu amaçla, dıştan içe çizgisel, zigzak ve spiral takım yönleri ile 16 mm çapında spiral, jilet ve düz tip kesiciler kullanılmıştır. İşleme koşulları olarak; 8 mm ve 11.2 mm kesiş derinlikleri, 4 mm ve 8 mm kesiş genişlikleri, 18000 d/dk ve 24000 d/dk devirler ve 8 m/dk ile 10 m/dk besleme hızları seçilmiştir. En düşük yüzey pürüzlülük değerleri (Ra'ya göre), dıştan içe çizgisel takım yolu ile işlemede, 8 m/dk besleme hızı, 24000 d/dk devir, 8 mm kesiş derinliği ve genişliğinde elde edilmiştir.

Koç vd. (2015); Kayın ve Ayos (*Triplochiton Scleroxylon*) ağaç odunları ile MDF'nin 10 mm çapında kesici ile işlenmesinde, yüzey kalitesi üzerine etkili faktörleri araştırmışlardır. İşleme koşulları olarak; 2 mm kesiş derinliği, 15000 d/dk ve 18000 d/dk devirler ile 8 m/dk. ve 10 m/dk. besleme hızları seçilmiştir. Sonuç olarak; en düzgün yüzeyler sırasıyla MDF, Ayos ağacı ve Kayın odununda, 2 m/dk. besleme hızında ve 18000 d/dk devirde elde edilmiştir.

Deus vd. (2015); devir, besleme hızı ve kesiş derinliklerine göre CNC freze makinesinde işlenen MDF parçalarının kalitesi konusunda araştırma yapmışlardır. İşleme koşulları olarak; 0,5 mm, 1mm ve 1.5 mm kesiş derinliği, 4000 d/dk, 8000 d/dk, 12000 d/dk ve 16000 d/dk devirler ile 2 m/dk., 4 m/dk. ve 6 m/dk. besleme hızları seçilmiştir. Sonuç olarak; 2 m/dk. besleme hızında, 1 mm ve 1.5 mm kesiş derinliğinde ve 12000 d/dk ve 16000 d/dk devir hızında düzgün yüzeyler elde edildiği belirtilmiştir. Besleme hızının kesiş derinliği 0.5 mm'de yüzey pürüzlülüğünü istatistiksel olarak etkilemediği ortaya konulmuştur.

Sütçü ve Karagöz (2012); MDF'nin CNC frezede işlenmesinde, çeşitli koşulların yüzey pürüzlülüğüne etkisini araştırmışlardır. İşleme koşulları olarak; 2 mm ve 4 mm ve 6 mm kesiş genişliği, 1 mm ve 3 mm kesiş derinliği, 12000 d/dk, 15000 d/dk, ve 18000 d/dk devirler ile 0.5 m/dk., 2.5 ve 5 m/dk. besleme hızları seçilmiştir. Sonuç olarak; en düzgün yüzeyler 18000 d/dk devir, 0.5 m/dk besleme hızı, 2 mm kesiş genişliği ve 1 mm kesiş derinliği koşullarında elde edilmiştir.

Davim vd. (2009); CNC freze makinesi ile 8 mm çapında düz tipte bir kesici ile MDF üzerinde kanal açılmasında işleme koşullarının yüzey pürüzlülüğüne etkisini araştırmıştır. İşleme koşulları olarak; 5 mm kesiş derinliği, 3000 d/dk, 10500 d/dk, ve 18000 d/dk devirler ile 0.5 m/dk., 2.75 m/dk., 3.88 m/dk. ve 5 m/dk. besleme hızları seçilmiştir. Elde edilen

sonuçlarla yüzey pürüzlülük değerleri ile devir ve besleme hızı arasında bir korelasyon oluşturmuşlardır. Yüksek devirde ve düşük besleme hızında yüzey pürüzlülüğünün azaldığını belirtmişlerdir.

Aguilera vd. (2000); dikey freze işlemlerinde ağaç malzemenin etkileri: MDF durumunu araştırmışlardır. Bu amaçla; CNC frezede MDF'nin enine kesitlerinde üç farklı yoğunluk bölgesi üzerinde araştırma yapmışlardır. Bunlar; yüzeyden orta kısımlara doğru sırası ile 0,89 gr/cm³ 0,77 gr/cm³ ve 0,67 gr/cm³ olarak seçilmiş, yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerinin etkileri araştırılmıştır. Sonuç olarak; her yoğunluk bölgesinden uzaklaştırılan yonga boyutu ve kesiş derinliği arttıkça, yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetinin arttığı belirtilmiştir.

1.6.2. Kesme Gücü ve Güç Tüketimi ile İlgili Araştırmalar

Ağaç türü odunlarının ve odun kökenli malzemelerin CNC freze makinelerinde işlenmesinde kesme gücü ve güç tüketimi ile ilgili araştırmalar aşağıda belirtilmiştir.

Kubš vd. (2017); ısıtılmış ve işlem görmemiş Kontorta Çamı (*Pinus contorta* subsp. murrayana) ağaç odununun yatay freze makinesinde işlenmesinde çeşitli koşulların kesme gücüne etkisini araştırmışlardır. İşleme koşulları olarak; 3000 d/dk, 4500 d/dk ve 6000 d/dk devirler, 4 m/dk., 8m/dk. ve 11 m/dk. besleme hızları, 15°, 20° ve 25° kesici açıları, 1 mm kesiş derinliği ile çeşitli ısıtılmış işlem sıcaklıkları seçilmiştir. Sonuç olarak; ısıtılmış işlem görmeyen örnekler için en düşük kesme gücü 25° kesici açısında, 3000 d/dk devirde ve 4 m/dk. besleme hızında 183 W (0,183 kW), en yüksek ise 25° kesici açısında, 6000 d/dk devirde ve 11 m/dk. besleme hızında 245 W (0,245) kW), olarak belirtilmiştir. Isıtılmış işlem sıcaklığı arttıkça, kesme gücünün azaldığı ortaya konulmuştur.

Kubš vd. (2016); ısıtılmış ve işlem görmemiş Avrupa Kayını (*Fagus sylvatica*) odununun yatay freze makinesinde işlenmesinde, çeşitli koşulların güç tüketimine etkisini araştırmışlardır. İşleme koşulları olarak; 3000 d/dk, 4500 d/dk ve 6000 d/dk devirler, 4 m/dk., 8m/dk., 11 m/dk. besleme hızları, 15°, 20° ve 25° kesici açıları ve 1 mm kesiş derinliği ile 190°C ısıtılmış işlem sıcaklığı seçilmiştir. Sonuç olarak; ısıtılmış işlem görmemiş örnekler için en düşük güç tüketimi, 3000 d/dk devir ve 4 m/dk. besleme hızında 410,2 W/sa, en yüksek güç tüketimi ise 6000 d/dk devir ve 11 m/dk. besleme hızında 822,4 W/sa olarak elde edilmiştir. Besleme hızı ve devir arttıkça güç tüketiminin arttığı ortaya konulmuştur.

Krauss vd. (2016); ısıtılmış ve işlem görmemiş Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ağaç odununun planya makinesinde işlenmesinde, çeşitli koşulların kesme gücüne etkisini araştırmışlardır. İşleme koşulları olarak; 18000 d/dk devir, 1 m/dk. besleme hızı, 20° kesici açısı, 0,5 mm, 1 mm ve 2 mm kesiş derinlikleri ile çeşitli ısıtılmış işlem sıcaklıkları seçilmiştir. Sonuç olarak; ısıtılmış işlem görmemiş örneklerde en düşük kesme gücü 0,5 mm kesiş derinliğinde 34,59 W olarak belirlenmiştir.

Laurenzi (2011); mevcut literatüre dayandırılarak geleneksel freze makinelerinde işlemede kesme gücü ve işleme koşullarının optimizasyonu için bir matematiksel model geliştirmiştir. Böylece, bu programın işlemede, teorik bilgilerin ve matematiksel modellerin karşılaştırılmasında kullanılabileceğini ortaya koymuştur.

Darmawan vd. (2011); Avrupa Ladini (*Picea abies*) odununun farklı kesici açılarındaki helezonik silindirlerle planyalanmasında çeşitli koşulların yonga kalınlığı, kesme gücü, kesici körelmesi, yüzey pürüzlülüğü ve ses emisyonu üzerine etkilerini araştırmışlardır. İşleme koşulları olarak; 39 m/sn kesme hızı, 4 m/dk., 10 m/dk. ve 16 m/dk. besleme hızları, 0°, 45°, 55°, 65°, 75° ve 85° kesici helezon açıları ile 1 mm kesiş derinliği ve 10 mm kesiş genişliği seçilmiştir. Sonuç olarak; en düşük kesme gücü değerlerinin 0° kesme açısındaki düz kesici ile işlemede 10 m/dk. besleme hızında 0,140 kW, 4m/dk. besleme hızında 0,154 kW ve 16 m/dk. besleme hızında 0,182 kW olarak elde edildiği belirtilmiştir. Kesici helezon açısının ve besleme hızının artması ile kesme gücünün de arttığı ortaya konulmuştur.

Mandić vd. (2011); Kayın ağacı diri ve öz odununun yatay freze makinesinde 4 bıçaklı yıldız kesici ile işlenmesinde, çeşitli koşulların kesme gücüne etkisini incelemişlerdir. İşleme koşulları olarak; 18000 d/dk devir (37 m/s devir), 6 m/dk., 8 m/dk. ve 10 m/dk. besleme hızları, 20° kesici açısı, 1 mm ve 3 mm kesiş derinlikleri ile çeşitli ısıtılmış işlem sıcaklıkları seçilmiştir. Çalışma sonucunda; diri odunda ısıtılmış işlem görmemiş örneklerde en yüksek kesme gücü 255,4 W ile 10 m/dk. besleme hızında ve 3 mm kesiş derinliğinde, en düşük kesme gücü ise 98,6 W ile 8 m/dk. besleme hızında ve 1 mm kesiş derinliğinde elde edilmiştir. Kesme gücünün, öz odunda diri oduna göre genellikle daha düşük olduğu ortaya konulmuştur.

Gürleyen ve Subaşı (2009); Sapsız Meşe (*Quercus petraea*), Yalancı Akasya (*Robinia pseudoacacia*), Adi Dişbudak (*Fraxinus excelsior*) ve Doğu Kayını (*Fagus orientalis*) ağaç odunlarının yatay freze makinesinde işlenmesinde çeşitli koşulların güç tüketimine etkisini araştırmışlardır. İşlem koşulları olarak; 2900 d/dk, 6000 d/dk ve 10000 d/dk devirler, 4,08

m/dk., 6,30 m/dk. ve 12,48 m/dk. besleme hızları ile 2 mm kesiş derinliği seçilmiştir. Sonuç olarak; en düşük güç tüketimi değerleri 2900 d/dk devirde ve 4,08 m/dk. besleme hızında Doğu Kayınında 2,73 kWh, Adi Dişbudakta 2,88 kWh, Yalancı Akasyada 3,05 kWh ve Sapsız Meşede 3,11 kWh olarak elde edilmiştir.

Su ve Wang (2002); Akçağaç (*Acer saccharum*) ve Çin Tırpan Ağacı (*Cunninghamia lanceolata*) odunlarının CNC frezede işlenmesinde, çeşitli koşulların spesifik enerji tüketimine (W/cm^3) etkisi üzerine çalışmışlardır. İşleme koşulları olarak; 12000 d/dk devir, 0,6 m/dk., 1,2 m/dk., 2,4 m/dk., 3,6 m/dk. ve 4,8 m/dk. besleme hızları ile 1 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm ve 6mm kesiş derinlikleri seçilmiştir. Bu amaçla; 2°, 4°, 6° ve 8° kesme açılarında 5 adet düz tip kesici kullanılmıştır. Sonuç olarak; her iki ağaç türü için tüm bıçaklarla işlemede, en düşük spesifik enerji tüketimi 6 mm kesiş derinliğinde ve 4,8 m/dk. besleme hızında elde edilmiştir.

Aguilera ve Martin (2001); Avrupa Kayını (*Fagus sylvatica*) ve Avrupa Ladini (*Picea excelsa*) ağaç türü odunlarının yatay freze makinesinde işlenmesinde, çeşitli işleme koşullarının kesme gücüne etkisi üzerine çalışmışlardır. İşleme koşulları olarak; 4000 d/dk, 6000 d/dk ve 8000 d/dk devirler, 8 m/dk., 11 m/dk., 12,7 m/dk., 16,5 m/dk., 17 m/dk. ve 22 m/dk. besleme hızları, 3mm ve 5 mm kesiş derinlikleri ile aşağı ve yukarı kesiş yöntemleri seçilmiştir. Sonuç olarak; en düşük kesme gücü yukarı kesiş yönteminde kayında ve aşağı kesiş yönteminde ladinde; 3 mm kesiş derinliği, 11 m/dk besleme hızı ve 4000 d/dk devirlerinde elde edilmiştir.

CNC freze makinelerinde odun kökenli malzemelerin işlenmesinde kesme gücü ve güç tüketimi ile ilgili; Bal ve Dumanoğlu (2019); CNC freze makinesinde, MDF üzerinde kapak profili işlemede çeşitli koşulların yüzey pürüzlülüğü ve kesme gücü üzerine etkisini araştırmışlardır. İşleme koşulları olarak; 8000 d/dk, 12000 d/dk ve 16000 d/dk devirler, 3 m/dk., 5 m/dk. ve 7 m/dk. besleme hızları ile 5 mm kesiş derinliği seçilmiştir. Sonuç olarak; en düşük yüzey pürüzlülüğü 16000 d/dk devir ve 3 m/dk. besleme hızında 14 μm , en düşük kesme gücü ise 8000 d/dk devir ve 7 m/dk. besleme hızında 5,4 W/sa olarak elde edilmiştir. Devir ve besleme hızı arttıkça, yüzey pürüzlülüğünün azaldığı ve kesme gücünün arttığı görülmüştür. Besleme hızı arttıkça, kesme gücünün azaldığı ortaya konulmuştur.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

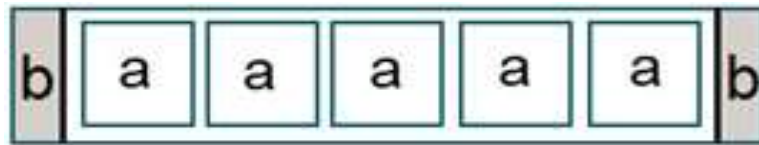
2.1. Ağaç Malzeme Seçimi

Çalışmada; mobilya, doğrama, ahşap yapılar vb. endüstrilerde yaygın olarak kullanılan yapraklı ağaçlardan; Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) ve Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.); iğne yapraklı ağaçlardan, Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Doğu Ladini (*Picea orientalis* L.) ağaç odunları kullanılmıştır. Bu amaçla piyasadan elde edilen kerestelerin belirtilen üretime uygun standartlarda, genellikle yüksek kaliteli (1.ve 2. Sınıf) ve teğet kesitli olmasına özen gösterilmiştir.

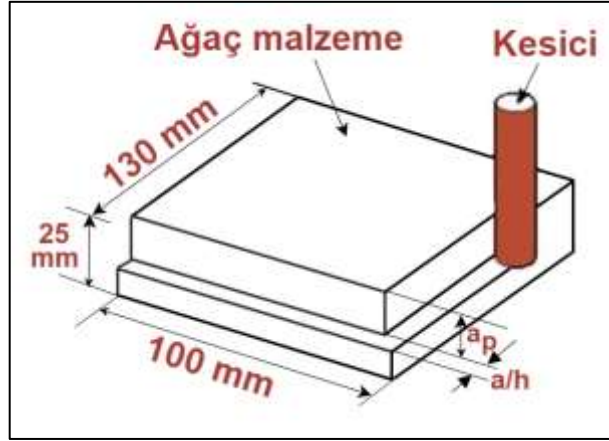
2.2. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Keresteler, KTÜ Orman Fakültesi Orman Endüstrisi Mühendisliği Bölümü atölyesine getirilerek burada doğal kurumaya bırakılmıştır. Hava kurusu rutubete gelinceye kadar bekletilen kerestelerden; farklı rutubetlerde iklimlendirme yapmak üzere her ağaç türü ve her bir işleme koşulu için 1000x110x30 mm boyutlarında toleranslı ölçülerde 12'şer adet olmak üzere toplam 12x12=144 örnek parça hazırlanmıştır.

Örnek parçalar iklimlendirildikten sonra, planya, kalınlık ve daire testere makinelerinde işlenerek 900x100x25 mm net ölçülere getirilmiştir. Bu örnek parçaların her birinden işleme koşulları için 130x100x25 mm boyutlarında 5'er adet örnekten yararlanılmıştır (Şekil 60 ve Şekil 61). Böylece; her bir ağaç türü için işleme koşullarına göre; 4 devir, 3 besleme hızı, 3 rutubet, 3 kesiş derinliği ve örnek sayısı 5 adet olmak üzere (4x4x3x3x3x5) toplam 2160 adet örnekten yararlanılmıştır.



Şekil 60. Örnek parçasında işleme (a) ve yoğunluk örnekleri (b)



Şekil 61. İşleme örnekleri ve yöntemi (a_p : kesiş genişliği, a/h : kesiş derinliği)

2.3. İklimlendirme İşlemleri ve Rutubet Miktarları

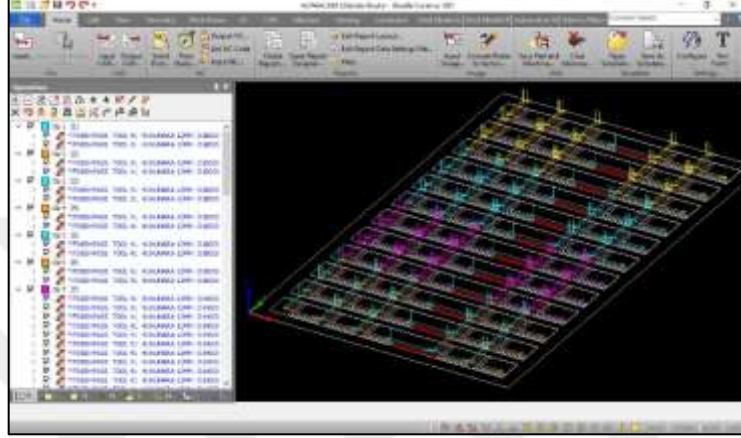
İklimlendirme işlemleri TS 2471 esaslarına göre Climacell Eco-line iklimlendirme dolabında yapılmıştır. Araştırmada, iç ve dış ortam uygulamaları için %8, %12 ve %15 olmak üzere 3 farklı rutubet miktarı seçilmiştir. Bu amaçla, örnek parçaları; %8 rutubet için $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve $\%40 \pm 5$ bağıl nem; %12 rutubet için $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve $\%65 \pm 5$ bağıl nem ve %15 rutubet için $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve $\%75 \pm 5$ bağıl nem koşullarında bekletilerek yaklaşık rutubet miktarlarına gelmeleri sağlanmıştır. İklimlendirme işlemlerinde dolap içi bağıl nemi 2 farklı nem ölçerle izlenmiştir. Örnek parçaların rutubet miktarları, her iki uç ve orta kısımlarından olmak üzere standartlara uygun bir şekilde elektrikli rutubet ölçerle belirlenmiştir (Şekil 62).



Şekil 62. İklimlendirme dolabının yerleştirilmesi (a) ve rutubet ölçümleri (b)

2.4. CNC Freze Makinesi ve İşleme Koşulları

Deney örnekleri, KTÜ Orman Endüstri Mühendisliği bölümü atölyesindeki 3 eksenli CNC freze makinesinde (AES Nova 2128) işlenmiştir. Bilgisayarlı numerik kontrol dosyaları (.anc formatında) Alphacam 2019 programı kullanılarak elde edilmiştir (Şekil 63).



Şekil 63. CAM programındaki işlemlerin görünümü

İşlemlerde, aşağı kesiş (besleme yönünde) yöntemi uygulanmıştır. İşleme koşulları; literatür de göz önünde bulundurularak devir, besleme hızı ve kesiş izi uzunlukları etkileşimlerinin farklı ve geniş bir aralıkta olmasına özen gösterilerek seçilmiştir (Tablo 3 ve Tablo 4).

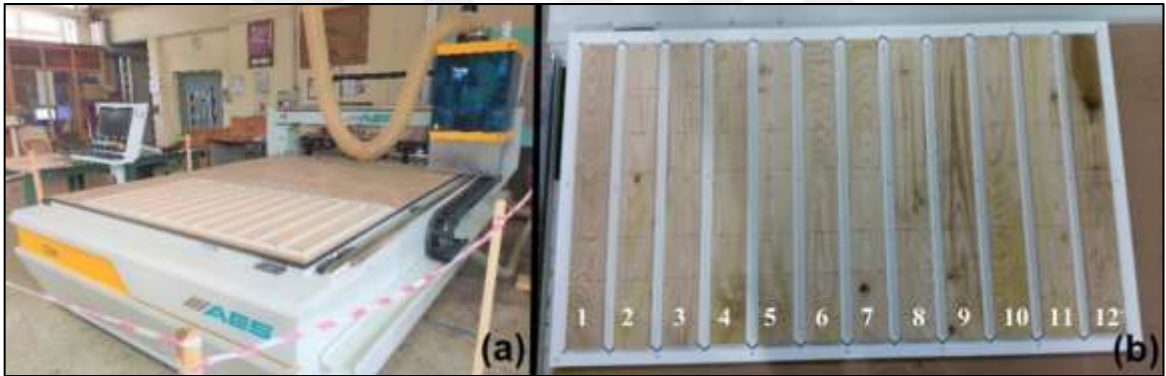
Tablo 3. CNC freze makinesi işleme koşulları

İşleme Koşulları			Adet			
			1	2	3	4
Devir (n) (d/dk)			10000	14000	18000	22000
Besleme hızı (u) (m/dk.)			3	5	7	
Kesiş miktarları (mm)	Kesiş derinliği	a/h	8	10	12	
	Kesiş genişliği	a _p	15			
Rutubet miktarları (%)			8	12	15	
Bıçak çapı (mm)			12			

Tablo 4. İşleme koşullarına ait kesiş izi uzunlukları (Sz)

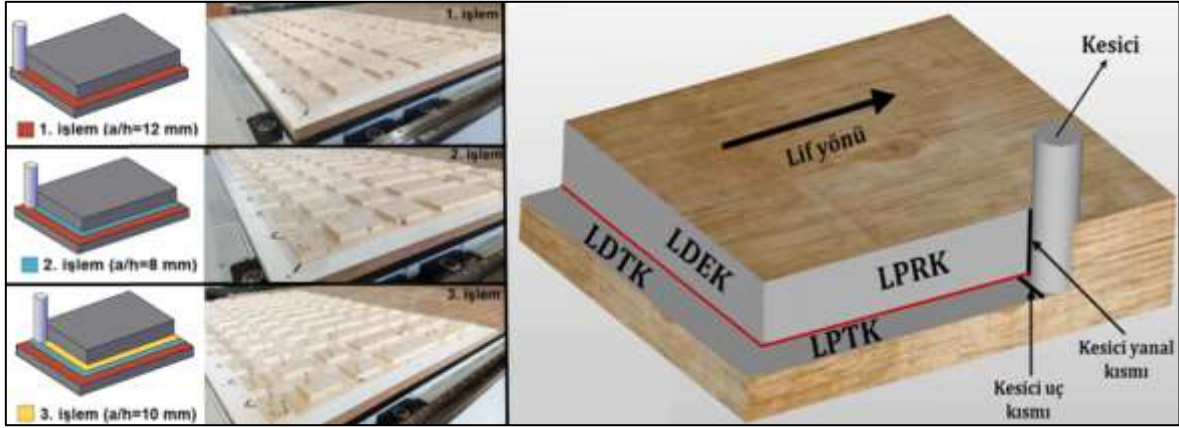
No	n (d/dk)	u (m/dk.)	Sz (mm)
1	22000	3	0,068
2	18000	3	0,083
3	14000	3	0,107
4	22000	5	0,114
5	18000	5	0,139
6	10000	3	0,150
7	22000	7	0,159
8	14000	5	0,179
9	18000	7	0,194
10	10000	5	0,250
11	14000	7	0,250
12	10000	7	0,350

Net ölçülerdeki örnek parçalar hazırlanan kalıba yerleştirildikten sonra, vidalarla sabitlenerek duyarlı bir şekilde işlemeye hazır hale getirilmiştir (Şekil 64).



Şekil 64. AES Nova 2128 CNC freze makinesi (a) ve kalıba yerleştirilmiş örnekler (b)

Örnekler; 15 mm sabit kesiş genişliği ve 8 mm, 10 mm ve 12 mm olmak üzere 3 farklı kesiş derinliğinde, liflere paralel ve dik yönde işlenmiştir. Her bir örnek, Tablo 1'deki işleme koşullarına göre pürüzlülük ölçümlerinin kolaylıkla yapılabilmesi göz önünde bulundurularak, işleme miktarları sırasıyla; 12 mm, 8 mm ve 10 mm olacak şekilde 3 aşamada yapılmıştır (Şekil 65). Bunlara göre; liflere dik yönde işlemede teğet kesitlerde (LDTK) ve liflere paralel yönde işlemede teğet kesitlerde (LPTK) kesici uç kısımlarında, liflere dik yönde işlemede enine kesitlerde (LDEK) ve liflere paralel yönde işlemede radyal kesitlerde (LPRK) kesici yanal kısımlarında yüzey pürüzlülük değerleri ölçülerek elde edilmiştir.



Şekil 65. İşleme yöntemi ve deney örnekleri

Kesici tipi olarak; odun ve odun kökenli malzemelerin CNC freze makinesinde işlenmesinde kenar düzgünleştirme, ölçülendirme, profillendirme, lamba, kanal ve kınış açma vb. çeşitli amaçlarla kullanılan 12 mm çapında ve düz tipte 2 kesicili Tungsten Karpit (HW) bıçak seçilmiştir. Bıçak körelmesi, keskinlik etkisinin eşitliği veya homojenliğini sağlamak için ağaç türü odun örnekleri ardışık olarak işlenmiştir. Yüzey kalitesinin olumsuz yönde etkilenmemesi bakımından literatürde ve uygulamada bu tip bıçakların keskinliği ile ilgili işleme uzunluk miktarları (metre) göz önünde bulundurulmuştur (Kazlauskas vd., 2017; Tratar vd., 2014; Cristóvão, 2013; Aknouche vd., 2009). Bu çalışmada, her bir bıçak için işleme uzunluk miktarı 420 metre olup, toplam 3 adet bıçak kullanılmıştır (Şekil 66 ve Tablo 5).



Şekil 66. Tungsten karpit kesiciler

Tablo 5. CNC frezede yapılan işlemlerde kesici dağılımları

Ağaç Türleri	%8 Rutubet Grubu			%12 Rutubet Grubu			%15 Rutubet Grubu		
	1. İşlem	2. İşlem	3. İşlem	1. İşlem	2. İşlem	3. İşlem	1. İşlem	2. İşlem	3. İşlem
Doğu Kayını	X	Y	Z	Y	Z	X	Z	X	Y
A. Kestanesi	Y	Z	X	Z	X	Y	X	Y	Z
Doğu Ladini	Z	X	Y	X	Y	Z	Y	Z	X
Sarıçam	X	Y	Z	Y	Z	X	Z	X	Y

2.5. Yoğunlukların ve Yıllık Halka Genişliklerinin Belirlenmesi

Doğu Kayını, Anadolu Kestanesi, Doğu Ladini ve Sarıçam deney örneklerinin tam kuru yoğunlukları (δ_0) ile mevcut rutubetteki yoğunluklarının (M_r) belirlenmesinde TS 2472 esaslarına uyulmuştur. Bu amaçla; örnek parçaların, her iki uç kısımlarından alınan 20x20x30 mm boyutlarında örneklerden yararlanılmıştır. Yoğunluk ölçümlerinde %8, %12 ve %15 rutubet miktarları için sırasıyla toplam 120 adet, 192 adet ve 172 adet örnek kullanılmıştır (Şekil 67).



Şekil 67. Yoğunluk örnekleri ve ölçümleri

Örneklerin ağırlıkları (M); 0,01 g duyarlıdaki terazi ile, hacimleri (V) ise 0.001 mm duyarlılıkta ölçüm yapılabilen mikrometre ve dijital kumpas ile ölçülerek mevcut rutubetlerdeki yoğunlukları belirlenmiştir. Daha sonra örnekler, kurutma fırınında 103 ± 2 °C de 24 saat bekletilmişlerdir. Örneklerin 6 saat aralıklarla yapılan iki tartı arasındaki farkı, örnek ağırlıklarının %0,5'ine eşit veya daha az olduğunda değişmez ağırlığa geldikleri kabul edilerek, tam kuru ağırlıkları (M_0) ve hacimleri (V_0) belirlenmiştir. Tam kuru (δ_0) yoğunlukların belirlenmesinde 5 no'lu eşitlikten, mevcut rutubetteki yoğunluklarının (δ_r)

belirlenmesinde 6 ve 7 no'lu eşitliklerden, %8, %12 ve %15 rutubetteki yoğunlukların belirlenmesinde ise 8 no'lu eşitlikten yararlanılmıştır. Hava kurusu yoğunlukların (δ_{12}) ölçümünde 9 no'lu eşitlikten yararlanılmıştır.

$$\delta_0 = \frac{M_0}{V_0} \quad (5)$$

$$\delta_r = \frac{M_r}{V_r} \quad (6)$$

$$M_r = \frac{M_r - M_0}{M_0} \quad (7)$$

$$\delta_{r2} = \delta_{r1} \times \left(\frac{(1 - ((1 - 0,85 \times \delta_{r1}) \times (r_1 - r_2)))}{100} \right) \quad (8)$$

$$\delta_{12} = \frac{M_{12}}{V_{12}} \quad (9)$$

Eşitliklerde;

δ_0 = Tam kuru yoğunluk değeri (gr/cm^3)

δ_{12} = Hava kurusu yoğunluk değeri (gr/cm^3)

δ_r = %r rutubetteki yoğunluk değeri (gr/cm^3)

δ_{r1} ve δ_{r2} = %r1 ve %r2 rutubetteki yoğunluk değeri (gr/cm^3)

M_0 = Tam kuru ağırlık değeri (gr)

M_{12} = Hava kurusu ağırlık değeri (gr)

M_r = %r rutubetteki ağırlık değeri (gr)

V_0 = Tam kuru hacim değeri (cm^3)

V_{12} = Hava kurusu hacim değeri (cm^3)

V_r = %r rutubetteki hacim değeri (cm^3)

r_1 ve r_2 = Rutubet değerleri (%)'dir.

Ağaç türü odunlarında yoğunluk ve yıllık halka genişliği önemli bir gösterge olup, yapraklı ağaçlarda hızlı büyüyen türler dışında YHG arttıkça yoğunluk artmakta, iğne yapraklı ağaçlarda ise YHG arttıkça yoğunluk azalmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 2011; Berkel, 1970). Bu bakımdan, YHG'nin belirlenmesi üzerinde durulmuş ve tüm rutubet gruplarındaki odun örneklerinden yararlanılmıştır. Bu amaçla, örneklerin enine kesitlerindeki yıllık halkaları sayılarak, radyal yöndeki boyutları $\pm 0,01$ mm duyarlılıkta ölçülmüştür. Her örneğin

radyal yöndeki uzunluğu, yıllık halka sayısına bölünerek ortalama yıllık halka genişliği (OYHG) hesaplanmıştır.

2.6. Kesme Gücünün Belirlenmesi

Deney örneklerinin işlenmesi sırasında her bir işleme koşulundaki kesme gücü; Şekil 68’de belirtilen 100 amperlik, 45-65 Hz. çalışma frekansı ve $\pm\%1$ duyarlılıktaki wattmetre ile kW biriminde ölçülerek, video ile kaydedilmiştir. Alet kalibrasyonu yapıldıktan sonra, ölçüm sırasında titreşimleri engellemek için yerleştirildiği alanın sabit olmasına, toz, kir vb. yabancı maddelerden etkilenmemesine özen gösterilmiştir.



Şekil 68. Kesme gücü ölçüm aleti (a), kalibrasyonu (b) ve değerlerin kaydedilmesi (c)

2.7. Yüzey Pürüzlülüğünün Belirlenmesi

Örneklerin yüzey pürüzlülükleri, mekanik yöntemler içinde en yaygın kullanılan dokunmalı iğne tarama yöntemi (Mitutoyo SJ 301 aleti) ile ölçülmüştür (Şekil 69).



Şekil 69. Örnek parçalarda yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesi

Örneklerde her bir kesiş derinliği ve genişliği için kesici yanal ve uç kısımlarında lifler yönünde (radyal ve teğet kesitlerde) ve liflere dik (enine ve teğet kesitlerde) $\pm 0.01 \mu\text{m}$ duyarlılıkla en az 2'şer adet ölçüm yapılmıştır. Ölçümler TS 971 esaslarına göre yürütülmüştür. Ölçümlerde; sınır dalga boyu (λ_c) 2.5 mm, tarama uzunluğu (Lt) 12.5 mm, tarama hızı 0.5 mm/sn, iğne uç yarıçapı $5 \mu\text{m}$ ve iğne uç açısı 90° olarak alınmıştır. İstatistik değerlendirmeler, R_a (profil sapmalarının aritmetik ortalaması) pürüzlülük değişkenine göre yapılmıştır.

2.8. Yapay Sinir Ağları Yöntemi

Bu yöntem ile; CNC frezede ağaç malzemelerin işlenmesinde, yoğunluk, rutubet, işleme miktarı, işleme yönü, devir ve besleme hızı ile yüzey pürüzlülüğü ve kesme gücü değerlerinden yararlanılarak, optimal işleme koşulları belirlenmiştir.

Bu kapsamda; her bir ağaç türü ve kesitlerine ait deney verileri (108 adet) eğitim (76 adet), test (16 adet) ve doğrulama (16 adet) verileri şeklinde gruplandırılmıştır. Bu amaçla; farklı veri setleri, değişik ağ yapıları ve öğrenme parametrelerine ait farklı modellerle denenerek yapay sinir ağları (YSA) yöntemi ile eğitilmiştir. Ağların performansını test etmek amacıyla eğitim setinde kullanılmayan test için ayrılan verilerle modeller test edilerek hata oranı en düşük sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır.

Yüzey pürüzlülüğü ve kesme gücü çıktılarının optimizasyonu için; işleme koşullarındaki ara değerlerin elde edilmesinde devir için 1000 d/dk, besleme hızı için 0,25 m/dk., kesiş derinliği için 0.5 mm ve rutubet için %1 aralıklar belirlenmiştir.

Ağın performansını değerlendirebilecek bilgiler YSA'da hesaplanan çıktı ile istenilen çıktı arasında en az fark olacak şekilde çeşitli tanı yöntemleri kullanılarak sağlanmıştır. Bu kapsamda, en iyi tahmin modelleri, yaygın olarak kullanılan tanı araçlarından (performans fonksiyonları) kareköksel ortalama karesel hata (RMSE) ve ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) göz önünde bulundurularak seçilmiştir. Tahmin değerlerinin karşılaştırılmasında ise determinasyon katsayısı (R^2) kullanılmıştır. MAPE, RMSE ve R^2 değerleri sırasıyla 10, 11 ve 12 numaralı eşitliklerle hesaplanmıştır (Özşahin, 2013; Sağıroğlu vd., 2003).

$$MAPE = \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N \left| \frac{t_i - td_i}{t_i} \right| \right) \times 100 \quad (10)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (t_i - td_i)^2} \quad (11)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (t_i - td_i)^2}{\sum_{i=1}^N (t_i - \bar{t})^2} \quad (12)$$

Eşitliklerde; t_i : gerçek değeri, td_i : model tahmin değerini ve N : terim sayısını belirtmektedir.

Giriş katmanındaki yapay nöron sayısı YSA'ya yapılan veri girişi sayısı, çıkış katmanındaki yapay nöron sayısı YSA'dan alınacak bilgi sayısı kadardır. Gizli katman ve yapay nöron sayıları ise denemeler sonucu elde edilmiştir.

Gizli katmanlardaki yapay nöron sayıları, aktivasyon fonksiyonu, eğitim algoritması, öğrenme kuralı ve performans fonksiyonları değiştirilerek en uygun ağ tasarımı ve tahmin modeli belirlenmiştir.

Problemin çözümünde ileri beslemeli ve geri yayımlı çok katmanlı YSA tercih edilerek, ağın eğitimi ve denemesi Matlab paket programı ile gerçekleştirilmiştir. Aktivasyon (transfer) fonksiyonu olarak hiperbolik tanjant sigmoid fonksiyonu (tansig) ile doğrusal transfer fonksiyonu (purelin), eğitim algoritması olarak da levenberg marquardt algoritması (trainlm) seçilmiş, öğrenme kuralı olarak momentumlu gradyan azaltım geri

yayılm algoritması (traingdm), performans fonksiyonu olarak ise 13 numaralı eşitlikle hesaplanan ortalama karesel hata (MSE) tercih edilmiştir.

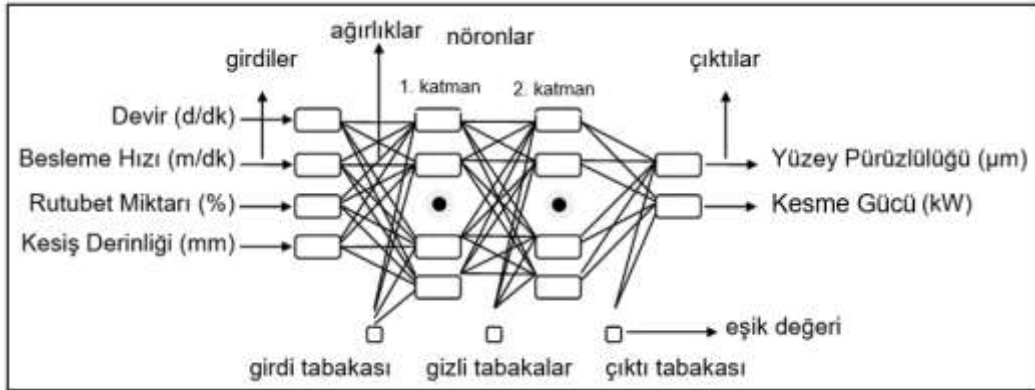
$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (t_i - td_i)^2 \quad (13)$$

Her bir parametrenin modele eşit katkı sağlaması amacıyla eğitim ve test setindeki veriler, modelde hiperbolik tanjant sigmoid fonksiyonu kullanıldığından, (-1,1) aralığında normalize edilerek ağa sunulmuş, daha sonra sonuçların yorumlanabilmesi için veriler ters normalize işlemiyle orijinal değerlerine çevrilmiştir. Normalizasyon (ölçeklendirme) işlemleri, 14 numaralı eşitlik yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

$$X_{norm} = 2 \times \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} - 1 \quad (14)$$

Eşitlikte X_{norm} , normalize edilmiş veriyi; X , değişkenin gerçek değerini; X_{min} , veri grubunun minimum değerini; X_{max} ise veri grubunun maksimum değerini ifade etmektedir.

Her bir ağaç türünde kesitlere göre ayrı YSA modeli belirlenmiştir. Yüzey pürüzlülüğü ve kesme gücü değerlerine ait oluşturulan ağ mimarisi Şekil 70’te belirtilmiştir.



Şekil 70. Tahmin modeli olarak seçilen YSA tasarımı

2.9. İstatistik Yöntemler

Elde edilen yüzey pürüzlülüğü ve kesme gücü değerlerine ait örnek sayısı (n), aritmetik ortalama (\bar{x}) ve standart sapma (S) verilerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi ile tablo ve grafiklerin elde edilmesinde SPSS 21, Microsoft Office Excel 2019 ve Origin programları, YSA için ise MATLAB kullanılmıştır.

İşleme koşulları, yoğunluklar, rutubetler, işleme yönleri ve kesitleri ile ilgili pürüzlülük değerleri ve kesme gücü arasındaki ilişkiler %95 güvenle test edilerek, çoklu varyans analizi ile ortaya konulmuştur. Ağaç türü odun yoğunlukları ile yıllık halka genişlikleri arasındaki ilişkiler korelasyon analizi ile ortaya konulmuştur. Ayrıca, önemli görülen gruplar arasında ilişki olduğu durumlarda Duncan testi ile homojenlik grupları belirlenmiştir.

YSA modellerine ait ölçülen ve tahmin değerleri arasında doğrusal ilişki olup olmadığını belirlemek için determinasyon katsayısı kullanılmıştır. Determinasyon katsayısı, iki normal dağılımlı değişkenin doğrusal ilişkisinin ölçümünde kullanılmaktadır. Seçilen önem düzeyine göre anlamlı bulunan katsayı; 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.

Çalışmada elde edilen YSA tahmin modellerinde hata oranlarının belirlenmesinde kullanılan tanı araçlarından MAPE ve RMSE'nin değerlendirilmesinde literatür göz önünde bulundurularak; %0-5,00 aralığı çok düşük, %5,01-10,00 aralığı düşük, %10,01-15,00 aralığı orta, %15,01-20,00 aralığı yüksek ve %20,01 ve üzeri çok yüksek olarak değerlendirilmiştir.

YSA sonuç tablolarında sabit kesiş derinlikleri ve rutubet miktarlarına göre en düşük ve en yüksek yüzey pürüzlülüğü ve kesme gücü değerlerine ait işleme koşulları belirtilmiştir. Optimal işleme koşulları ise ortalama yüzey pürüzlülüğü ve kesme gücü değerlerine göre belirlenmiştir. Bunlara göre; ara değerlerle birlikte işleme koşulları, devirlerde 10000-14000 d/dk. düşük, 15000-18000 d/dk. orta ve 19000-22000 d/dk. yüksek; besleme hızlarında 3-4 m/dk düşük, 4,25-5,5 m/dk orta ve 5,75-7 m/dk yüksek; kesiş derinliklerinde 8-9 mm düşük, 9,5-10,5 mm orta ve 11-12 mm yüksek; rutubetlerde ise %8 ve %9 düşük, %10-13 orta ve %14 ve %15 ise yüksek olarak değerlendirilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Ağaç Türleri Yoğunluk Değerleri ve Yıllık Halka Genişlikleri

Ağaç türlerinin farklı rutubet gruplarına göre kendi aralarında, tam kuru yoğunluklar (δ_0) ile YHG'lerine ait istatistik analizler yapılarak, sonuçlar Tablo 6'da belirtilmiştir.

Tablo 6. Ağaç türü odunları rutubet gruplarına göre, tam kuru yoğunluk ve YHG değerleri ve homojenlik grupları (HG)

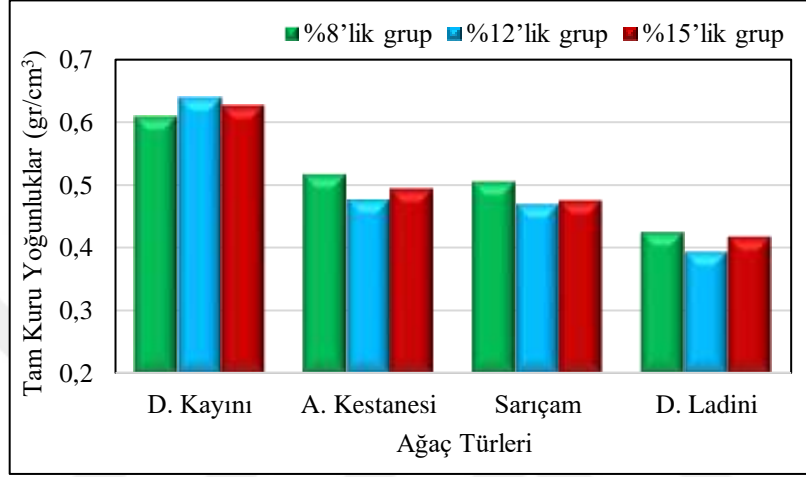
Ağaç Türleri	Rutubet Grupları	n	δ_0 (gr/cm ³)					YHG (mm)				
			\bar{x}	S	Min.	Max.	HG	\bar{x}	S	Min.	Max.	HG
Doğu Kayını	%8	30	0,608	0,037	0,55	0,741	A	1,768	0,417	0,964	2,513	A
	%12	48	0,639	0,045	0,547	0,741	B	1,569	0,36	0,949	2,508	A
	%15	41	0,627	0,051	0,492	0,688	A, B	1,665	0,474	0,835	2,518	A
Anadolu Kestanesi	%8	30	0,516	0,024	0,457	0,568	A	3,046	1,167	1,441	6,71	A
	%12	48	0,477	0,04	0,402	0,573	B	3,256	0,496	2,491	4,056	A
	%15	41	0,494	0,051	0,389	0,561	B	1,802	0,39	1,168	1,802	B
Sarıçam	%8	30	0,504	0,042	0,447	0,623	A	1,483	0,834	0,611	3,365	A
	%12	48	0,469	0,017	0,432	0,519	B	1,59	0,469	0,863	2,51	A
	%15	45	0,475	0,045	0,397	0,551	B	1,097	0,455	0,55	1,828	B
Doğu Ladini	%8	30	0,424	0,059	0,335	0,535	A	3,139	0,664	1,955	4,038	A
	%12	48	0,393	0,033	0,347	0,524	B	2,698	0,705	1,43	4,002	B
	%15	45	0,417	0,048	0,351	0,511	A	3,723	0,495	2,844	5,023	C

Tablo 6'ya göre; YHG'lerinde Doğu Kayını'nda %5 önem düzeyinde anlamlı farklılık olmadığı görülmüştür. Diğer tüm ağaç türlerinin rutubet gruplarına göre kendi aralarında hem tam kuru yoğunluklar hem de YHG'leri arasında %5 önem düzeyinde anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Buna göre; tam kuru yoğunluk değerlerinin, Doğu Kayını'nda; %15 rutubet grubunun, %8 ve %12 rutubet grupları ile aynı olmak üzere 2 HG'de, Anadolu Kestanesi'nde; %12 ve %15 rutubet gruplarının aynı, %8 rutubet grubunun farklı olmak üzere 2 HG'de, Doğu Ladini'nde; %8 ve %15 rutubet gruplarının aynı, %12 rutubet grubunun farklı olmak üzere 2 HG'de ve Sarıçam'da; %12 ve %15 rutubet gruplarının aynı, %8 rutubet grubunun farklı olmak üzere 2 HG'de toplandığı görülmüştür.

YHG değerlerinin ise, Doğu Kayını'nda; tüm rutubet gruplarının aynı HG'de, Anadolu Kestanesi'nde; %8 ve %12 rutubet gruplarının aynı, %15 rutubet grubunun farklı olmak

üzere 2 HG'de, Doğu Ladini'nde; tüm rutubet gruplarının farklı olmak üzere 3 HG'de ve Sarıçam'da; %8 ve %12 rutubet gruplarının aynı, %15 rutubet grubunun ise farklı olmak üzere 3 HG'de toplandığı görülmüştür.

Ağaç türü odun örneklerinin tam kuru yoğunluk değerlerine ait grafik Şekil 71'de gösterilmiştir.



Şekil 71. Tam kuru yoğunluk değerleri grafiği

Şekil 71'e göre; tam kuru yoğunluk değerlerinin yüksekten düşüğe sırasıyla, Doğu Kayını, Anadolu Kestanesi, Sarıçam ve Doğu Ladini ağaç türlerinde elde edildiği görülmüştür.

Ağaç türü odun örnekleri tam kuru yoğunluk değerleri ile ortalama yıllık halka genişlikleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi için korelasyon analizi yapılarak, sonuçlar Tablo 7'de gösterilmiştir.

Tablo 7. Ağaç türü odun örnekleri tam kuru yoğunlukları ile ortalama yıllık halka genişlikleri ilişkisi

Ağaç Türleri ile OYHG İlişkileri	Rutubet Grubu	n	Korelasyon Katsayısı	Önem Düzeyi
Doğu Kayını	8%	30	0,020	0,917
Anadolu Kestanesi		30	-0,153	0,418
Sarıçam		30	-0,464	0,010*
Doğu Ladini		30	-0,210	0,265
Doğu Kayını	12%	48	0,022	0,881
Anadolu Kestanesi		48	0,227	0,122
Sarıçam		48	0,081	0,586
Doğu Ladini		48	0,026	0,861
Doğu Kayını	15%	41	0,199	0,211
Anadolu Kestanesi		41	0,077	0,630
Sarıçam		45	-0,845	0,000*
Doğu Ladini		45	0,061	0,691

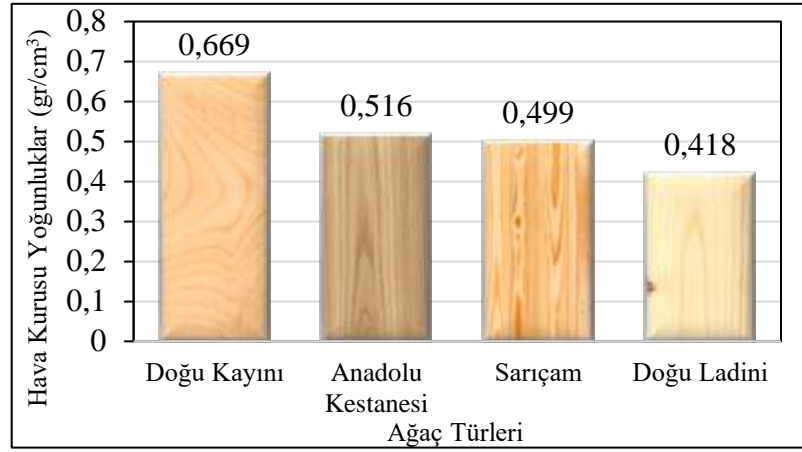
Tablo 7'ye göre, %8 ve %15 rutubetlerdeki Sarıçam odun örneklerinin ortalama yıllık halka genişliği ile tam kuru yoğunluklar arasında %5 önem düzeyinde negatif bir ilişki olduğu görülmüştür. Buna göre; yıllık halka genişlikleri arttıkça, yoğunluk azalmıştır. Diğer gruplardaki ağaç türlerinde ise ortalama yıllık halka genişliği ile tam kuru yoğunluklar arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Ağaç türü odun örneklerinin hava kurusu yoğunluk değerlerine ait istatistik analizler yapılarak, sonuçlar Tablo 8'de belirtilmiştir.

Tablo 8. Ağaç türü odun örnekleri hava kurusu yoğunluk değerleri

Ağaç Türü	n	\bar{x}	S	Min.	Max.
Doğu Kayını	48	0,669	0,046	0,577	0,773
Anadolu Kestanesi	48	0,516	0,042	0,436	0,621
Sarıçam	48	0,499	0,019	0,458	0,550
Doğu Ladini	48	0,418	0,033	0,360	0,558

Tablo 8'e göre; ağaç türü hava kurusu yoğunluk değerleri yüksekten düşüğe sırasıyla, Doğu Kayını, Anadolu Kestanesi, Sarıçam ve Doğu Ladini'nde elde edilmiştir. Hava kurusu yoğunluk değerlerine ait grafik Şekil 72'de gösterilmiştir.



Şekil 72. Hava kuruşu yoğunluk değerleri grafiği

Şekil 72'ye göre, yoğunluklar arasında %0.01 önem düzeyinde anlamlı bir fark bulunmuştur. Buna göre; hava kuruşu yoğunluk değerleri, en yüksekten düşüğe doğru sırasıyla; Doğu Kayını, Anadolu Kestanesi, Sarıçam ve Doğu Ladini ağaç türlerinde çıkmıştır.

Ağaç türlerinin rutubet gruplarına göre kendi aralarında, mevcut rutubetlerdeki yoğunluklar (δ_r) ile bunlardan hesaplanan %8, %12 ve %15 rutubetlerdeki yoğunluk değerlerine ait istatistik değerlendirmeler yapılarak sonuçlar Tablo 9'da belirtilmiştir.

Tablo 9. Ağaç türü odunları rutubet gruplarına göre, ölçülen ve hesaplanan yoğunluk değerleri ve homojenlik grupları

Ağaç Türleri	Rutubet Grupları	n	δ_r (gr/cm³)					Formülle Hesaplanan		
			\bar{x}	S	Min.	Max.	HG	δ_8 (gr/cm³)	δ_{12} (gr/cm³)	δ_{15} (gr/cm³)
Doğu Kayını	8%	30	0,632 (r=%10,24)	0,033	0,573	0,730	A	0,625	0,637	0,646
	12%	48	0,671 (r=%12,50)	0,046	0,575	0,775	B	0,662	0,672	0,680
	15%	41	0,649 (r=%10,21)	0,051	0,516	0,713	A	0,643	0,654	0,663
Anadolu Kestanesi	8%	30	0,547 (r=%11,17)	0,025	0,490	0,606	A	0,538	0,549	0,558
	12%	48	0,515 (r=%12,86)	0,043	0,435	0,622	B	0,499	0,510	0,517
	15%	41	0,524 (r=%11,44)	0,048	0,420	0,592	B	0,514	0,526	0,534
Doğu Ladini	8%	30	0,446 (r=%10,35)	0,059	0,335	0,562	A	0,439	0,451	0,459
	12%	48	0,421 (r=%12,96)	0,035	0,373	0,559	B	0,413	0,423	0,430
	15%	45	0,441 (r=%11,26)	0,05	0,374	0,546	A, B	0,432	0,443	0,451
Sarıçam	8%	30	0,528 (r=%10,39)	0,045	0,451	0,653	A	0,521	0,533	0,541
	12%	48	0,497 (r=%12,63)	0,017	0,460	0,548	B	0,491	0,501	0,509
	15%	45	0,499 (r=%10,74)	0,047	0,395	0,573	B	0,491	0,503	0,511

Tablo 9’da; tüm ağaç türlerinin kendi aralarında gruplara göre, mevcut rutubetteki yoğunluklarda %5 önem düzeyinde anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Buna göre; yoğunluk değerlerinin, Doğu Kayını’nda; %8 ve %15 rutubet gruplarının aynı ve %12 rutubet grubunun farklı olmak üzere 2 HG’de, Anadolu Kestanesi’nde; %12 ve %15 rutubet gruplarının aynı, %8 rutubet grubunun farklı olmak üzere 2 HG’de, Doğu Ladini’nde; %15 rutubet grubunun %8 ve %12 rutubet grupları ile aynı olmak üzere 2 HG’de ve Sarıçam’da; %12 ve %15 rutubet gruplarının aynı, %8 rutubet grubunun farklı olmak üzere 2 HG’de toplandığı görülmüştür.

3.2. Ağaç Türü Odunları Rutubet Değerleri

Ağaç türleri odun örnek parçaları rutubetleri (%8, %12 ve %15) 36’şar adet örnek ile belirlenerek sonuçlar Tablo 10’da gösterilmiştir.

Tablo 10. Ağaç türleri rutubet miktarları (%)

Ağaç Türü	Rutubet Grubu	\bar{x}	S	Min. (%)	Max. (%)
Doğu Kayını	8	8.28	0.78	7.00	9.80
	12	12.14	0.34	11.60	13.10
	15	15.12	0.37	14.30	16.10
Anadolu Kestanesi	8	8.15	0.29	7.50	8.70
	12	12.14	0.44	11.00	13.10
	15	15.03	0.33	14.50	15.80
Sarıçam	8	8.09	0.36	7.30	8.90
	12	11.86	0.34	11.20	12.60
	15	15.38	0.51	14.10	16.50
Doğu Ladini	8	8.01	0.30	7.10	8.40
	12	11.52	0.33	11.00	12.40
	15	15.17	0.47	14.10	16.30

Tablo 10’a göre belirlenen değerler yaklaşık ortalama rutubet miktarları olup, bunların ağaç türü odun örnekleri işleme kalitesi ve kesme gücünü etkileyebileceği belirtilebilir.

3.3. Yüzey Pürüzlülüğü Değerleri

Yüzey pürüzlülük değerleri (Ra); kesitlerde kesici uç ve yanal kısımlarına ait yüzeylerde ölçülerek elde edilmiştir. Buna göre; her bir ağaç türü odununda rutubet miktarlarına ait pürüzlülük değerleri sonuçları belirlenmiştir.

Doğu Kayını odun örnekleri rutubet miktarlarına (%8, %12 ve %15) ait yüzey pürüzlülüğü değerlerinin istatistik analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar sırasıyla Tablo 11, Tablo 12 ve Tablo 13'te belirtilmiştir.



Tablo 11. Doğu Kayını odununda %8 rutubete ait yüzey pürüzlülük değerleri (μm)

Ağaç Türü: Doğu Kayını		Rutubet % 8											
		a/h=8 mm											
		Kesitler											
Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk)	LDTK			LPTK			LDEK			LPRK		
		n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S
10000	3	13	9,39	0,97	13	8,55	1,32	9	8,00	0,59	13	4,32	0,93
10000	5	11	10,26	0,57	10	11,71	1,07	12	11,23	0,95	12	6,64	1,45
10000	7	11	11,80	1,04	12	13,32	1,39	10	11,26	1,19	13	6,38	1,58
14000	3	10	9,11	0,66	12	9,37	0,95	13	11,91	1,52	13	3,95	0,87
14000	5	14	9,44	0,80	10	11,82	0,61	10	9,01	0,55	8	3,95	0,45
14000	7	11	11,35	1,02	10	12,13	1,30	14	14,34	2,11	14	5,38	0,79
18000	3	12	8,50	0,91	10	8,25	0,97	14	9,18	1,07	12	3,83	0,91
18000	5	12	9,16	0,62	10	11,14	0,82	10	12,43	0,90	11	4,65	0,82
18000	7	14	10,92	0,70	10	11,96	0,86	10	13,35	1,18	11	6,26	1,24
22000	3	10	7,83	0,50	10	8,74	1,15	9	6,72	0,54	15	4,55	1,00
22000	5	12	8,65	0,45	11	10,67	0,91	10	8,62	0,67	10	5,62	0,75
22000	7	15	9,67	0,89	14	11,40	0,74	10	11,90	0,91	11	5,59	1,03
Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk)	a/h=10 mm											
		LDTK			LPTK			LDEK			LPRK		
		n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S
10000	3	13	8,85	1,24	15	9,36	2,84	14	6,89	1,09	12	4,53	0,76
10000	5	12	10,94	0,96	12	12,93	1,21	10	9,70	0,87	14	6,49	0,55
10000	7	10	12,43	1,41	12	15,41	1,54	12	11,28	0,61	12	6,50	1,39
14000	3	12	8,49	0,86	11	8,94	1,21	12	10,83	1,00	12	3,15	0,69
14000	5	13	9,76	0,52	10	11,02	0,64	12	7,64	0,53	10	3,57	0,60
14000	7	11	10,47	0,42	12	13,33	0,82	8	11,13	0,49	10	5,14	0,80
18000	3	14	8,35	0,76	9	9,35	0,26	11	8,07	0,63	13	3,22	0,51
18000	5	11	9,38	0,60	11	9,86	0,53	12	10,17	0,56	13	4,47	0,89
18000	7	12	10,58	0,42	10	11,44	0,69	12	11,59	1,37	14	4,94	1,07
22000	3	12	7,76	0,69	11	8,80	0,40	10	7,24	0,39	13	4,20	0,73
22000	5	10	8,42	0,32	10	9,53	0,28	11	8,24	0,88	13	5,35	0,45
22000	7	10	10,27	0,30	9	11,17	0,27	10	10,99	0,45	14	5,65	1,00
Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk)	a/h=12 mm											
		LDTK			LPTK			LDEK			LPRK		
		n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S
10000	3	13	9,34	1,31	10	8,74	0,91	10	6,03	0,78	13	4,37	0,66
10000	5	7	10,36	0,06	10	10,83	0,92	10	11,57	2,14	11	6,81	1,16
10000	7	9	11,76	0,30	10	12,18	0,90	10	9,76	1,52	12	6,21	1,27
14000	3	12	8,10	0,57	10	8,48	0,59	13	9,00	1,33	12	4,54	1,33
14000	5	13	9,17	1,07	13	10,82	1,37	10	7,31	0,77	11	3,60	0,58
14000	7	10	11,90	0,81	10	12,53	1,27	10	10,44	0,59	13	6,13	1,05
18000	3	10	7,92	0,84	10	8,40	0,68	9	8,34	0,68	10	3,00	0,41
18000	5	10	8,94	0,49	10	10,91	1,00	8	11,58	0,67	12	4,54	0,74
18000	7	10	9,82	0,39	10	12,39	0,79	14	10,66	1,40	10	4,66	0,77
22000	3	10	7,89	0,50	10	8,87	0,27	12	6,10	0,64	11	4,22	0,38
22000	5	12	9,46	0,86	10	10,88	0,65	12	8,22	1,31	12	4,66	0,62
22000	7	11	10,35	0,79	10	12,15	0,40	10	9,94	0,68	11	5,11	0,85

Tablo 12. Doğu Kayını odununda %12 rutubete ait yüzey pürüzlülük değerleri (μm)

Ağaç Türü: Doğu Kayını		Rutubet % 12											
		a/h=8 mm											
		Kesitler											
Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk)	LDTK			LPTK			LDEK			LPRK		
		n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S
10000	3	11	9,48	0,42	8	11,20	0,50	10	9,05	0,95	12	4,77	0,85
10000	5	10	10,81	1,25	8	12,58	0,51	11	10,27	0,86	11	6,21	1,11
10000	7	10	10,16	0,72	8	12,82	0,31	10	8,49	1,17	11	5,35	1,18
14000	3	11	7,80	0,87	10	8,91	0,81	10	6,35	0,63	10	4,12	0,54
14000	5	10	9,44	0,61	10	11,22	0,75	9	5,64	0,29	11	4,00	0,42
14000	7	10	9,89	0,37	10	11,40	1,07	10	7,85	0,45	9	4,82	0,47
18000	3	9	7,39	0,12	10	8,38	0,43	10	5,81	0,27	9	3,41	0,18
18000	5	10	8,91	0,46	10	9,99	0,97	10	5,78	0,77	10	3,89	0,38
18000	7	10	9,62	0,66	10	10,15	0,56	11	8,14	1,82	10	4,53	0,66
22000	3	10	6,80	0,40	9	8,22	0,30	8	4,67	0,23	9	3,36	0,23
22000	5	10	7,85	0,92	10	9,34	0,73	11	5,18	0,47	9	3,62	0,37
22000	7	8	9,01	0,53	9	9,79	0,53	10	7,62	0,83	11	4,73	0,66
Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk)	a/h=10 mm											
		LDTK			LPTK			LDEK			LPRK		
		n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S
10000	3	9	10,72	0,68	10	12,21	0,47	12	6,97	1,58	11	4,60	0,86
10000	5	10	11,87	0,63	10	12,83	0,50	11	10,06	1,10	10	6,73	0,74
10000	7	10	12,06	0,78	10	13,40	0,95	11	5,99	0,78	12	5,72	0,62
14000	3	11	7,30	0,94	8	8,45	0,22	10	4,87	0,33	10	4,01	0,57
14000	5	10	9,49	0,74	8	10,38	0,07	10	5,51	0,90	10	4,10	0,38
14000	7	10	10,23	0,60	10	11,04	0,26	10	8,02	1,11	11	4,98	0,78
18000	3	10	6,37	0,62	10	7,85	0,20	10	4,52	0,40	9	3,26	0,29
18000	5	10	8,64	0,95	10	8,99	0,65	8	4,88	0,31	9	3,45	0,18
18000	7	10	8,85	0,30	10	9,86	0,62	11	8,62	0,66	10	5,14	0,70
22000	3	10	5,76	0,36	10	6,59	0,46	9	4,48	0,23	7	3,07	0,13
22000	5	10	7,27	0,94	10	8,21	0,93	7	4,75	0,10	10	3,47	0,30
22000	7	10	7,96	0,68	10	9,45	0,70	9	6,74	0,53	10	4,09	0,32
Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk)	a/h=12 mm											
		LDTK			LPTK			LDEK			LPRK		
		n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S
10000	3	10	11,04	1,12	13	12,50	1,82	12	9,76	1,33	10	6,46	0,99
10000	5	11	13,01	1,07	10	13,86	0,28	10	11,87	1,55	10	7,82	1,64
10000	7	12	13,61	1,06	10	14,18	1,12	11	9,07	1,34	10	8,00	1,31
14000	3	11	8,03	0,84	14	9,48	1,11	10	7,00	0,90	11	4,25	1,39
14000	5	10	9,59	0,72	10	10,12	0,37	10	6,29	0,49	10	4,08	0,56
14000	7	10	11,71	0,98	11	11,93	1,31	9	10,98	0,74	10	4,80	0,54
18000	3	10	7,00	0,68	8	8,91	0,60	11	5,82	0,45	8	4,02	0,18
18000	5	10	8,85	0,67	10	9,48	0,79	11	6,23	0,18	10	4,40	0,61
18000	7	10	10,34	0,83	10	10,91	0,97	9	10,23	0,28	10	4,64	0,79
22000	3	10	7,52	0,73	10	8,26	0,59	10	7,36	0,44	10	3,47	0,68
22000	5	9	8,41	0,39	8	9,29	0,40	11	5,89	0,19	10	3,99	0,67
22000	7	10	9,92	0,80	7	9,67	0,37	11	8,69	0,64	10	4,04	0,42

Tablo 13. Doğu Kayını odununda %15 rutubete ait yüzey pürüzlülük değerleri (μm)

Ağaç Türü: Doğu Kayını		Rutubet % 15											
		a/h=8 mm											
		Kesitler											
Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk)	LDTK			LPTK			LDEK			LPRK		
		n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S
10000	3	10	8,62	0,65	10	10,92	0,49	10	7,27	0,93	10	4,35	0,66
10000	5	10	10,07	1,52	10	11,10	0,77	10	8,46	0,92	10	4,61	0,85
10000	7	10	10,82	0,95	10	11,41	0,84	12	8,76	0,80	8	4,78	0,30
14000	3	9	8,01	0,47	10	10,06	0,78	10	5,26	0,59	10	3,59	0,24
14000	5	10	9,90	0,95	10	11,22	1,02	9	7,62	0,29	10	4,50	0,59
14000	7	10	11,12	0,97	10	12,01	0,68	9	8,65	0,33	9	4,95	0,51
18000	3	10	7,95	1,07	10	9,27	0,79	10	7,01	0,14	10	3,89	0,41
18000	5	8	10,11	0,48	10	11,30	1,10	9	7,80	0,24	10	4,11	0,62
18000	7	10	11,01	1,14	10	12,13	0,94	9	8,39	0,51	10	4,48	0,52
22000	3	9	7,66	0,49	10	9,16	0,76	10	6,93	0,89	10	4,37	0,46
22000	5	10	9,39	0,78	10	10,05	0,51	10	9,46	0,84	10	4,34	0,46
22000	7	10	10,22	0,92	10	11,89	1,04	10	8,88	0,99	10	4,55	0,27
Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk)	a/h=10 mm											
		LDTK			LPTK			LDEK			LPRK		
		n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S
10000	3	10	9,67	0,45	10	11,16	0,74	10	7,89	0,89	10	4,95	0,69
10000	5	10	10,70	1,23	9	11,55	0,40	10	9,01	1,15	10	5,25	0,64
10000	7	10	12,00	0,55	10	12,00	1,52	8	9,44	0,60	10	6,09	0,65
14000	3	10	9,13	0,97	10	10,59	1,04	10	7,08	0,75	8	4,27	0,08
14000	5	10	10,58	0,86	10	11,13	0,69	10	6,82	0,73	10	5,48	0,55
14000	7	8	10,39	0,32	10	11,81	1,09	10	8,97	0,71	10	5,89	0,60
18000	3	9	9,42	0,63	9	9,99	0,64	10	6,90	0,86	10	4,20	0,48
18000	5	10	10,09	1,03	10	10,81	1,10	10	9,06	0,74	10	5,48	0,54
18000	7	10	10,46	0,75	10	10,96	0,92	10	9,18	0,92	10	5,64	0,66
22000	3	10	9,17	0,68	10	10,08	1,27	10	6,87	0,83	10	4,38	0,56
22000	5	10	10,19	0,61	10	11,12	0,83	10	9,07	0,65	10	5,14	0,50
22000	7	10	10,73	0,96	10	11,10	1,50	10	9,18	0,56	10	5,03	0,36
Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk)	a/h=12 mm											
		LDTK			LPTK			LDEK			LPRK		
		n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S
10000	3	10	11,21	0,87	10	12,88	1,01	13	8,41	1,42	9	4,73	0,57
10000	5	10	12,57	0,97	10	11,25	1,19	10	9,28	1,31	11	5,62	1,05
10000	7	10	13,38	0,87	9	13,63	0,65	10	9,60	1,08	10	5,98	0,90
14000	3	10	10,78	1,12	10	11,35	0,76	11	7,01	1,26	8	4,42	0,44
14000	5	10	12,08	1,32	10	12,27	0,94	10	8,89	0,81	8	4,76	0,44
14000	7	10	12,46	1,22	10	12,77	0,98	10	9,47	0,34	10	5,49	0,70
18000	3	9	9,81	0,50	10	10,67	1,00	10	6,29	0,49	10	4,15	0,56
18000	5	10	10,71	0,93	10	11,20	1,27	10	5,88	0,30	8	4,51	0,25
18000	7	10	11,27	1,29	10	12,46	1,07	9	8,08	0,33	10	4,97	0,55
22000	3	10	10,06	0,95	10	11,07	1,09	11	6,03	0,59	10	4,36	0,66
22000	5	9	10,15	0,82	10	11,14	0,58	10	6,58	0,68	10	5,42	0,56
22000	7	10	11,07	1,42	9	12,81	0,56	10	8,22	0,66	10	5,76	0,38

Tablo 11-13'e göre; Doğu Kayını'nda genel olarak %12 rutubette daha düzgün yüzeyler elde edildiği ve en düzgün yüzeylerin LPRK'lerde olduğu görülmüştür. LDTK'lerde LPTK'lere göre pürüzlülük azalmıştır. Tüm kesitlerde devirin azalması ve besleme hızının artmasıyla pürüzlülük artmış ve en yüksek değerler LPTK'lerde elde edilmiştir. Kesiş derinliği arttıkça; LDEK'de pürüzlülük azalmış, diğer tüm kesitlerde ise artmıştır.

Anadolu Kestanesi odun örnekleri rutubet miktarlarına (%8, %12 ve %15) ait yüzey pürüzlülüğü değerlerinin istatistik analizleri yapılarak elde edilen sonuçlar sırasıyla Tablo 14, Tablo 15 ve Tablo 16'da belirtilmiştir.



Tablo 14. Anadolu Kestanesi odununda %8 rutubete ait yüzey pürüzlülük değerleri (μm)

Ağaç Türü: Anadolu Kestanesi		Rutubet % 8											
		a/h=8 mm											
		Kesitler											
Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk)	LDTK			LPTK			LDEK			LPRK		
		n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S
10000	3	8	8,06	0,89	9	7,33	0,82	10	9,22	0,71	15	5,35	1,81
10000	5	12	11,36	1,91	10	9,95	1,49	10	11,60	1,41	12	5,64	1,33
10000	7	10	11,99	1,40	10	15,14	0,82	10	22,91	1,09	11	6,44	1,30
14000	3	10	12,09	0,84	10	6,89	2,10	10	7,95	1,26	10	3,93	1,03
14000	5	10	8,53	2,07	10	12,48	2,74	11	6,55	1,15	8	4,20	1,17
14000	7	10	12,21	2,15	8	15,63	0,15	10	10,52	1,77	8	4,24	0,94
18000	3	10	8,68	1,56	10	7,81	0,79	8	4,94	0,87	9	3,79	1,80
18000	5	11	10,61	1,23	10	11,22	1,15	9	9,41	0,27	10	5,59	1,91
18000	7	9	11,94	1,33	10	14,07	2,70	10	9,81	1,30	10	5,98	2,02
22000	3	10	8,13	0,31	12	8,73	1,64	12	4,97	0,82	10	5,50	1,72
22000	5	10	11,18	1,38	9	11,34	1,84	11	8,20	0,91	10	5,94	2,03
22000	7	9	11,74	0,82	9	14,64	0,81	10	10,64	0,75	9	3,96	0,99
Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk)	a/h=10 mm											
		LDTK			LPTK			LDEK			LPRK		
		n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S
10000	3	8	12,42	1,07	10	9,46	2,29	8	9,65	0,99	16	5,95	2,51
10000	5	10	11,30	1,26	10	11,12	1,87	9	12,43	0,76	10	6,54	1,78
10000	7	7	13,88	0,94	10	15,22	1,61	10	16,35	1,21	10	7,57	1,24
14000	3	10	12,28	0,61	8	6,05	0,23	7	9,98	0,24	10	4,81	2,51
14000	5	10	10,10	1,87	10	8,05	1,82	10	7,46	1,47	10	6,17	0,66
14000	7	10	13,27	1,80	9	15,33	1,71	10	11,28	1,58	12	6,00	2,55
18000	3	10	9,61	0,97	10	8,39	1,10	9	5,63	0,67	9	2,90	0,74
18000	5	11	9,87	0,97	10	8,49	0,63	10	9,89	0,43	10	5,72	2,85
18000	7	11	12,23	1,53	9	12,64	0,84	10	11,81	0,99	10	4,85	2,36
22000	3	8	9,04	1,43	9	8,65	0,85	10	5,27	1,11	10	3,96	1,16
22000	5	10	10,47	2,19	10	11,61	1,83	9	7,66	0,38	10	4,52	1,77
22000	7	9	12,84	0,27	9	14,25	0,29	10	7,79	1,40	13	5,36	1,98
Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk)	a/h=12 mm											
		LDTK			LPTK			LDEK			LPRK		
		n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S
10000	3	10	10,17	1,84	10	9,59	0,86	10	9,20	1,64	10	6,12	1,78
10000	5	10	11,25	1,11	9	11,79	0,84	10	10,18	1,98	15	5,63	2,14
10000	7	7	14,44	0,29	10	14,04	1,92	10	21,25	0,61	10	5,24	1,49
14000	3	10	12,86	0,23	10	7,08	0,27	8	8,04	0,28	10	6,41	1,27
14000	5	10	10,04	1,85	10	11,53	1,74	10	6,15	1,55	10	7,85	0,92
14000	7	8	12,01	0,36	10	12,80	2,10	10	11,83	3,69	9	6,39	0,82
18000	3	10	10,44	1,34	10	11,35	2,13	10	6,37	1,12	8	3,46	0,28
18000	5	10	11,50	1,31	10	10,87	2,43	10	9,56	0,91	10	5,95	1,90
18000	7	10	10,28	0,99	7	13,66	1,68	10	10,32	1,61	10	5,63	1,44
22000	3	10	9,25	0,92	7	9,69	0,06	10	6,37	1,27	10	3,38	1,29
22000	5	10	10,93	0,98	8	11,32	0,76	10	8,49	0,63	8	4,81	1,68
22000	7	10	9,09	0,46	10	18,89	0,71	10	8,78	1,06	10	5,87	1,83

Tablo 15. Anadolu Kestanesi odununda %12 rutubete ait yüzey pürüzlülük değerleri (μm)

Ağaç Türü: Anadolu Kestanesi		Rutubet %12											
		a/h=8 mm											
		Kesitler											
Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk)	LDTK			LPTK			LDEK			LPRK		
		n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S
10000	3	10	9,53	0,20	10	10,02	0,59	10	9,74	1,06	10	6,60	0,89
10000	5	10	11,17	0,80	9	15,18	0,39	10	11,33	0,77	9	6,63	0,68
10000	7	10	11,93	0,67	8	14,32	0,52	10	11,00	0,87	10	6,67	0,86
14000	3	9	8,89	0,53	10	9,54	0,34	10	9,51	0,90	10	5,13	0,57
14000	5	10	9,57	0,57	10	12,34	0,81	10	10,69	0,45	10	5,87	0,42
14000	7	10	10,43	0,72	10	13,31	0,98	10	10,97	0,81	8	5,87	0,43
18000	3	10	8,92	0,84	10	9,09	0,73	10	7,37	0,86	10	3,82	0,27
18000	5	10	9,49	0,52	10	11,22	0,57	10	9,12	0,94	10	4,58	0,70
18000	7	10	10,02	0,61	10	12,61	0,80	10	10,60	1,17	10	5,82	0,77
22000	3	9	8,14	0,16	10	8,90	0,87	10	7,17	1,06	10	3,80	0,60
22000	5	10	8,35	0,74	10	9,87	0,73	10	8,83	1,07	10	4,04	0,53
22000	7	10	8,72	0,39	10	12,42	0,74	10	10,29	0,87	10	5,53	0,89
Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk)	a/h=10 mm											
		LDTK			LPTK			LDEK			LPRK		
		n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S
10000	3	10	10,61	0,76	10	13,77	0,57	10	9,65	1,04	10	6,36	1,00
10000	5	10	11,50	0,78	10	15,22	0,66	10	10,83	0,76	10	8,14	0,91
10000	7	9	12,13	0,45	10	17,08	0,83	10	12,25	0,84	10	8,16	1,72
14000	3	10	10,19	0,64	10	12,42	0,75	8	9,23	0,22	8	5,98	0,42
14000	5	10	10,51	1,01	10	13,28	0,64	10	9,63	0,56	10	8,06	0,51
14000	7	10	11,83	1,24	10	15,24	0,78	10	10,76	1,47	10	8,03	0,75
18000	3	10	9,96	0,68	9	11,61	0,80	10	8,64	1,22	10	5,93	0,72
18000	5	10	10,09	0,59	10	11,68	0,68	10	9,23	0,87	10	7,56	0,82
18000	7	10	11,57	1,09	10	13,31	1,28	8	9,70	0,45	10	7,76	0,87
22000	3	10	8,23	0,56	9	10,15	0,27	10	7,30	0,64	10	5,33	0,66
22000	5	10	8,54	0,63	10	11,56	0,77	10	9,41	0,71	10	6,55	0,85
22000	7	10	9,99	0,73	10	11,91	0,70	10	10,14	0,31	10	7,12	0,86
Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk)	a/h=12 mm											
		LDTK			LPTK			LDEK			LPRK		
		n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S
10000	3	10	12,64	0,74	10	13,72	0,74	10	12,69	0,20	9	3,41	0,44
10000	5	10	13,13	1,02	10	14,36	0,75	9	13,52	0,43	10	6,88	0,94
10000	7	10	14,11	0,97	10	16,69	1,33	10	16,63	1,22	10	7,23	0,97
14000	3	10	10,09	0,79	10	11,80	0,81	10	11,14	0,76	10	4,94	1,27
14000	5	10	10,90	0,71	10	12,06	0,82	10	12,03	0,35	10	6,35	1,35
14000	7	10	11,67	1,08	10	12,98	0,95	10	13,30	0,43	11	6,62	1,28
18000	3	10	9,64	0,69	10	11,34	0,51	10	9,93	0,49	12	4,90	0,89
18000	5	10	9,86	0,70	10	11,33	0,80	10	11,03	0,23	10	4,94	0,55
18000	7	10	10,97	0,70	10	12,26	1,02	10	12,22	0,83	10	6,09	0,47
22000	3	10	8,54	0,54	8	11,13	0,31	10	9,57	0,30	10	4,34	0,50
22000	5	10	9,11	0,88	10	11,47	0,59	10	9,98	0,39	10	4,67	0,32
22000	7	9	9,49	0,51	10	12,58	0,93	10	12,64	0,52	10	5,58	0,41

Tablo 16. Anadolu Kestanesi odununda %15 rutubete ait yüzey pürüzlülük değerleri (μm)

Ağaç Türü: Anadolu Kestanesi		Rutubet %15											
		a/h=8 mm											
		Kesitler											
Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk)	LDTK			LPTK			LDEK			LPRK		
		n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S
10000	3	10	9,80	0,53	10	10,48	0,34	10	8,99	1,13	8	3,72	0,18
10000	5	10	14,58	0,69	10	14,69	0,60	10	13,46	1,83	10	4,26	0,70
10000	7	10	15,38	0,58	10	15,83	0,51	10	13,19	2,03	10	4,35	0,49
14000	3	10	12,31	1,00	10	13,03	1,10	10	9,07	0,78	10	3,92	0,60
14000	5	10	11,65	0,58	10	12,84	0,74	10	10,76	1,20	10	4,07	0,38
14000	7	10	13,00	1,06	10	14,47	0,82	8	12,42	0,46	10	4,65	0,89
18000	3	10	12,06	0,90	10	12,66	0,70	10	7,75	0,74	10	3,85	0,39
18000	5	10	11,92	0,57	10	12,99	1,18	10	9,31	0,35	10	4,38	0,61
18000	7	10	12,39	0,66	10	14,90	0,63	9	10,80	0,32	10	4,71	0,60
22000	3	10	10,54	0,73	10	11,66	0,57	10	7,78	0,51	10	3,91	0,63
22000	5	10	11,58	0,63	10	12,89	0,44	10	9,60	0,63	10	4,02	0,75
22000	7	9	12,62	0,67	9	14,85	0,71	10	10,73	1,00	10	4,42	0,78
Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk)	a/h=10 mm											
		LDTK			LPTK			LDEK			LPRK		
		n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S
10000	3	10	11,47	0,65	9	13,12	0,54	10	9,46	0,95	10	5,98	0,96
10000	5	10	13,05	1,42	10	14,90	0,85	9	10,91	0,38	8	6,31	0,42
10000	7	10	15,32	1,44	10	16,22	0,88	10	13,70	1,71	10	7,02	1,07
14000	3	10	12,60	1,17	10	12,79	1,38	10	9,84	0,64	8	6,82	0,44
14000	5	10	11,31	0,99	10	12,89	0,87	9	9,84	0,43	10	6,90	0,95
14000	7	10	14,13	0,95	10	14,58	1,05	10	12,11	1,03	10	7,01	0,63
18000	3	10	11,86	1,38	10	12,71	0,83	10	9,39	0,76	9	6,64	0,41
18000	5	10	12,16	1,02	10	12,06	1,32	10	10,18	0,78	10	6,90	0,66
18000	7	10	13,63	1,78	10	14,08	0,70	10	10,53	1,00	10	7,24	0,79
22000	3	10	10,95	0,68	10	11,58	0,72	9	8,00	1,02	9	5,55	0,67
22000	5	10	11,64	0,74	9	12,13	0,43	10	9,74	0,71	10	6,52	1,27
22000	7	10	13,31	0,51	10	15,27	0,73	10	10,44	0,97	10	6,55	0,76
Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk)	a/h=12 mm											
		LDTK			LPTK			LDEK			LPRK		
		n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S
10000	3	9	12,36	0,79	10	13,48	0,94	10	7,56	0,90	10	5,79	1,45
10000	5	10	14,38	1,30	10	14,03	1,23	10	9,90	1,16	10	6,43	1,47
10000	7	10	15,02	0,88	10	15,31	1,26	10	15,44	1,45	10	6,48	0,61
14000	3	10	13,27	0,61	10	13,95	0,85	8	8,66	0,57	10	4,69	0,79
14000	5	10	12,67	1,68	10	13,28	1,67	10	8,73	0,66	10	5,54	0,83
14000	7	10	13,92	1,45	10	14,38	1,39	10	11,53	1,38	10	6,25	0,99
18000	3	10	11,72	0,88	9	13,42	0,70	10	8,44	0,95	10	4,78	0,52
18000	5	10	11,93	1,26	10	13,37	1,00	10	8,68	0,63	10	4,94	0,52
18000	7	10	12,68	0,91	10	13,56	0,66	10	10,75	0,87	10	5,54	0,69
22000	3	10	11,92	1,04	10	12,72	0,68	10	7,58	0,91	9	4,37	0,49
22000	5	10	12,45	0,64	10	13,12	1,05	10	8,48	0,52	7	4,70	0,12
22000	7	10	13,48	0,73	10	15,52	0,66	10	12,16	0,62	8	5,13	0,11

Tablo 14-16'ya göre; Anadolu Kestanesinde LDTK'de ve LPTK'de rutubet arttıkça pürüzlülük artmıştır. LDEK'de ve LPRK'de ise en pürüzlü yüzeyler %12 rutubette görülmüştür. En düzgün yüzeyler LPRK'de elde edilmiştir. Devirin artması, besleme hızı ve işleme miktarının azalması sonucu daha düzgün yüzeyler elde edilmiştir.

Sarıçam odun örnekleri rutubet miktarlarına (%8, %12 ve %15) ait yüzey pürüzlülüğü değerlerinin istatistik analizleri yapılarak elde edilen sonuçlar sırasıyla Tablo 17, Tablo 18 ve Tablo 19'da belirtilmiştir.



Tablo 17. Sarıçam odununda %8 rutubete ait yüzey pürüzlülük değerleri (μm)

Ağaç Türü: Sarıçam		Rutubet %8											
		a/h=8 mm											
		Kesitler											
Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk)	LDTK			LPTK			LDEK			LPRK		
		n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S
10000	3	8	7,61	0,60	10	8,68	0,25	10	9,89	0,72	10	4,59	1,15
10000	5	10	8,72	0,22	10	8,74	0,35	10	10,77	0,77	10	4,04	0,51
10000	7	9	10,14	1,04	10	8,40	0,74	10	17,44	1,11	10	5,21	0,54
14000	3	10	6,12	0,60	10	7,85	0,88	9	6,25	0,59	10	4,48	0,70
14000	5	10	6,74	0,39	10	7,70	0,21	10	5,65	0,98	9	4,85	0,50
14000	7	9	7,65	0,61	10	7,53	0,36	10	14,16	0,57	9	5,38	0,30
18000	3	10	5,28	0,36	10	7,78	0,84	6	7,53	0,12	10	3,39	0,66
18000	5	10	6,62	0,46	10	8,70	1,00	10	6,60	1,44	9	4,51	0,17
18000	7	10	7,41	0,56	9	8,16	0,70	10	12,66	1,15	10	5,17	0,41
22000	3	10	5,94	0,49	10	7,51	0,97	9	6,71	0,34	10	3,62	0,68
22000	5	9	6,24	0,46	10	7,70	0,97	8	5,86	0,37	10	4,05	0,33
22000	7	10	6,77	0,27	9	6,23	0,47	10	8,84	0,87	9	4,07	0,18
Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk)	a/h=10 mm											
		LDTK			LPTK			LDEK			LPRK		
		n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S
10000	3	8	6,41	0,14	10	7,44	0,69	10	9,30	0,83	7	4,36	0,24
10000	5	10	8,68	0,93	10	9,77	0,69	9	9,14	0,58	9	3,85	0,58
10000	7	8	10,28	0,99	10	17,35	0,91	10	16,21	1,11	10	5,76	0,33
14000	3	10	6,36	0,47	9	7,00	0,38	9	8,49	0,36	10	3,68	0,95
14000	5	10	7,09	0,58	9	8,83	0,59	8	8,19	0,62	6	5,76	0,10
14000	7	10	7,99	0,83	10	11,47	1,20	10	9,60	0,75	7	4,43	0,12
18000	3	10	5,35	0,43	9	6,10	0,15	9	6,90	0,66	10	4,45	1,21
18000	5	10	7,71	1,66	10	8,55	0,39	10	4,70	1,06	10	3,94	0,42
18000	7	10	8,04	0,71	10	9,88	0,35	10	14,53	1,73	10	5,22	1,18
22000	3	10	5,24	0,59	10	5,12	0,12	9	7,22	0,32	10	3,60	0,67
22000	5	10	5,93	0,99	10	7,16	0,44	10	5,68	0,40	10	2,95	0,37
22000	7	10	6,77	1,02	10	9,32	0,84	10	13,50	1,50	10	5,14	0,55
Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk)	a/h=12 mm											
		LDTK			LPTK			LDEK			LPRK		
		n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S
10000	3	9	7,80	0,29	9	11,12	0,65	8	12,06	0,81	10	3,87	0,44
10000	5	10	8,25	0,51	9	11,56	0,86	10	10,68	0,61	8	4,65	0,11
10000	7	10	10,52	1,29	10	15,31	1,10	10	15,41	1,52	10	5,77	0,53
14000	3	10	6,56	0,54	10	6,62	0,60	10	9,15	0,70	10	3,55	0,65
14000	5	10	7,13	0,79	10	8,09	1,02	10	8,06	1,04	10	4,72	0,53
14000	7	9	8,12	0,41	8	12,93	0,77	10	13,80	1,02	10	4,57	0,40
18000	3	10	5,46	0,49	10	6,82	0,83	8	8,34	0,32	10	3,74	1,08
18000	5	8	7,46	0,24	10	9,56	0,72	10	5,32	0,56	9	4,40	0,50
18000	7	9	8,74	0,36	10	11,83	0,69	10	14,21	1,04	8	4,05	0,42
22000	3	10	5,39	0,67	10	6,20	0,93	10	5,93	0,75	10	3,25	0,38
22000	5	10	6,46	0,58	10	8,07	0,39	10	6,46	0,58	10	3,92	0,71
22000	7	10	7,57	0,86	10	8,42	0,83	10	13,42	2,36	10	4,13	0,52

Tablo 18. Sarıçam odununda %12 rutubete ait yüzey pürüzlülük değerleri (μm)

Ağaç Türü: Sarıçam		Rutubet %12											
		a/h=8 mm											
		Kesitler											
Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk)	LDTK			LPTK			LDEK			LPRK		
		n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S
10000	3	13	7,57	1,06	12	9,21	0,61	10	10,89	0,81	12	3,73	0,90
10000	5	12	8,79	0,73	11	10,91	0,84	10	17,02	0,27	12	4,00	0,78
10000	7	11	10,48	0,66	9	12,56	0,55	11	19,95	1,90	13	4,82	0,96
14000	3	13	5,58	0,52	12	6,97	0,67	11	8,42	1,01	12	3,71	0,86
14000	5	12	7,20	0,71	10	10,70	0,46	11	11,04	1,64	11	4,94	1,20
14000	7	11	7,95	0,65	10	10,64	0,59	10	12,75	0,49	11	4,77	1,04
18000	3	11	4,68	0,56	13	5,99	0,33	10	7,74	0,78	10	4,04	0,95
18000	5	11	6,60	0,49	11	8,18	0,44	10	10,00	0,69	10	4,57	0,74
18000	7	11	6,62	0,30	10	8,94	0,59	10	12,51	0,87	11	4,55	0,79
22000	3	10	4,33	0,36	13	5,53	0,33	13	6,58	0,70	11	3,65	0,92
22000	5	8	4,95	0,24	10	7,08	0,50	10	6,63	0,29	10	4,45	0,76
22000	7	12	5,26	0,50	10	8,46	0,25	10	9,00	0,56	11	4,40	0,90
Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk)	a/h=10 mm											
		LDTK			LPTK			LDEK			LPRK		
		n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S
10000	3	12	5,46	0,46	10	6,39	0,49	11	11,86	1,05	13	3,90	0,55
10000	5	12	9,24	0,60	10	10,52	0,55	11	13,97	0,72	14	4,42	0,84
10000	7	12	10,40	0,54	11	12,60	0,52	10	17,66	1,14	13	4,84	0,92
14000	3	11	5,32	0,64	11	6,37	0,56	12	10,64	0,85	13	3,70	0,68
14000	5	11	7,22	0,47	11	7,99	0,48	10	12,16	0,34	12	4,22	0,80
14000	7	11	7,94	0,73	10	9,93	0,40	11	13,01	1,03	12	4,60	0,70
18000	3	13	5,14	0,47	10	6,10	0,65	11	9,48	0,91	12	3,45	0,73
18000	5	10	6,60	0,31	10	7,46	0,37	10	10,36	0,55	10	4,24	0,83
18000	7	10	6,76	0,35	12	8,88	0,53	9	11,28	0,48	10	4,71	0,92
22000	3	13	4,49	0,43	13	5,66	0,39	12	7,48	0,73	10	3,43	0,81
22000	5	12	5,35	0,32	10	6,18	0,18	10	8,20	0,71	11	4,98	1,07
22000	7	11	6,40	0,60	10	7,98	0,52	10	10,91	1,01	11	4,76	0,92
Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk)	a/h=12 mm											
		LDTK			LPTK			LDEK			LPRK		
		n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S
10000	3	12	8,57	0,94	16	11,52	2,49	13	13,78	1,87	13	4,46	0,76
10000	5	11	11,21	1,32	12	12,21	1,09	10	17,93	1,90	11	5,18	0,70
10000	7	10	13,60	0,68	10	13,85	0,79	11	18,07	1,39	15	5,34	1,43
14000	3	13	6,35	1,04	12	10,35	1,49	10	9,87	1,25	13	4,20	1,01
14000	5	10	9,35	0,55	10	11,71	0,91	12	11,83	1,03	12	4,68	0,86
14000	7	10	10,07	0,69	10	13,16	0,57	11	12,90	1,44	16	5,26	1,09
18000	3	10	5,73	0,45	11	8,25	0,78	11	9,13	1,07	12	3,85	1,37
18000	5	11	7,67	0,67	10	10,36	0,52	10	9,11	1,33	10	4,85	0,77
18000	7	10	8,61	0,35	10	11,55	0,51	11	12,37	0,82	11	4,89	0,72
22000	3	12	5,67	0,80	10	7,15	0,72	15	6,41	0,89	10	3,72	0,95
22000	5	11	7,11	0,44	10	8,49	0,40	11	7,44	0,79	10	4,51	0,65
22000	7	11	7,24	0,38	10	9,99	0,70	11	11,48	0,70	12	4,66	0,63

Tablo 19. Sarıçam odununda %15 rutubete ait yüzey pürüzlülük değerleri (μm)

Ağaç Türü: Sarıçam		Rutubet % 15											
		a/h=8 mm											
		Kesitler											
Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk)	LDTK			LPTK			LDEK			LPRK		
		n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S
10000	3	10	7,64	0,98	10	8,06	1,22	10	19,46	0,78	10	4,28	0,84
10000	5	10	9,55	0,87	10	9,28	0,77	10	20,98	1,57	10	4,21	0,91
10000	7	10	11,52	0,98	10	12,46	0,76	7	21,64	0,24	10	5,32	0,68
14000	3	10	7,41	0,84	10	8,07	0,81	10	13,18	0,73	10	4,57	0,67
14000	5	10	8,30	0,83	10	10,93	1,13	10	14,09	1,30	10	5,02	0,84
14000	7	9	8,45	0,44	10	10,82	1,06	10	16,29	1,28	9	5,17	0,39
18000	3	10	6,93	0,74	10	7,61	0,85	10	9,50	0,87	10	4,12	0,42
18000	5	10	6,97	0,74	10	8,87	0,76	10	13,91	0,94	8	4,37	0,24
18000	7	10	7,53	0,97	10	10,45	0,76	10	14,53	0,80	10	4,94	0,65
22000	3	10	7,01	0,82	10	7,55	0,57	10	9,13	0,69	10	3,76	0,31
22000	5	10	7,03	0,62	10	8,67	0,90	10	11,33	0,96	10	4,17	0,54
22000	7	10	7,79	0,77	10	10,24	0,61	10	13,10	0,98	9	4,94	0,44
Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk)	a/h=10 mm											
		LDTK			LPTK			LDEK			LPRK		
		n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S
10000	3	10	7,32	0,96	10	7,64	1,02	9	19,70	1,31	10	4,65	0,58
10000	5	10	9,85	1,26	10	10,11	1,38	10	21,31	1,79	10	4,66	0,69
10000	7	10	12,99	1,45	10	12,02	0,95	10	22,67	1,44	10	5,32	0,69
14000	3	10	7,38	1,16	10	7,98	0,93	10	14,88	1,05	10	4,62	0,52
14000	5	10	8,13	1,10	9	9,29	0,60	10	16,38	0,77	10	4,85	0,50
14000	7	10	9,82	0,97	9	10,25	0,53	10	18,32	1,36	10	4,80	0,52
18000	3	10	6,26	0,53	10	7,18	0,87	10	9,96	0,62	10	4,48	0,74
18000	5	10	8,03	0,81	10	9,02	0,91	10	14,58	1,55	10	4,89	0,69
18000	7	10	9,05	0,73	10	10,35	1,00	10	15,02	0,76	8	5,02	0,24
22000	3	10	6,24	0,62	10	7,09	1,10	9	10,60	0,34	10	4,48	0,79
22000	5	10	6,55	0,39	10	8,94	0,88	10	12,77	1,27	10	4,57	0,82
22000	7	10	9,73	0,60	10	10,40	0,58	10	14,70	1,13	10	4,71	0,89
Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk)	a/h=12 mm											
		LDTK			LPTK			LDEK			LPRK		
		n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S
10000	3	10	7,31	1,05	10	8,24	0,79	10	20,97	1,68	10	5,10	0,78
10000	5	10	10,01	1,43	10	9,83	1,37	10	22,75	1,55	10	5,44	0,61
10000	7	10	12,87	1,49	10	16,35	1,77	10	24,04	1,27	9	5,69	0,57
14000	3	10	7,18	1,11	9	8,27	0,79	10	15,99	1,52	10	4,79	0,50
14000	5	10	11,12	1,41	10	10,87	1,03	10	17,84	1,19	10	5,01	0,65
14000	7	10	11,50	0,75	10	11,58	1,23	10	19,26	1,32	10	5,13	0,38
18000	3	10	6,94	0,83	10	8,07	1,24	10	11,05	0,88	10	4,71	0,61
18000	5	10	8,33	0,98	10	10,04	0,89	10	16,48	0,97	9	5,18	0,53
18000	7	10	9,72	0,81	10	10,13	0,58	10	14,95	1,18	10	5,34	0,82
22000	3	9	6,65	0,50	10	7,93	1,07	10	11,20	1,55	9	4,23	0,31
22000	5	9	8,46	0,67	10	9,53	0,76	10	12,77	0,72	10	5,04	0,71
22000	7	10	9,38	0,75	10	10,03	0,79	10	15,69	1,58	10	5,59	0,86

Tablo 17-19'a göre; Sarıçam'da rutubet miktarı ve kesif derinliğinin artıfı tüm kesitlerde yüzey pürüzlülüğünü arttırmıfıtır. Genel olarak, devir artıfı ve besleme hızının azalması ile pürüzlülük değerleri de azalmıfıtır.

Doğu Ladini odun örneklere rutubet miktarlarına (%8, %12 ve %15) ait yüzey pürüzlülüğü değerlerinin istatistik analizleri yapılarak elde edilen sonuçlar sırasıyla Tablo 20, Tablo 21 ve Tablo 22'de belirtilmiifıtır.



Tablo 20. Doğu Ladini odununda %8 rutubete ait yüzey pürüzlülük değerleri (μm)

Ağaç Türü: Doğu Ladini		Rutubet %8											
		a/h=8 mm											
		Kesitler											
Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk)	LDTK			LPTK			LDEK			LPRK		
		n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S
10000	3	10	6,84	0,57	10	11,37	1,32	10	14,16	1,78	8	7,59	0,61
10000	5	10	11,52	1,21	9	14,62	0,30	10	14,07	0,28	7	5,46	0,19
10000	7	10	11,67	2,13	10	21,47	0,65	10	19,96	1,37	10	5,25	0,92
14000	3	10	6,04	0,45	10	12,89	1,48	10	8,54	1,19	10	5,48	0,70
14000	5	10	9,70	1,01	10	13,68	0,65	10	12,56	0,30	10	4,65	0,60
14000	7	10	10,72	0,88	10	15,14	2,16	10	18,88	0,69	10	5,08	0,65
18000	3	10	5,27	0,53	10	10,76	1,11	10	7,65	0,93	10	5,87	1,32
18000	5	10	7,95	0,46	10	12,54	0,74	10	8,33	1,05	10	3,58	0,65
18000	7	10	9,42	0,91	10	13,05	1,27	10	17,54	0,43	10	3,76	0,50
22000	3	10	5,15	0,42	9	10,69	0,68	7	9,09	0,14	10	5,75	0,84
22000	5	10	7,34	0,77	10	11,34	0,43	10	9,23	1,00	10	4,06	0,41
22000	7	10	8,53	1,07	10	13,43	1,69	10	16,39	0,54	10	4,86	0,71
Devir (d/dk)		a/h=10 mm											
		a/h=10 mm											
		LDTK			LPTK			LDEK			LPRK		
Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk)	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S
		10000	3	10	8,32	1,22	10	13,05	1,37	10	13,27	0,49	10
10000	5	9	10,99	0,70	9	13,91	0,34	10	13,40	0,76	10	7,15	0,68
10000	7	9	14,87	1,04	10	16,23	0,70	10	14,86	0,43	8	5,86	0,31
14000	3	10	6,73	1,55	10	11,11	1,07	10	8,84	0,84	10	5,15	0,85
14000	5	9	10,39	0,88	10	13,87	1,15	10	10,50	1,16	10	6,30	0,79
14000	7	10	12,66	2,63	10	16,45	1,37	10	14,36	0,67	10	5,42	0,79
18000	3	10	6,50	1,70	10	11,04	1,41	10	8,57	1,05	7	4,80	0,34
18000	5	10	7,10	1,10	8	12,85	0,11	10	9,93	1,44	10	5,92	0,54
18000	7	9	8,41	0,44	9	14,71	1,28	10	11,10	1,26	8	3,49	0,28
22000	3	10	5,76	1,34	10	8,00	1,20	9	5,86	0,53	10	6,64	0,49
22000	5	10	7,38	0,95	8	10,31	0,31	10	7,41	1,08	10	4,54	0,68
22000	7	10	7,86	1,33	10	14,83	0,97	10	11,82	1,14	10	5,32	1,16
Devir (d/dk)		a/h=12 mm											
		a/h=12 mm											
		LDTK			LPTK			LDEK			LPRK		
Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk)	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S
		10000	3	10	7,50	0,66	10	13,21	0,94	10	12,75	1,02	10
10000	5	10	13,72	0,83	10	14,62	0,58	10	14,38	1,53	9	6,10	0,50
10000	7	10	15,64	1,21	10	18,42	0,71	10	20,94	0,76	8	5,39	0,13
14000	3	10	7,08	0,56	8	9,65	0,26	10	11,84	1,05	7	6,11	0,22
14000	5	10	11,40	0,72	10	16,67	1,41	10	13,51	0,65	8	5,43	0,30
14000	7	10	13,01	1,25	10	17,04	0,72	9	15,09	0,72	10	5,79	0,82
18000	3	8	6,87	0,14	10	6,73	0,69	10	9,94	2,00	9	6,11	0,63
18000	5	10	10,36	0,92	10	11,74	1,15	10	9,91	0,56	9	4,89	0,30
18000	7	10	10,87	1,10	10	11,66	0,78	10	14,51	0,58	10	4,50	0,45
22000	3	10	5,66	0,55	10	9,33	1,16	10	9,27	1,34	9	4,18	0,48
22000	5	10	5,71	0,30	10	12,75	0,92	10	8,98	0,70	9	3,94	0,42
22000	7	9	7,57	0,33	10	13,60	0,96	10	10,84	1,26	10	4,32	0,39

Tablo 21. Doğu Ladini odununda %12 rutubete ait yüzey pürüzlülük değerleri (μm)

Ağaç Türü: Doğu Ladini		Rutubet % 12											
		a/h=8 mm											
		Kesitler											
Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk)	LDTK			LPTK			LDEK			LPRK		
		n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S
10000	3	14	6,95	0,95	12	8,62	0,81	10	13,67	0,93	10	8,37	1,27
10000	5	10	8,95	0,96	8	14,23	0,65	10	20,80	0,81	10	8,49	1,53
10000	7	11	10,00	1,07	10	16,94	1,08	10	23,17	0,83	10	12,77	1,67
14000	3	14	4,67	0,50	11	7,25	0,77	10	9,95	1,04	8	10,63	0,52
14000	5	12	7,55	0,58	11	9,89	0,51	10	14,67	1,01	10	8,86	1,51
14000	7	12	8,14	0,49	10	11,73	0,62	14	17,51	0,94	10	7,25	0,87
18000	3	12	4,42	0,47	10	5,97	0,41	11	8,03	1,03	10	4,24	0,44
18000	5	11	6,32	0,59	11	8,54	0,70	10	10,59	0,82	9	6,46	0,38
18000	7	10	7,58	0,71	11	9,32	0,66	11	15,77	0,50	11	6,59	1,04
22000	3	10	4,34	0,32	9	8,38	0,43	8	6,97	0,13	10	3,71	0,44
22000	5	11	6,03	0,68	9	8,56	0,22	10	12,17	0,31	10	6,12	1,08
22000	7	10	7,14	0,43	10	8,59	0,37	11	17,70	0,46	12	6,07	1,01
Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk)	a/h=10 mm											
		LDTK			LPTK			LDEK			LPRK		
		n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S
10000	3	10	7,31	0,96	12	9,37	1,07	8	11,80	0,15	10	7,48	0,64
10000	5	9	9,22	0,42	12	11,96	0,64	10	19,77	0,63	9	6,58	0,49
10000	7	13	14,44	1,49	10	18,54	0,57	11	23,45	0,75	10	14,78	0,42
14000	3	14	5,90	1,06	10	8,00	1,00	10	9,37	1,00	10	10,47	0,75
14000	5	10	7,92	0,62	10	10,55	0,80	10	14,50	0,50	9	11,43	0,53
14000	7	10	9,15	0,56	9	13,52	0,44	10	18,80	0,56	8	12,97	0,17
18000	3	13	5,49	0,76	11	7,07	1,12	10	9,04	0,82	10	3,98	0,49
18000	5	10	6,22	0,51	10	8,46	0,52	11	13,38	0,54	8	6,65	0,54
18000	7	11	7,78	0,51	11	12,68	0,61	10	16,51	0,73	10	7,91	0,80
22000	3	12	4,57	0,81	11	7,64	0,92	10	7,80	0,96	10	3,97	0,95
22000	5	10	6,21	0,64	11	7,57	0,82	10	13,10	0,81	10	7,26	0,96
22000	7	9	6,47	0,27	10	9,57	0,65	8	14,63	0,29	10	7,24	1,09
Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk)	a/h=12 mm											
		LDTK			LPTK			LDEK			LPRK		
		n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S
10000	3	8	6,59	0,38	10	8,43	0,87	10	14,68	0,56	10	7,42	1,70
10000	5	12	9,59	1,12	10	11,56	1,26	10	16,56	0,60	11	7,50	1,57
10000	7	10	12,73	1,28	10	14,41	0,77	10	19,72	1,50	10	8,62	1,25
14000	3	11	5,60	0,41	9	7,82	0,62	10	7,93	0,50	10	8,37	0,35
14000	5	10	7,12	0,77	12	10,69	1,04	9	10,99	0,15	10	7,57	1,24
14000	7	13	10,32	0,77	9	13,28	0,93	10	12,55	0,54	10	7,48	1,03
18000	3	12	4,91	0,50	10	6,59	0,63	12	9,88	1,06	9	3,98	0,63
18000	5	11	6,33	0,66	10	8,54	0,64	10	12,49	0,65	10	7,18	0,59
18000	7	10	8,29	0,85	10	10,41	0,78	10	14,06	0,69	9	6,75	1,38
22000	3	11	4,90	0,37	10	6,37	0,42	10	8,80	0,82	7	4,90	0,16
22000	5	11	6,10	0,79	11	7,53	0,49	7	12,98	0,26	8	6,54	0,53
22000	7	9	7,36	0,30	10	9,04	0,27	10	15,79	0,33	11	5,76	0,62

Tablo 22. Doğu Ladini odununda %15 rutubete ait yüzey pürüzlülük değerleri (μm)

Ağaç Türü: Doğu Ladini		Rutubet %15											
		a/h=8 mm											
		Kesitler											
Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk)	LDTK			LPTK			LDEK			LPRK		
		n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S
10000	3	10	7,94	0,80	10	11,89	1,37	10	12,46	1,73	10	8,10	0,82
10000	5	9	10,51	0,51	10	15,97	1,32	10	15,66	1,30	10	9,19	1,40
10000	7	10	12,18	1,25	10	17,00	0,91	10	20,01	0,99	8	9,62	0,79
14000	3	10	6,28	0,46	9	12,21	0,55	10	11,88	1,48	10	7,47	1,07
14000	5	9	6,99	0,66	10	13,81	0,82	10	14,39	0,67	10	7,60	0,97
14000	7	10	10,89	0,74	10	15,52	1,06	10	16,36	0,93	10	8,19	1,38
18000	3	10	6,31	0,57	10	10,87	1,02	10	11,49	0,85	10	6,47	0,46
18000	5	9	7,33	0,38	9	13,02	0,49	10	13,92	0,96	10	7,56	0,76
18000	7	7	9,51	0,19	10	14,39	0,77	10	14,81	0,89	10	8,03	0,98
22000	3	10	4,37	0,37	9	9,40	0,58	10	10,88	0,59	10	6,99	0,63
22000	5	10	6,50	0,81	10	10,18	0,73	10	13,23	1,45	10	7,13	1,12
22000	7	10	7,36	0,62	10	12,12	0,84	10	13,64	0,80	10	7,14	0,89
Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk)	a/h=10 mm											
		LDTK			LPTK			LDEK			LPRK		
		n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S
10000	3	10	9,03	0,75	10	12,82	1,18	10	14,36	0,84	10	8,30	0,85
10000	5	10	9,74	1,41	10	15,51	1,28	10	18,14	1,89	10	8,50	1,32
10000	7	10	14,90	1,02	10	17,71	1,35	10	21,10	1,81	9	10,01	0,77
14000	3	9	7,18	0,40	10	11,04	1,10	10	12,80	1,30	10	7,60	1,05
14000	5	10	9,01	0,77	10	14,11	1,09	10	14,96	1,46	10	8,77	1,31
14000	7	10	10,48	0,76	10	14,72	0,97	8	17,19	0,71	10	8,80	0,80
18000	3	10	6,69	0,70	10	10,81	0,48	10	12,12	0,93	10	6,81	1,24
18000	5	10	7,09	0,53	10	12,47	0,86	10	13,90	0,89	7	9,21	0,20
18000	7	10	8,81	0,95	10	13,37	0,77	10	15,97	1,14	10	9,47	1,05
22000	3	10	5,12	0,32	10	9,31	0,83	10	11,11	1,12	10	7,10	1,28
22000	5	9	6,53	0,57	10	10,57	0,96	10	13,98	1,01	10	7,49	1,01
22000	7	10	7,65	0,76	8	13,13	0,44	10	16,39	0,97	10	7,29	1,10
Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk)	a/h=12 mm											
		LDTK			LPTK			LDEK			LPRK		
		n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S	n	\bar{x}	S
10000	3	10	8,26	1,00	9	12,45	0,62	10	15,56	0,73	10	8,18	1,48
10000	5	9	14,78	0,83	10	15,90	1,57	10	19,39	1,53	10	8,54	0,86
10000	7	10	15,25	1,22	10	19,87	1,15	10	20,12	1,14	10	9,04	1,03
14000	3	10	7,03	0,42	10	10,50	1,01	10	13,25	0,41	10	8,23	0,84
14000	5	10	10,51	1,18	10	14,61	0,72	10	15,07	0,68	10	8,94	1,08
14000	7	10	10,93	1,06	10	15,84	1,15	10	16,46	0,78	8	10,34	0,33
18000	3	10	6,95	0,97	8	10,03	0,53	10	11,80	0,74	10	7,46	1,27
18000	5	10	10,56	0,71	9	13,31	0,44	10	14,07	0,86	10	8,70	0,85
18000	7	10	10,87	0,91	10	13,72	1,24	10	16,24	0,71	10	9,74	0,75
22000	3	10	5,15	0,39	10	7,52	0,65	10	11,35	1,06	10	7,13	1,07
22000	5	10	5,96	0,23	10	13,03	0,81	10	13,69	0,73	10	7,57	0,80
22000	7	10	7,20	0,36	10	13,77	1,02	10	15,93	1,25	10	7,35	0,62

Tablo 20-22'ye göre; Ladin'de LDEK'de ve LPRK'de rutubet arttıkça pürüzlülük artmıştır. LDTK'de ve LPTK'de ise en düzgün yüzeyler %12 rutubette elde edilmiştir. Genel olarak devir artışı ve besleme hızının azalması ile tüm yüzeylerde pürüzlülük azalmıştır. Kesiş derinliği arttıkça; LDTK ve LPRK'lerde pürüzlülük artmış, LPTK ve LDEK'lerde ise çok az miktarlarda azalan değerler elde edilmiştir.

Yüzey pürüzlülük değerlerinin çoklu varyans analizi yapılarak, sonuçlar Tablo 23'te belirtilmiştir.

Tablo 23. Pürüzlülük değerlerine ait çoklu varyans analizi sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (df)	Kareler Ortalaması	F _{hesap}	Önem Düzeyi
KST	90662,882	3	30220,961	30878,963	,000
D	18353,401	3	6117,800	6251,003	,000
BH	23053,860	2	11526,930	11777,906	,000
KD	925,504	2	462,752	472,828	,000
AT	11904,526	3	3968,175	4054,574	,000
RTB	4820,080	2	2410,040	2462,514	,000
KST * KD	2993,720	9	332,636	339,878	,000
KST * BH	4098,772	6	683,129	698,002	,000
KST * KD	489,202	6	81,534	83,309	,000
KST * AT	25420,619	9	2824,513	2886,011	,000
KST * RTB	1671,448	6	278,575	284,640	,000
D * BH	608,166	6	101,361	103,568	,000
D * KD	66,660	6	11,110	11,352	,000
D * AT	2231,706	9	247,967	253,366	,000
D * RTB	788,506	6	131,418	134,279	,000
BH * KD	30,285	4	7,571	7,736	,000
BH * AT	1284,252	6	214,042	218,702	,000
BH * RTB	478,511	4	119,628	122,233	,000
KD * AT	486,604	6	81,101	82,867	,000
KD * RTB	270,750	4	67,688	69,161	,000
AT * RTB	2336,812	6	389,469	397,949	,000
KST * D * BH	366,280	18	20,349	20,792	,000
KST * D * KD	234,421	18	13,023	13,307	,000
KST * D * AT	2333,355	27	86,421	88,302	,000
KST * D * RTB	344,995	18	19,166	19,584	,000
KST * BH * KD	270,208	12	22,517	23,008	,000
KST * BH * AT	1101,201	18	61,178	62,510	,000
KST * BH * RTB	910,829	12	75,902	77,555	,000
KST * KD * AT	457,333	18	25,407	25,961	,000
KST * KD * RTB	313,631	12	26,136	26,705	,000
KST * AT * RTB	8638,949	18	479,942	490,391	,000
D * BH * KD	46,676	12	3,890	3,974	,000
D * BH * AT	680,696	18	37,816	38,640	,000
D * BH * RTB	102,021	12	8,502	8,687	,000
D * KD * AT	166,949	18	9,275	9,477	,000
D * KD * RTB	106,552	12	8,879	9,073	,000
D * AT * RTB	708,240	18	39,347	40,203	,000
BH * KD * AT	198,946	12	16,579	16,940	,000

Tablo 23'ün devamı

BH * KD * RTB	71,872	8	8,984	9,180	,000
BH * AT * RTB	672,638	12	56,053	57,274	,000
KD * AT * RTB	816,468	12	68,039	69,520	,000
KST * D * BH * KD	187,102	36	5,197	5,310	,000
KST * D * BH * AT	906,421	54	16,786	17,151	,000
KST * D * BH * RTB	436,332	36	12,120	12,384	,000
KST * D * KD * AT	612,079	54	11,335	11,582	,000
KST * D * KD * RTB	220,432	36	6,123	6,256	,000
KST * D * AT * RTB	2236,172	54	41,411	42,312	,000
KST * BH * KD * AT	656,261	36	18,229	18,626	,000
KST * BH * KD * RTB	308,773	24	12,866	13,146	,000
KST * BH * AT * RTB	1176,049	36	32,668	33,379	,000
KST * KD * AT * RTB	1099,188	36	30,533	31,198	,000
D * BH * KD * AT	209,945	36	5,832	5,959	,000
D * BH * KD * RTB	112,522	24	4,688	4,791	,000
D * BH * AT * RTB	726,292	36	20,175	20,614	,000
D * KD * AT * RTB	365,556	36	10,154	10,375	,000
BH * KD * AT * RTB	350,790	24	14,616	14,934	,000
KST * D * BH * KD * AT	771,508	108	7,144	7,299	,000
KST * D * BH * KD * RTB	327,909	72	4,554	4,653	,000
KST * D * BH * AT * RTB	1317,840	108	12,202	12,468	,000
KST * D * KD * AT * RTB	919,471	108	8,514	8,699	,000
KST * BH * KD * AT * RTB	433,216	72	6,017	6,148	,000
D * BH * KD * AT * RTB	495,346	72	6,880	7,030	,000
KST * D * BH * KD * AT * RTB	1180,258	216	5,464	5,583	,000
Hata	15340,980	15675	,979		
Toplam	1719286,101	17403			

KST: Kesitler, D: Devir, BH: Besleme Hızı, KD=Kesiş derinliği, AT: Ağaç Türü, RTB: Rutubet Miktarı

Tablo 23'e göre; ana etkenler ile bunların tüm etkileşimlerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi %0,01 önem düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Bu amaçla; ana etkenler ile kesitlerin ağaç türleri, rutubet miktarları, devirler, besleme hızları, kesiş derinlikleri, besleme hızı-devir, ağaç türü-rutubet miktarı, kesiş derinliği-ağaç türü, kesiş derinliği-devir, kesiş derinliği-besleme hızı, kesiş derinliği-rutubet miktarı, rutubet miktarı-devir ve rutubet miktarı-besleme hızı etkileşimlerinin yüzey pürüzlülüğüne etkileri incelenmiştir.

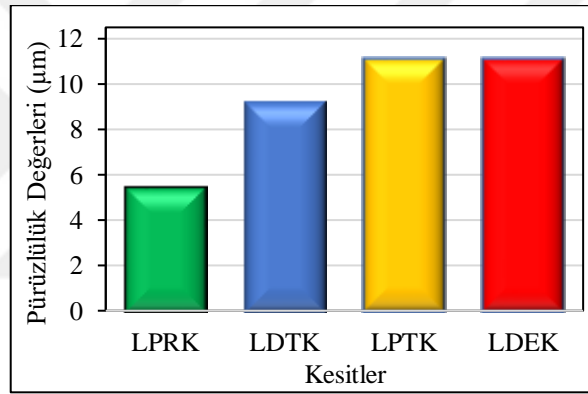
3.3.1. Yüzey Pürüzlülüğüne Kesitlerin Etkisi

Kesitler arasında yüzey pürüzlülüğü değerlerinin oluşturacağı homojenlik gruplarının belirlenmesinde Duncan testi uygulanarak, sonuçlar Tablo 24 ve Şekil 73'te belirtilmiştir.

Tablo 24. Kesitlere ait pürüzlülük değerleri (μm) ve homojenlik grupları

Kesitler	n	\bar{x}	S	Min. Değer	Mak. Değer	HG
LPRK	4364	5.45	1.863	2.00	15.56	A
LDTK	4403	9.21	2.599	3.42	17.91	B
LPTK	4306	11.09	2.888	4.10	22.52	C
LDEK	4330	11.10	4.054	2.93	25.89	C

Tablo 24'e göre; LPRK ve LDTK ile LPTK ve LDEK arasında %0,01 önem düzeyinde farklılık bulunmakla birlikte, LPTK ve LDEK arasında ise aynı önem düzeyi ile bir fark bulunmamaktadır. Kesitler arasında pürüzlülük değerlerinin 3 homojenlik grubunda toplandığı görülmektedir.



Şekil 73. Kesitlere ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği

Şekil 73'te; pürüzlülük değerleri LPRK'de en düşük, LDTK'de orta, LPTK ve LDEK'de yaklaşık eşit olmak üzere en yüksek çıkmıştır.

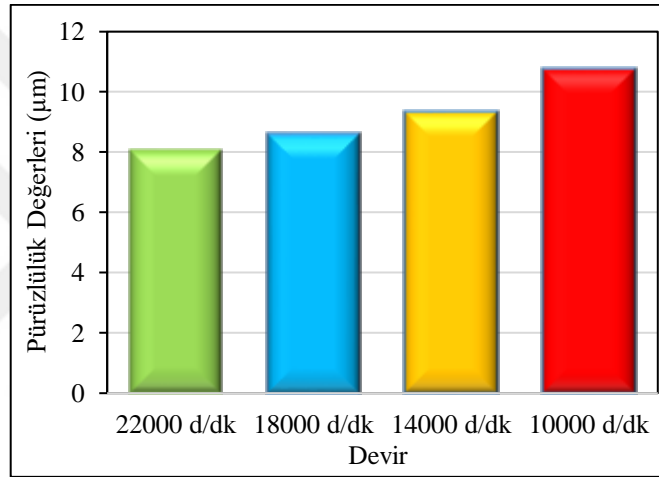
3.3.2. Yüzey Pürüzlülüğüne Devirin Etkisi

Devirler arasında yüzey pürüzlülüğü değerlerinin oluşturacağı homojenlik gruplarının belirlenmesinde Duncan testi uygulanarak, sonuçlar Tablo 25 ve Şekil 74'te belirtilmiştir.

Tablo 25. Devirlere ait pürüzlülük değerleri (μm) ve homojenlik grupları

Devir (d/dk)	n	\bar{x}	S	Min. Değer	Mak. Değer	HG
10000	4403	10.76	4.413	2.00	25.89	A
14000	4363	9.34	3.534	2.24	21.19	B
18000	4322	8.61	3.204	2.03	18.68	C
22000	4315	8.09	3.123	2.01	19.97	D

Tablo 25'e göre; devirler arasında %0,01 önem düzeyinde farklılık bulunmakla birlikte, yüzey pürüzlülük ortalamaları 4 farklı HG'de yer almıştır.



Şekil 74. Devirlere ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği

Şekil 74'e göre; devirler arasında az miktar farklılıklar olup, devir arttıkça yüzey pürüzlülüğü artmıştır.

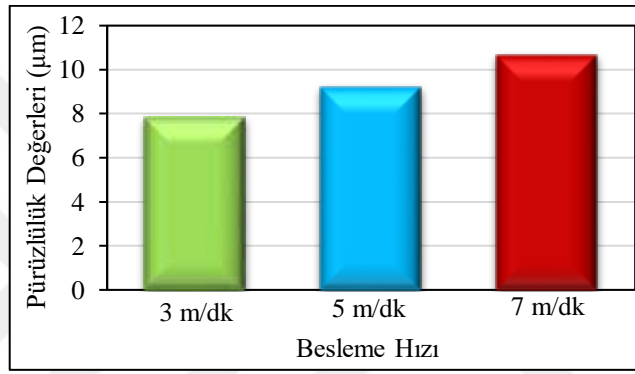
3.3.3. Yüzey Pürüzlülüğüne Besleme Hızının Etkisi

Besleme hızları arasında yüzey pürüzlülüğü değerlerinin oluşturacağı homojenlik gruplarının belirlenmesinde Duncan testi uygulanarak, sonuçlar Tablo 26 ve Şekil 75'te belirtilmiştir.

Tablo 26. Besleme hızlarına ait pürüzlülük değerleri (μm) ve homojenlik grupları

Besleme Hızı (m/dk.)	n	\bar{x}	S	Min. Değer	Mak. Değer	HG
3	5846	7.81	2.998	2.00	23.61	A
5	5769	9.18	3.444	2.03	24.82	B
7	5788	10.64	4.157	2.25	25.89	C

Tablo 2'ye göre; besleme hızları arasında %0,01 önem düzeyinde farklılık bulunmakla birlikte, yüzey pürüzlülüğü değerleri 3 HG'de toplanmıştır.



Şekil 75. Besleme hızlarına ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği

Şekil 75'te; besleme hızı arttıkça, yüzey pürüzlülük değerlerinin de arttığı görülmektedir.

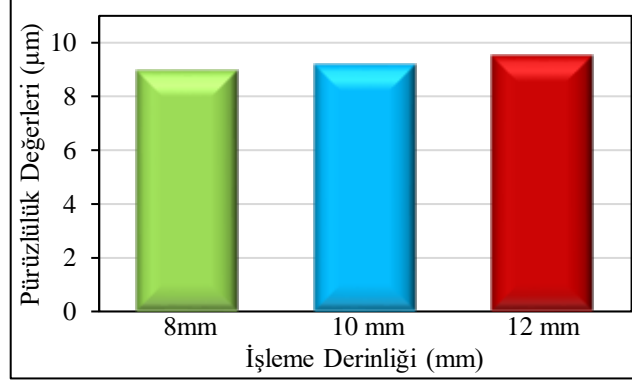
3.3.4. Yüzey Pürüzlülüğüne Kesiş Derinliğinin Etkisi

Kesiş derinlikleri arasında yüzey pürüzlülüğü değerlerinin oluşturacağı homojenlik gruplarının belirlenmesinde Duncan testi uygulanarak, sonuçlar Tablo 27 ve Şekil 76'da belirtilmiştir.

Tablo 27. Kesiş derinliklerine (a/h) ait pürüzlülük değerleri (μm) ve homojenlik grupları

a/h (mm)	n	\bar{x}	S	Min.	Max.	HG
8	5823	8.94	3.726	2.00	24.85	A
10	5792	9.18	3.672	2.03	24.86	B
12	5788	9.50	3.820	2.01	25.89	C

Tablo 27’de; kesiş derinlikleri arasında %0.01 önem düzeyinde farklılık olduğu ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin 3 HG’de toplandığı görülmektedir.



Şekil 76. Kesiş derinliklerine ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği

Şekil 76’ya göre; pürüzlülük değerleri arasında az miktarda farklılıklar olup, kesiş derinliği arttıkça yüzey pürüzlülüğü artmıştır.

3.3.5. Yüzey Pürüzlülüğüne Ağaç Türlerinin Etkisi

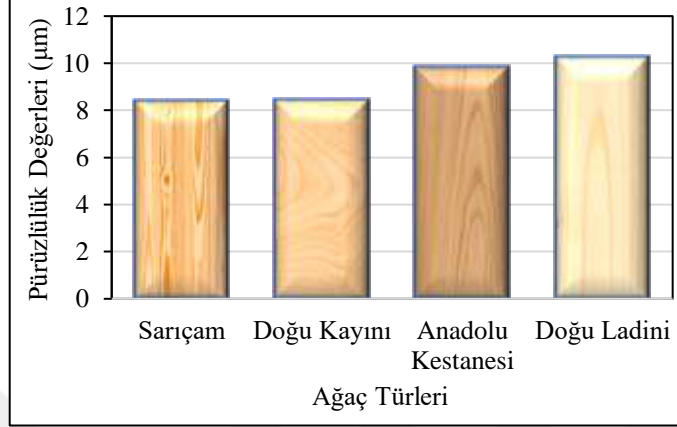
Ağaç türleri arasında yüzey pürüzlülüğü değerlerinin oluşturacağı homojenlik gruplarının belirlenmesinde Duncan testi uygulanarak, sonuçlar Tablo 28 ve Şekil 77’de belirtilmiştir.

Tablo 28. Ağaç türlerine ait pürüzlülük değerleri (µm) ve homojenlik grupları

Ağaç Türleri	n	\bar{x}	S	Min. Değer	Mak. Değer	HG
Sarıçam	4402	8.38	3.959	2.00	25.89	A
Doğu Kayını	4473	8.41	2.906	2.24	18.84	A
Anadolu Kestanesi	4246	9.84	3.518	2.03	24.85	B
Doğu Ladini	4282	10.26	4.121	2.55	24.61	C

Tablo 28’e göre ağaç türleri arasında %0.01 önem düzeyinde farklılıklar bulunmaktadır. Buna göre; aynı önem düzeyinde Anadolu Kestanesi ve Doğu Ladini arasında farklılık bulunmakla birlikte Sarıçam ve Doğu Kayını arasında bir fark

bulunamamıştır. Ağaç türleri arasında pürüzlülük değerlerinin 3 HG'de toplandığı görülmüştür.



Şekil 77. Ağaç türlerine ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği

Şekil 77'ye göre; Doğu Ladini'nde Sarıçam'a göre ve Anadolu Kestanesi'nde Doğu Kayını'na göre daha pürüzlü yüzeyler elde edildiği görülmektedir.

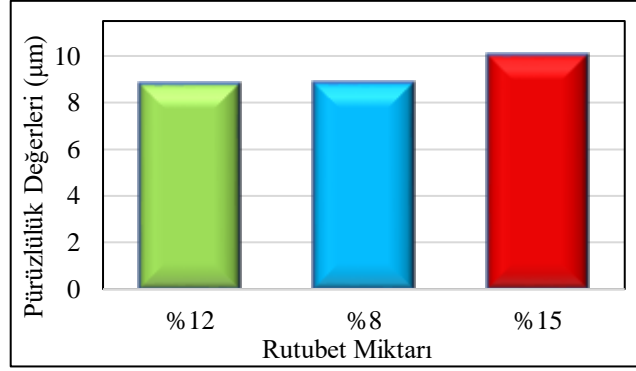
3.3.6. Yüzey Pürüzlülüğüne Rutubet Miktarının Etkisi

Rutubet miktarları arasında yüzey pürüzlülüğü değerlerinin oluşturacağı homojenlik gruplarının belirlenmesinde Duncan testi uygulanarak, sonuçlar Tablo 29 ve Şekil 78'de belirtilmiştir.

Tablo 29. Rutubet miktarlarına ait pürüzlülük değerleri (µm) ve homojenlik grupları

Rutubet Miktarları (%)	n	\bar{x}	S	Min. Değer	Mak. Değer	HG
12	5942	8.79	3.554	2.00	24.61	A
8	5805	8.86	3.656	2.03	24.85	B
15	5656	10.01	3.906	3.00	25.89	C

Tablo 29'a göre rutubet miktarları arasında %0,01 önem düzeyinde farklılıklar bulunmakla birlikte, yüzey pürüzlülük değerleri 3 HG'de toplanmıştır.



Şekil 78. Rutubet miktarlarına ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği

Şekil 78'ye göre; en düşük pürüzlülük değerleri sırasıyla %12, %8 ve %15 rutubet miktarlarında elde edilmiştir.

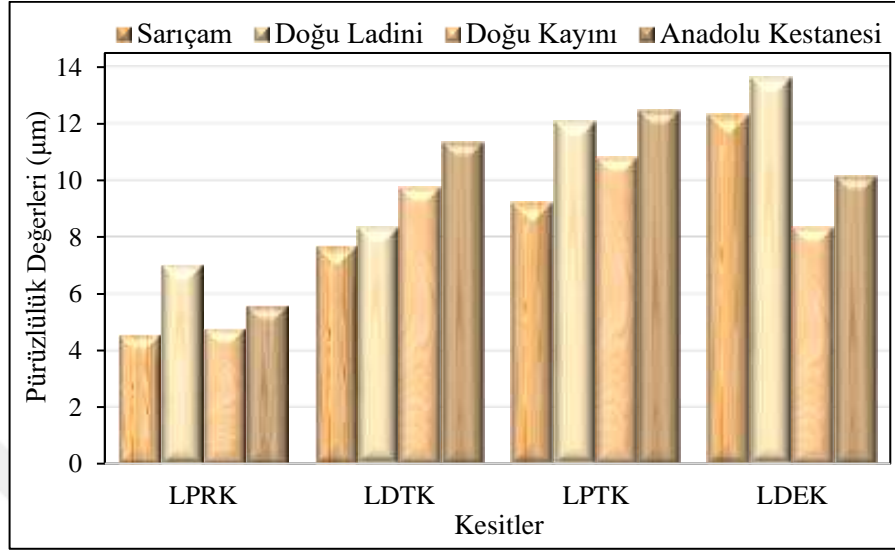
3.3.7. Yüzey Pürüzlülüğüne Kesitler- Ağaç Türlerinin Etkisi

Kesitler-ağaç türleri etkileşiminde yüzey pürüzlülüğü değerlerinin oluşturacağı homojenlik gruplarının belirlenmesinde Duncan testi uygulanarak, sonuçlar Tablo 30 ve Şekil 79'da belirtilmiştir.

Tablo 30. Kesitler-ağaç türü etkileşimine ait pürüzlülük değerleri (µm) ve homojenlik grupları

LPRK															
Ağaç Türleri															
Sarıçam				Doğu Kayını				Anadolu Kestanesi				Doğu Ladini			
n	(\bar{x})	S	HG	n	(\bar{x})	S	HG	n	(\bar{x})	S	HG	n	(\bar{x})	S	HG
1110	4,53	0,96	A	1138	4,78	1,255	B	1077	5,57	1,709	C	1039	7,02	2,232	D
LDTK															
Ağaç Türleri															
Sarıçam				Doğu Ladini				Doğu Kayını				Anadolu Kestanesi			
n	(\bar{x})	S	HG	n	(\bar{x})	S	HG	n	(\bar{x})	S	HG	n	(\bar{x})	S	HG
1114	7,68	2,03	A	1100	8,31	2,817	B	1128	9,74	1,738	C	1061	11,31	2,016	D
LPTK															
Ağaç Türleri															
Sarıçam				Doğu Kayını				Doğu Ladini				Anadolu Kestanesi			
n	(\bar{x})	S	HG	n	(\bar{x})	S	HG	n	(\bar{x})	S	HG	n	(\bar{x})	S	HG
1095	9,2	2,39	A	1092	10,79	1,865	B	1070	12,06	3,314	C	1049	12,45	2,608	D
LDEK															
Ağaç Türleri															
Doğu Kayını				Anadolu Kestanesi				Sarıçam				Doğu Ladini			
n	(\bar{x})	S	HG	n	(\bar{x})	S	HG	n	(\bar{x})	S	HG	n	(\bar{x})	S	HG
1115	8,31	2,28	A	1059	10,12	2,91	B	1083	12,31	4,566	C	1073	13,63	3,849	D

Tablo 30'a göre; kesitler-ağaç türleri etkileşiminde %0,01 önem düzeyinde farklılıklar bulunmakla birlikte, tüm kesitlerdeki pürüzlülük değerleri 4 HG'de toplanmıştır.



Şekil 79. Kesitler-ağaç türü etkileşimine ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği

Şekil 79'a göre; genel olarak, en düşük ve en yüksek pürüzlülük değerleri sırasıyla LPRK ve LDEK'de elde edilmiştir. LDTK ve LPTK'de pürüzlülük değerleri Sarıçam'da en düşük, Doğu Ladini ve Doğu Kayını'nda orta ve Anadolu Kestanesi'nde en yüksek çıkmıştır. LDEK ve LPRK'de ise sırasıyla Doğu Kayını ve Sarıçam'da en düşük, Anadolu Kestanesi'nde orta ve Doğu Ladini'nde en yüksek pürüzlülük değerleri elde edilmiştir.

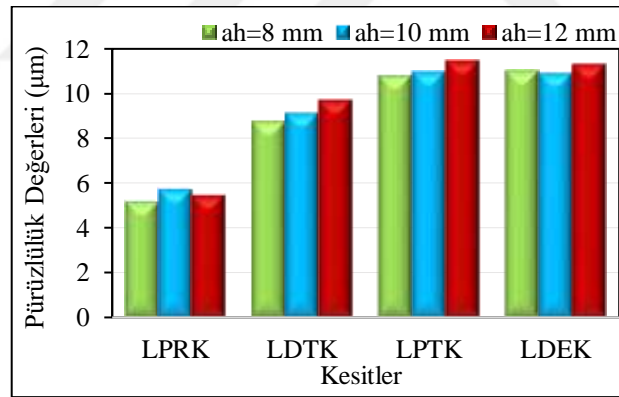
3.3.8. Yüzey Pürüzlülüğüne Kesitler-Kesiş Derinliklerinin Etkisi

Kesitler- kesiş derinlikleri etkileşiminde yüzey pürüzlülüğü değerlerinin oluşturacağı homojenlik gruplarının belirlenmesinde Duncan testi uygulanarak, sonuçlar Tablo 31 ve Şekil 80'de belirtilmiştir.

Tablo 31. Kesitler- kesiş derinliği etkileşimine ait pürüzlülük değerleri (μm) ve homojenlik grupları

Kesitler	(a/h) (mm)	n	\bar{x}	S	Min. Değer	Mak. Değer	HG
LPRK	8	1458	5.17	1.75	2.00	15.32	A
	10	1458	5.72	2.08	2.03	15.56	B
	12	1448	5.47	1.69	2.01	11.06	C
LDTK	8	1481	8.78	2.37	3.58	16.23	A
	10	1471	9.14	2.64	3.42	16.97	B
	12	1451	9.73	2.69	4.01	17.91	C
LPTK	8	1444	10.82	2.81	4.10	22.52	A
	10	1435	10.98	2.98	4.43	20.15	A
	12	1427	11.5	2.83	5.02	21.21	B
LDEK	8	1440	11.04	4.12	2.93	24.85	A
	10	1428	10.92	3.96	3.39	24.86	A
	12	1462	11.33	4.08	4.14	25.89	B

Tablo 31’de; kesitler-kesiş derinlikleri etkileşiminde %0,01 önem düzeyinde farklılıklar bulunmuştur. Bunlara göre; aynı önem düzeyinde LDTK ve LPRK’de kesiş derinlikleri arasında farklılık olup, LDTK ve LPRK’de 8 mm ve 10 mm kesiş derinlikleri arasında fark bulunamamıştır. Pürüzlülük değerleri 3 HG’de toplanmıştır.



Şekil 80. Kesitler- kesiş derinliği etkileşimine ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği

Şekil 80’e göre; LPRK’de düşük, LDTK’de orta, LPTK ve LDEK’de ise yaklaşık eşit olmak üzere yüksek pürüzlülük değerleri elde edilmiştir. LDTK ve LPTK’de kesiş derinliği arttıkça, pürüzlülük artmıştır. En düşük pürüzlülükdeğerleri ise LDEK ve LPRK’de sırasıyla 10 mm, 8mm ve 12 mm ile 8 mm, 12mm ve 10 mm kesiş derinliklerinde elde edilmiştir.

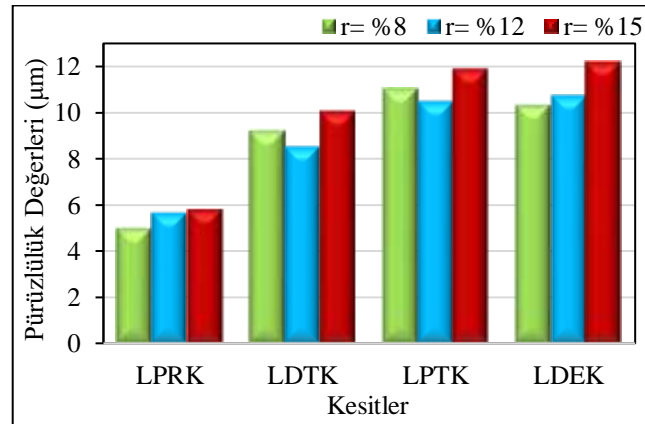
3.3.9. Yüzey Pürüzlülüğüne Kesitler- Rutubet Miktarlarının Etkisi

Kesitler-rutubet miktarı etkileşimine ait yüzey pürüzlülüğü değerlerinin istatistik analizleri yapılarak, sonuçlar Tablo 32 ve Şekil 81’de belirtilmiştir.

Tablo 32. Kesitler- rutubet miktarı etkileşimine ait pürüzlülük değerleri (μm)

Kesitler	Rutubet Miktarı (%)	n	\bar{x}	S	Min. Değer	Mak. Değer
LPRK	8	1480	4.97	1.514	2.03	9.98
	12	1488	5.64	2.142	2.00	15.56
	15	1396	5.81	1.777	3.00	11.78
LDTK	8	1461	9.21	2.442	3.45	17.91
	12	1525	8.52	2.453	3.42	16.82
	15	1417	10.05	2.647	3.97	17.58
LPTK	8	1425	11.02	3.164	4.1	22.52
	12	1462	10.47	2.707	5.06	19.89
	15	1419	11.89	2.564	4.91	21.12
LDEK	8	1439	10.32	3.641	2.93	24.85
	12	1467	10.74	3.980	3.49	24.61
	15	1424	12.21	4.295	4.42	25.89

Yapılan istatistikler sonucunda; kesitler-rutubet miktarları etkileşiminin %0,01 önem düzeyinde yüzey pürüzlülüğünü etkilediği belirlenmiştir.



Şekil 81. Kesitler- rutubet miktarı etkileşimine ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği

Şekil 81’de; en pürüzlü yüzeylerin %15 rutubette, en düzgün yüzeylerin ise LDTK ve LPTK’de %12, LDEK ve LPRK’de ise %8 rutubet miktarlarında elde edildiği görülmüştür.

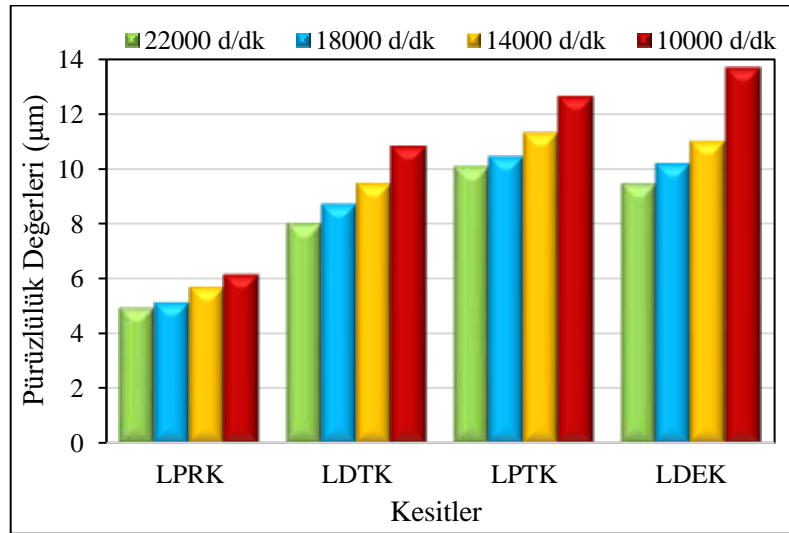
3.3.10. Yüzey Pürüzlülüğüne Kesitler-Devirlerin Etkisi

Kesitler-devir etkileşimine ait yüzey pürüzlülüğü değerlerinin istatistik analizleri yapılarak, sonuçlar Tablo 33 ve Şekil 82’de belirtilmiştir.

Tablo 33. Kesitler-devir etkileşimine ait pürüzlülük değerleri (μm)

Kesitler	Devir (d/dk)	n	\bar{x}	S	Min. Değer	Mak. Değer
LPRK	10000	1128	6.15	2.066	2.00	15.56
	14000	1080	5.69	1.991	2.24	13.26
	18000	1070	5.12	1.660	2.03	11.78
	22000	1086	4.93	1.415	2.01	9.52
LDTK	10000	1091	10.85	2.537	4.55	17.91
	14000	1122	9.46	2.407	3.66	16.97
	18000	1101	8.71	2.263	3.58	16.10
	22000	1089	8.01	2.310	3.42	14.73
LPTK	10000	1092	12.67	3.111	5.17	22.52
	14000	1080	11.31	2.718	4.10	19.90
	18000	1070	10.45	2.359	5.06	18.68
	22000	1064	10.07	2.592	4.91	19.97
LDEK	10000	1092	13.72	4.887	4.58	25.89
	14000	1081	11.01	3.550	3.68	21.19
	18000	1081	10.18	3.104	2.93	18.15
	22000	1076	9.45	3.081	3.82	18.71

Yapılan istatistikler sonucunda; kesitler-devir etkileşiminin %0,01 önem düzeyinde yüzey pürüzlülüğünü etkilediği belirlenmiştir.



Şekil 82. Kesitler-devir etkileşimine ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği

Şekil 82’de; tüm kesitlerde devir azaldıkça, yüzey pürüzlülüğünün arttığı ve en düzgün yüzeylerin LPRK’de, en pürüzlü yüzeylerin ise 10000 d/dk’da LDEK ve LPTK’de çıktığı görülmüştür.

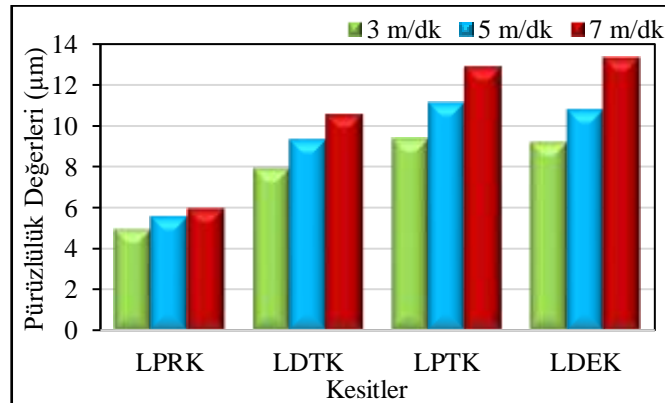
3.3.11. Yüzey Pürüzlülüğüne Kesitler-Besleme Hızlarının Etkisi

Kesitler-besleme hızı etkileşimine ait yüzey pürüzlülüğü değerlerinin istatistik analizleri yapılarak, sonuçlar Tablo 34 ve Şekil 83’te belirtilmiştir.

Tablo 34. Kesitler-Besleme Hızı Etkileşimine ait pürüzlülük değerleri (μm)

Kesitler	Besleme Hızı (m/dk.)	n	\bar{x}	S	Min. Değer	Mak. Değer
LPRK	3	1461	4.92	1.726	2.00	11.66
	5	1435	5.55	1.767	2.03	12.43
	7	1468	5.95	1.938	2.25	15.56
LDTK	3	1487	7.9	2.338	3.42	14.51
	5	1468	9.31	2.248	4.58	16.30
	7	1448	10.57	2.457	4.05	17.91
LPTK	3	1452	9.37	2.352	4.10	15.98
	5	1430	11.12	2.318	4.43	19.58
	7	1424	12.88	2.814	5.14	22.52
LDEK	3	1446	9.18	3.049	2.93	23.61
	5	1436	10.77	3.806	3.39	24.82
	7	1448	13.32	4.108	3.49	25.89

Yapılan istatistikler sonucunda; kesitler- besleme hızı etkileşiminin %0,01 önem düzeyinde yüzey pürüzlülüğünü etkilediği belirlenmiştir.



Şekil 83. Kesitler-besleme hızı etkileşimine ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği

Şekil 83'e göre; tüm kesitlerde besleme hızı arttıkça, yüzey pürüzlülüğü artmıştır. En düzgün yüzeylerin LPRK'de, en pürüzlü yüzeylerin ise 7 m/dk'da LPTK ve LDEK'de çıktığı görülmüştür.

3.3.12. Yüzey Pürüzlülüğüne Kesitler- Devir- Besleme Hızlarının Etkisi

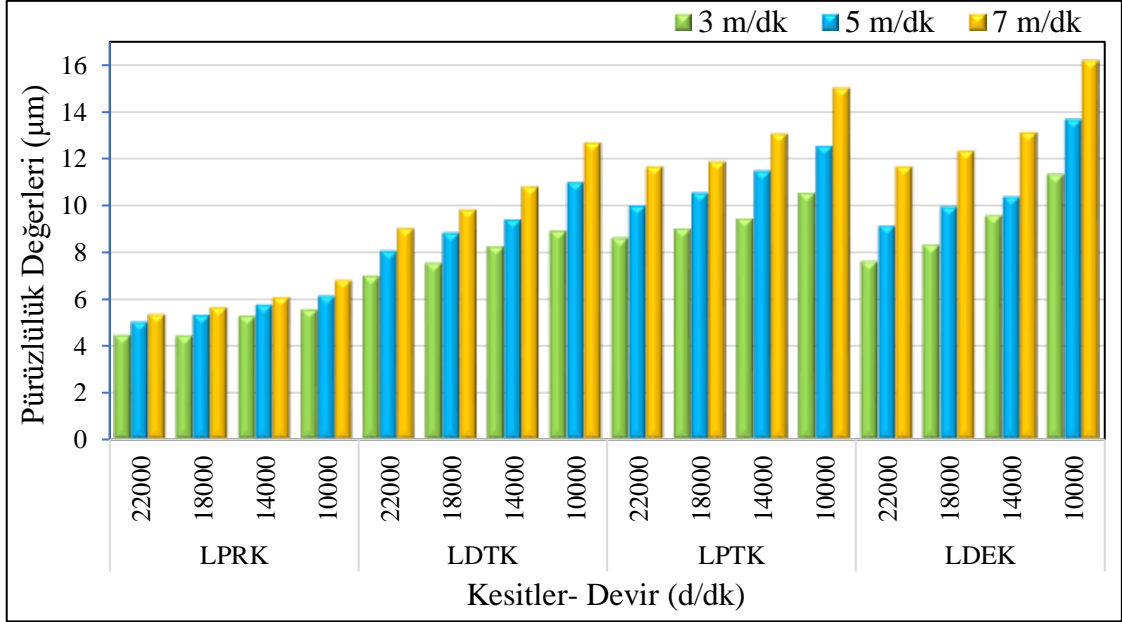
Kesitler- devir-besleme hızı etkileşimine ait yüzey pürüzlülüğü değerlerinin istatistik analizleri yapılarak, sonuçlar Tablo 35 ve Şekil 84'te belirtilmiştir.



Tablo 35. Kesitler- devir-besleme hızı etkileşimine ait pürüzlülük değerleri (μm)

Kesitler	Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk.)	n	\bar{x}	S	Min. Değer	Mak. Değer
LPRK	10000	3	382	5,54	1.794	2.00	10.22
		5	374	6,13	1.784	2.48	10.97
		7	372	6,79	2.391	3.04	15.56
	14000	3	362	5,27	2.023	2.24	11.66
		5	354	5,74	1.976	2.56	12.43
		7	364	6,06	1.888	2.34	13.26
	18000	3	358	4,42	1.379	2.03	9.60
		5	352	5,31	1.605	2.03	9.98
		7	360	5,63	1.726	2.69	11.78
	22000	3	359	4,45	1.337	2.01	8.98
		5	355	5,02	1.461	2.20	9.29
		7	372	5,33	1.305	2.25	9.52
LDTK	10000	3	365	8,88	1.962	4.55	14.16
		5	366	10,99	2.005	6.95	16.3
		7	360	12,68	2.043	7.89	17.91
	14000	3	382	8,22	2.505	3.66	14.51
		5	376	9,38	1.852	5.81	15.12
		7	364	10,77	2.040	6.75	16.97
	18000	3	374	7,52	2.263	3.58	14.01
		5	365	8,82	1.925	4.99	14.01
		7	362	9,79	1.919	6.10	16.10
	22000	3	366	6,98	2.132	3.42	13.49
		5	361	8,05	2.138	4.58	13.70
		7	362	9,01	2.179	4.05	14.73
LPTK	10000	3	377	10,50	2.401	5.17	15.98
		5	356	12,53	2.258	7.06	18.60
		7	359	14,99	2.791	7.07	22.52
	14000	3	362	9,42	2.311	4.10	15.49
		5	364	11,47	2.249	4.43	19.58
		7	354	13,03	2.298	7.04	19.90
	18000	3	355	8,98	2.224	5.06	15.08
		5	356	10,52	1.891	6.68	15.46
		7	359	11,86	2.012	6.68	18.68
	22000	3	358	8,59	1.977	4.91	13.69
		5	354	9,98	2.007	5.95	15.56
		7	352	11,64	2.716	5.14	19.97
LDEK	10000	3	368	11,31	3.762	4.58	23.61
		5	361	13,68	4.232	6.59	24.82
		7	363	16,19	5.280	5.01	25.89
	14000	3	360	9,55	2.669	4.37	18.02
		5	359	10,36	3.478	3.68	20.20
		7	362	13,11	3.401	5.93	21.19
	18000	3	360	8,29	2.031	2.93	13.89
		5	358	9,94	3.013	3.39	18.15
		7	363	12,31	2.771	3.49	17.97
	22000	3	358	7,58	1.987	3.82	14.15
		5	358	9,12	2.629	4.54	15.59
		7	360	11,65	3.005	5.88	18.71

Yapılan istatistikler sonucunda; kesitler- devir-besleme hızı etkileşiminin %0,01 önem düzeyinde yüzey pürüzlülüğünü etkilediği belirlenmiştir.



Şekil 84. Kesitler- devir-besleme hızı etkileşimine ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği

Şekil 84'e göre; devir arttıkça ve besleme hızı azaldıkça, daha düzgün yüzeyler elde edilmiştir. En düzgün yüzeylerin LPRK'de, en pürüzlü yüzeylerin ise genellikle LDEK'de çıktığı görülmüştür.

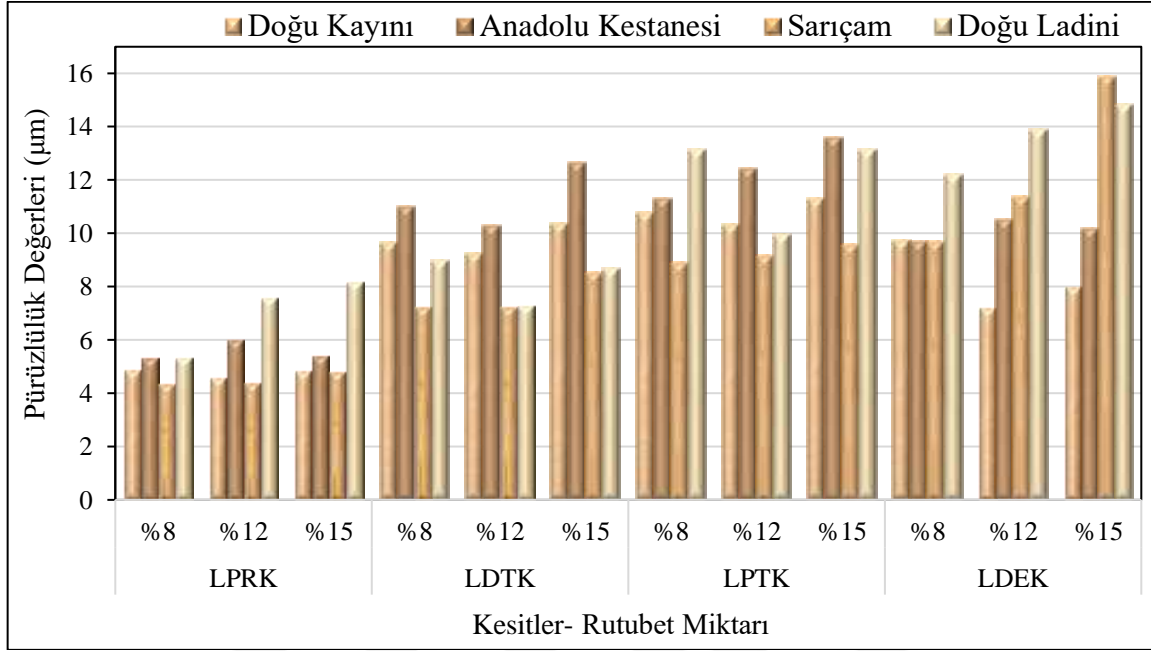
3.3.13. Yüzey Pürüzlülüğüne Kesitler- Ağaç Türleri-Rutubet Miktarlarının Etkisi

Kesitler- ağaç türü-rutubet miktarları etkileşimine ait yüzey pürüzlülüğü değerlerinin istatistik analizleri yapılarak, sonuçlar Tablo 36 ve Şekil 85'te belirtilmiştir.

Tablo 36. Kesitler- ağaç türü-rutubet miktarı etkileşimine ait pürüzlülük değerleri (μm)

Kesitler	Ağaç Türleri	Rutubet Miktarı (%)	n	\bar{x}	S	Min. Değer	Mak. Değer
LPRK	Doğu Kayını	8	430	4.89	1.393	2.24	9.08
		12	360	4.59	1.387	2.26	10.76
		15	348	4.85	0.855	3.07	7.52
	Anadolu Kestanesi	8	374	5.32	2.045	2.03	9.98
		12	357	6.00	1.548	2.68	9.71
		15	346	5.40	1.358	3.00	9.13
	Sarıçam	8	339	4.36	0.948	2.17	6.72
		12	422	4.40	1.043	2.00	7.71
		15	349	4.81	0.776	3.01	7.34
	Doğu Ladini	8	337	5.32	1.174	2.55	8.85
		12	349	7.57	2.691	2.74	15.56
		15	353	8.17	1.384	4.54	11.78
LDTK	Doğu Kayını	8	415	9.63	1.441	6.27	14.98
		12	362	9.24	2.017	5.35	15.21
		15	351	10.36	1.554	5.69	14.74
	Anadolu Kestanesi	8	348	11.00	2.019	5.82	16.60
		12	354	10.29	1.604	6.89	16.02
		15	359	12.64	1.621	8.98	16.87
	Sarıçam	8	345	7.24	1.533	4.27	12.81
		12	413	7.26	2.151	3.58	14.52
		15	356	8.52	2.016	5.28	14.86
	Doğu Ladini	8	353	8.96	2.972	3.45	17.91
		12	396	7.30	2.398	3.42	16.82
		15	351	8.66	2.799	3.97	17.58
LPTK	Doğu Kayını	8	388	10.76	2.041	5.17	18.84
		12	349	10.33	1.998	5.91	16.10
		15	355	11.29	1.347	8.05	14.71
	Anadolu Kestanesi	8	340	11.30	3.335	4.10	19.97
		12	353	12.44	2.090	7.79	18.75
		15	356	13.60	1.570	9.71	17.53
	Sarıçam	8	348	8.87	2.598	5.01	18.75
		12	390	9.16	2.465	5.07	15.13
		15	357	9.56	2.036	4.91	18.83
	Doğu Ladini	8	349	13.13	3.068	5.71	22.52
		12	370	9.93	2.950	5.06	19.89
		15	351	13.13	2.749	6.06	21.12
LDEK	Doğu Kayını	8	393	9.74	2.337	4.58	17.52
		12	362	7.21	2.146	3.49	15.06
		15	360	7.99	1.433	4.42	12.24
	Anadolu Kestanesi	8	352	9.68	4.076	2.93	24.85
		12	355	10.50	2.021	5.85	18.90
		15	352	10.17	2.107	5.80	17.88
	Sarıçam	8	339	9.68	3.668	3.39	19.24
		12	390	11.38	3.576	5.05	22.42
		15	354	15.86	4.188	7.68	25.89
	Doğu Ladini	8	355	12.18	3.729	4.76	22.48
		12	360	13.88	4.365	6.06	24.61
		15	358	14.82	2.828	9.47	24.01

Yapılan istatistikler sonucunda; kesitler- ağaç türü-rutubet miktarları etkileşiminin %0,01 önem düzeyinde yüzey pürüzlülüğünü etkilediği belirlenmiştir.



Şekil 85. Kesitler- ağaç türü-rutubet miktarı etkileşimine ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği

Şekil 85'e göre; en düzgün yüzeyler LPRK'de ve yaklaşık değerlerde çıkmıştır. Ağaç türlerinde en düzgün yüzeyler, kesitlere göre farklılık göstermekle birlikte %8 ve %12 rutubet miktarlarında elde edilmiştir.

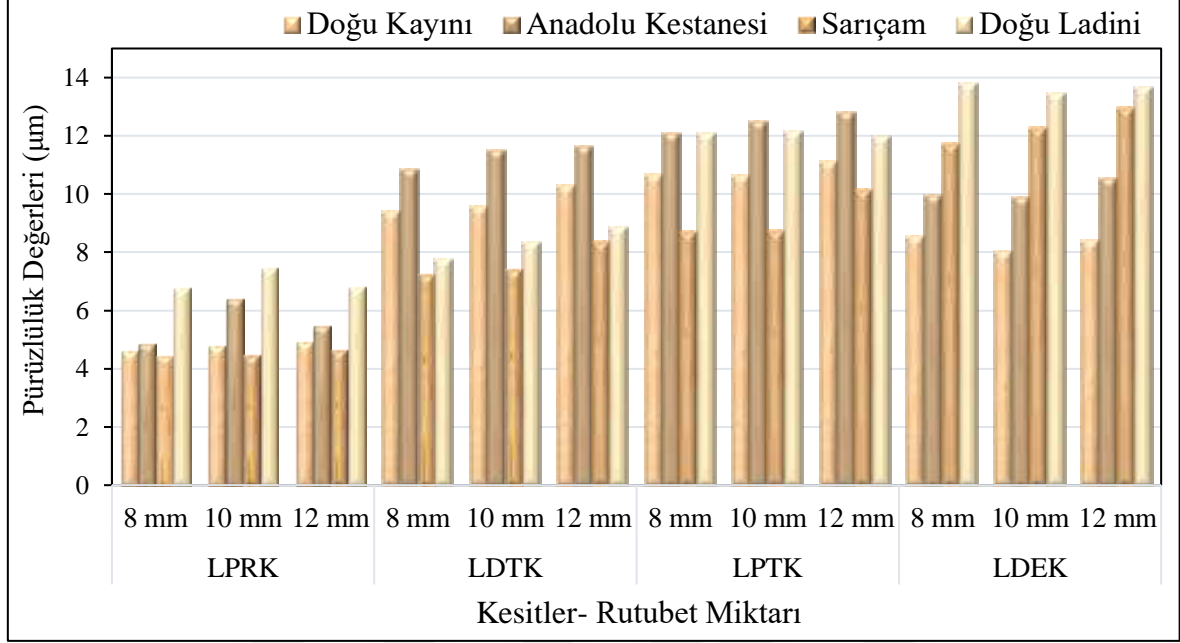
3.3.14. Yüzey Pürüzlülüğüne Kesitler- Kesiş Derinlikleri-Ağaç Türlerinin Etkisi

Kesitler-kesiş derinlikleri-ağaç türleri etkileşimine ait yüzey pürüzlülüğü değerlerinin istatistik analizleri yapılarak, sonuçlar Tablo 37 ve Şekil 86'da belirtilmiştir.

Tablo 37. Kesitler- kesiş derinliği-ağaç türü etkileşimine ait pürüzlülük değerleri (μm)

Kesitler	a/h (mm)	Ağaç Türü	n	\bar{x}	S	Min. Değer	Mak. Değer
LPRK	8	Doğu Kayını	382	4.62	1.162	2.31	8.99
		Anadolu Kestanesi	357	4.86	1.417	2.03	9.23
		Sarıçam	366	4.44	0.899	2.00	6.84
		Doğu Ladini	353	6.79	2.208	2.55	15.32
	10	Doğu Kayını	385	4.77	1.199	2.32	9.07
		Anadolu Kestanesi	362	6.38	1.821	2.03	9.98
		Sarıçam	368	4.48	0.960	2.20	6.72
		Doğu Ladini	343	7.44	2.512	3.05	15.56
	12	Doğu Kayını	371	4.94	1.385	2.24	10.76
		Anadolu Kestanesi	358	5.48	1.523	2.04	9.96
		Sarıçam	376	4.65	0.994	2.01	7.71
		Doğu Ladini	343	6.83	1.878	2.74	11.06
LDTK	8	Doğu Kayını	383	9.39	1.438	5.69	13.38
		Anadolu Kestanesi	357	10.82	2.053	6.07	16.23
		Sarıçam	370	7.26	1.703	3.58	13.04
		Doğu Ladini	371	7.73	2.291	3.65	14.42
	10	Doğu Kayını	377	9.58	1.708	5.35	14.98
		Anadolu Kestanesi	353	11.50	1.943	5.82	16.87
		Sarıçam	377	7.43	2.013	3.69	14.70
		Doğu Ladini	364	8.33	2.825	3.42	16.87
	12	Doğu Kayını	368	10.27	1.931	6.24	15.21
		Anadolu Kestanesi	351	11.61	1.974	7.23	16.30
		Sarıçam	351	8.34	2.687	4.27	14.86
		Doğu Ladini	365	8.85	3.156	4.01	17.91
LPTK	8	Doğu Kayını	364	10.65	1.636	6.76	14.78
		Anadolu Kestanesi	354	12.09	2.694	4.10	18.68
		Sarıçam	370	8.70	1.802	5.07	13.52
		Doğu Ladini	356	12.09	3.291	5.09	22.52
	10	Doğu Kayını	366	10.63	2.047	5.17	18.84
		Anadolu Kestanesi	349	12.46	2.681	4.43	18.75
		Sarıçam	361	8.73	2.447	4.91	18.75
		Doğu Ladini	359	12.14	3.102	5.06	20.15
	12	Doğu Kayını	362	11.09	1.857	6.87	16.10
		Anadolu Kestanesi	346	12.79	2.382	6.51	19.97
		Sarıçam	364	10.16	2.557	5.02	18.83
		Doğu Ladini	355	11.96	3.543	5.35	21.12
LDEK	8	Doğu Kayını	368	8.53	2.571	3.49	17.52
		Anadolu Kestanesi	358	9.93	3.099	2.93	24.85
		Sarıçam	353	11.72	4.444	3.68	23.36
		Doğu Ladini	361	13.78	4.067	5.98	24.46
	10	Doğu Kayını	370	8.02	2.148	3.87	13.49
		Anadolu Kestanesi	345	9.89	2.275	3.83	17.81
		Sarıçam	358	12.26	4.357	3.39	24.86
		Doğu Ladini	355	13.45	4.044	4.76	24.61
	12	Doğu Kayını	377	8.38	2.065	4.61	15.20
		Anadolu Kestanesi	356	10.53	3.209	4.14	22.28
		Sarıçam	372	12.95	4.807	4.39	25.89
		Doğu Ladini	357	13.65	3.393	6.97	22.48

Yapılan istatistikler sonucunda; kesitler-kesiş derinlikleri-ağaç türleri etkileşiminin %0,01 önem düzeyinde yüzey pürüzlülüğünü etkilediği belirlenmiştir.



Şekil 86. Kesitler- kesiş derinliği-ağaç türü etkileşimine ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği

Şekil 86'da; kesitlere göre farklılık göstermekle birlikte genellikle kesiş derinliği arttıkça, yüzey pürüzlülüğü de artmıştır. Bunun yanında; pürüzlülük değerleri LPRK'de en düşük, LDEK ve LDTK'de orta, LPTK ve LDEK'de Doğu Ladini ve Anadolu Kestanesi ağaç türlerinde en yüksek çıkmıştır. Ağaç türlerine göre, en düşük pürüzlülük değerleri LPRK'de 10 mm'de Doğu Ladini'nde, LDTK ve LPTK'de 12 mm'de Anadolu Kestanesi'nde ve LDEK'de 8 mm'de Doğu Ladini'nde; en düşük pürüzlülük değerleri ise LPRK, LDTK ve LPTK'de 8 mm'de Sarıçam'da, LDEK'de 10 mm'de Doğu Kayını'nda elde edilmiştir.

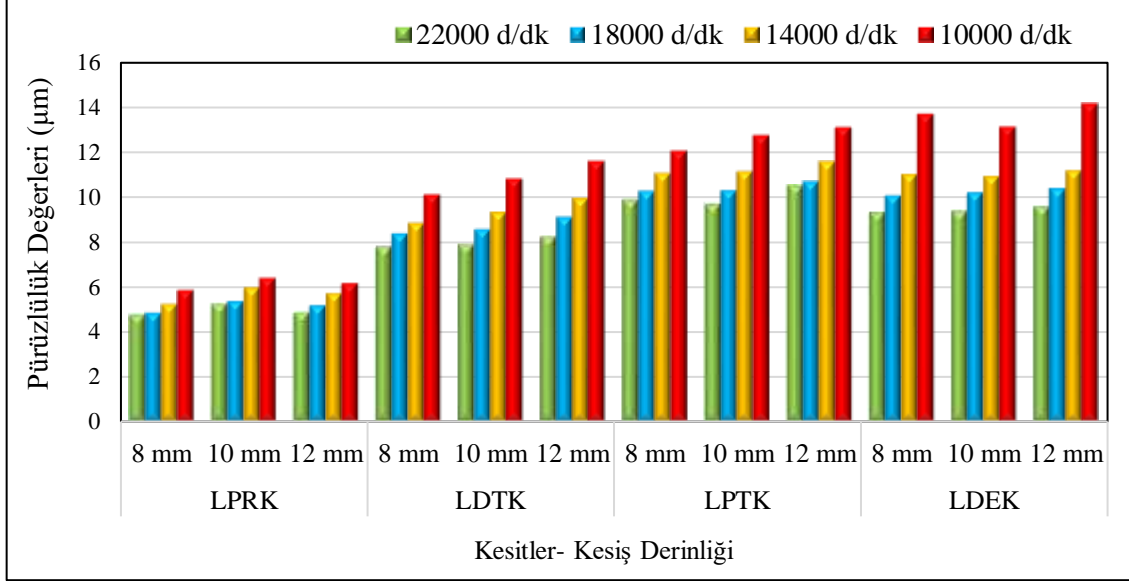
3.3.15. Yüzey Pürüzlülüğüne Kesitler- Kesiş Derinlikleri- Devirlerin Etkisi

Kesitler-kesiş derinliği-devir etkileşimine ait yüzey pürüzlülüğü değerlerinin istatistik analizleri yapılarak, sonuçlar Tablo 38 ve Şekil 87'de belirtilmiştir.

Tablo 38. Kesitler-devir-kesiş derinliği etkileşimine ait pürüzlülük değerleri (μm)

Kesitler	Devir (d/dk)	a/h (mm)	n	\bar{x}	S	Min. Değer	Mak. Değer
LPRK	10000	8	376	5.83	2.170	2.00	15.32
		10	377	6.36	2.210	2.44	15.56
		12	375	6.13	1.758	2.48	11.06
	14000	8	357	5.22	1.712	2.31	11.40
		10	355	5.97	2.373	2.32	13.26
		12	368	5.70	1.761	2.24	10.94
	18000	8	360	4.83	1.437	2.03	10.03
		10	356	5.34	1.877	2.03	11.78
		12	354	5.16	1.604	2.15	10.75
	22000	8	365	4.76	1.324	2.17	9.28
		10	370	5.22	1.569	2.20	9.52
		12	351	4.85	1.289	2.01	8.97
LDTK	10000	8	372	10.09	2.140	5.04	16.23
		10	361	10.80	2.557	4.55	16.87
		12	358	11.59	2.673	5.46	17.91
	14000	8	378	8.84	2.264	3.66	15.37
		10	371	9.34	2.374	3.72	16.97
		12	373	9.96	2.455	4.81	16.28
	18000	8	368	8.36	2.262	3.58	14.11
		10	375	8.56	2.314	4.24	16.10
		12	358	9.11	2.146	4.01	14.01
	22000	8	363	7.80	2.206	3.66	13.59
		10	364	7.89	2.429	3.42	14.07
		12	362	8.26	2.270	4.07	14.73
LPTK	10000	8	355	12.04	3.233	6.31	22.52
		10	371	12.72	3.187	5.17	20.15
		12	366	13.09	2.816	7.08	21.21
	14000	8	363	11.09	2.638	4.10	17.62
		10	353	11.14	2.818	4.43	19.90
		12	364	11.61	2.675	5.96	19.58
	18000	8	365	10.28	2.481	5.09	18.68
		10	355	10.29	2.359	5.06	16.74
		12	350	10.69	2.209	5.38	17.37
	22000	8	361	9.88	2.330	5.07	16.28
		10	356	9.70	2.562	4.91	16.62
		12	347	10.53	2.805	5.02	19.97
LDEK	10000	8	361	13.68	4.879	6.05	24.85
		10	363	13.11	4.845	4.58	24.86
		12	368	14.14	4.896	4.80	25.89
	14000	8	367	11.04	3.698	3.68	19.85
		10	354	10.94	3.518	4.27	21.09
		12	360	11.20	3.431	4.34	21.19
	18000	8	357	10.06	3.154	2.93	17.97
		10	361	10.20	3.091	3.39	17.54
		12	363	10.39	3.068	4.39	18.18
	22000	8	355	9.35	3.099	3.82	18.71
		10	350	9.39	3.071	3.83	18.47
		12	371	9.59	3.076	4.14	18.25

Yapılan istatistikler sonucunda; kesitler-kesis derinliği-devir etkileşiminin %0,01 önem düzeyinde yüzey pürüzlülüğünü etkilediği belirlenmiştir.



Şekil 87. Kesitler-devir-kesis derinliği etkileşimine ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği

Şekil 87’de; devir azaldıkça ve kesitlere göre farklılık göstermekle birlikte kesis derinliği arttıkça, yüzey pürüzlülüğünün arttığı görülmüştür. Buna göre; pürüzlülük değerleri LPRK’de en düşük, LDTK’de orta, LDEK’ de LPTK’ye göre bir miktar daha yüksek olmak üzere en yüksek çıkmıştır.

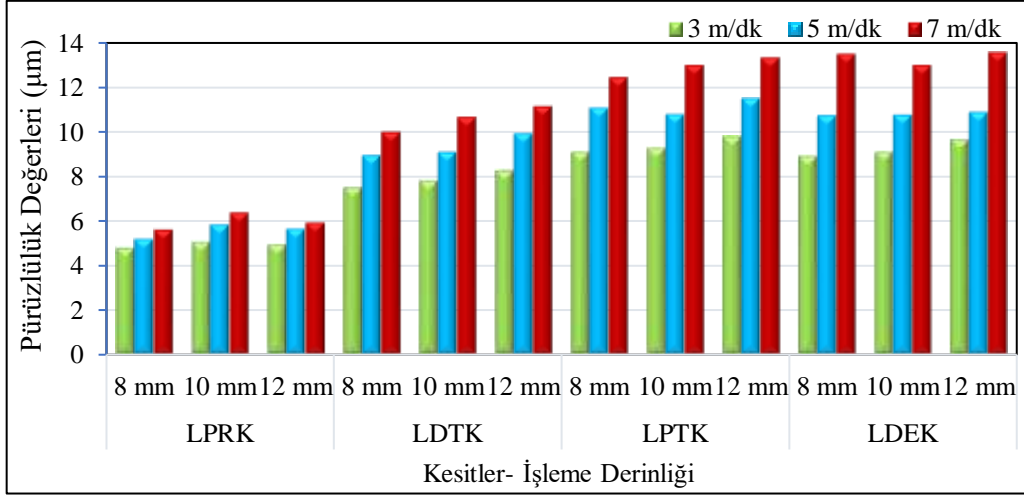
3.3.16. Yüzey Pürüzlülüğüne Kesitler- Kesis Derinlikleri-Besleme Hızlarının Etkisi

Kesitler-kesis derinliği-besleme hızı etkileşimine ait yüzey pürüzlülüğü değerlerinin istatistik analizleri yapılarak, sonuçlar Tablo 39 ve Şekil 88’de belirtilmiştir.

Tablo 39. Kesitler- kesiş derinliği- besleme hızı etkileşimine ait pürüzlülük değerleri (μm)

Kesitler	a/h (mm)	Besleme Hızı (m/dk)	n	\bar{x}	S	Min. Değer	Mak. Değer
LPRK	8	3	495	4.76	1.702	2.00	11.40
		5	477	5.17	1.672	2.55	11.37
		7	486	5.58	1.777	2.37	15.32
	10	3	485	5.02	1.819	2.10	11.66
		5	482	5.82	1.896	2.03	12.43
		7	491	6.33	2.285	2.25	15.56
	12	3	481	4.91	1.647	2.01	10.22
		5	476	5.63	1.663	2.48	10.76
		7	491	5.88	1.616	3.06	11.06
LDTK	8	3	493	7.46	2.121	3.58	13.8
		5	496	8.93	2.085	4.58	15.47
		7	492	9.95	2.216	4.05	16.23
	10	3	503	7.79	2.396	3.42	14.42
		5	488	9.08	2.090	4.70	14.68
		7	480	10.62	2.626	5.36	16.97
	12	3	491	8.23	2.427	4.01	14.51
		5	484	9.90	2.438	5.08	16.30
		7	476	11.10	2.385	5.86	17.91
LPTK	8	3	492	9.06	2.032	4.10	14.82
		5	475	11.05	2.260	6.27	18.15
		7	477	12.40	2.973	5.14	22.52
	10	3	481	9.23	2.516	4.91	14.89
		5	475	10.77	2.403	4.43	17.97
		7	479	12.95	2.750	6.99	20.15
	12	3	479	9.77	2.432	5.02	15.98
		5	480	11.49	2.234	6.91	19.58
		7	468	13.28	2.642	7.36	21.21
LDEK	8	3	474	8.88	2.886	2.93	20.65
		5	480	10.73	3.669	3.68	23.36
		7	486	13.46	4.280	3.49	24.85
	10	3	476	9.06	2.937	3.83	21.65
		5	476	10.75	3.747	3.39	24.19
		7	476	12.96	4.089	5.01	24.86
	12	3	496	9.62	3.258	4.14	23.61
		5	480	10.88	4.000	4.34	24.82
		7	486	13.52	3.934	6.67	25.89

Yapılan istatistikler sonucunda; kesitler-kesiş derinliği-besleme hızı etkileşiminin %0,01 önem düzeyinde yüzey pürüzlülüğünü etkilediği belirlenmiştir.



Şekil 88. Kesitler- kesiş derinliği- besleme hızı etkileşimine ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği

Şekil 88’de; besleme hızı ve kesitlere göre farklılık göstermekle birlikte kesiş derinliği arttıkça, yüzey pürüzlülüğünün arttığı görülmüştür. Buna göre; pürüzlülük değerleri LPRK’de en düşük, LDTK’de orta, LDEK ve LPTK’de birbirlerine yaklaşık olmak üzere en yüksek çıkmıştır.

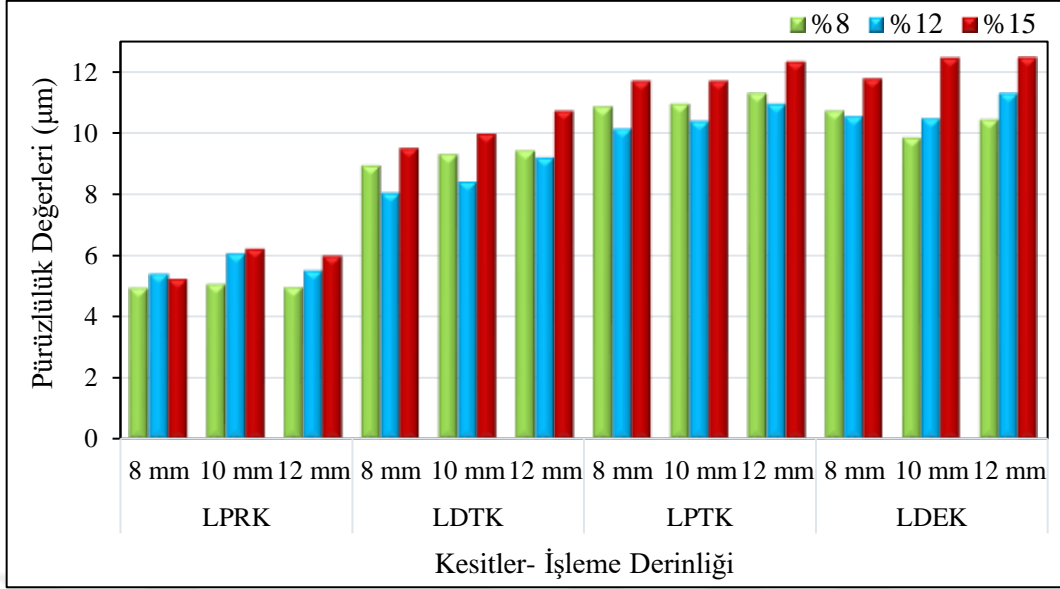
3.3.17. Yüzey Pürüzlülüğüne Kesitler-Kesiş Derinlikleri-Rutubet Miktarlarının Etkisi

Kesitler-kesiş derinliği-rutubet miktarı etkileşimine ait yüzey pürüzlülüğü değerlerinin istatistik analizleri yapılarak, sonuçlar Tablo 40 ve Şekil 89’da belirtilmiştir.

Tablo 40. Kesitler- kesiş derinliği- rutubet miktarı etkileşimine ait pürüzlülük değerleri (μm)

Kesitler	a/h (mm)	Rutubet Miktarı (%)	n	\bar{x}	S	Min. Değer	Mak. Değer
LPRK	8	8	496	4.92	1.408	2.03	9.23
		12	494	5.38	2.036	2.00	15.32
		15	468	5.23	1.724	3.00	10.71
	10	8	501	5.05	1.674	2.03	9.98
		12	493	6.05	2.560	2.40	15.56
		15	464	6.20	1.706	3.02	11.78
	12	8	483	4.95	1.444	2.04	9.96
		12	501	5.49	1.703	2.01	11.06
		15	464	5.98	1.754	3.07	10.90
LDTK	8	8	502	8.92	2.267	4.27	15.37
		12	510	8.01	2.055	3.58	12.76
		15	469	9.48	2.517	3.97	16.23
	10	8	485	9.29	2.557	3.45	16.97
		12	512	8.39	2.527	3.42	16.82
		15	474	9.95	2.577	4.54	16.87
	12	8	474	9.42	2.487	4.27	17.91
		12	503	9.17	2.597	4.01	16.02
		15	474	10.71	2.702	4.45	17.58
LPTK	8	8	485	10.84	3.157	4.10	22.52
		12	482	10.12	2.492	5.07	18.84
		15	477	11.69	2.456	5.98	18.26
	10	8	474	10.93	3.175	4.43	19.90
		12	489	10.36	3.055	5.06	19.89
		15	472	11.68	2.510	4.91	20.15
	12	8	466	11.28	3.147	5.02	19.97
		12	491	10.91	2.448	5.35	18.37
		15	470	12.31	2.677	6.06	21.21
LDEK	8	8	480	10.70	4.122	2.93	24.85
		12	489	10.52	4.297	3.49	24.46
		15	471	11.75	3.841	4.42	23.36
	10	8	478	9.84	2.986	3.39	18.43
		12	479	10.44	4.130	3.87	24.61
		15	471	12.43	4.190	5.36	24.86
	12	8	481	10.42	3.666	4.14	22.48
		12	499	11.26	3.454	5.05	21.56
		15	482	12.45	4.758	4.82	25.89

Yapılan istatistikler sonucunda; kesitler-kesiş derinliği-rutubet miktarı etkileşiminin %0,01 önem düzeyinde yüzey pürüzlülüğünü etkilediği belirlenmiştir.



Şekil 89. Kesitler- kesiş derinliği- rutubet miktarı etkileşimine ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği

Şekil 89'a göre; LDTK ve LPTK'de kesiş derinliği arttıkça, yüzey pürüzlülüğünün arttığı, LPRK'de 10 mm, LDEK'de ise 12 mm kesiş derinliğinde yüksek pürüzlülük değerleri elde edildiği görülmüştür. Genel olarak; pürüzlülük değerleri LPRK'de en düşük, LDTK'de orta, LDEK ve LPTK'de birbirlerine yaklaşık olmak üzere en yüksek çıkmıştır. En düşük pürüzlülük değerleri LDTK ve LPTK'de %12, LPRK'de %8 ve LDEK'de ise 10 mm ve 12 mm kesiş derinliklerinde %8 rutubet miktarında elde edilmiştir.

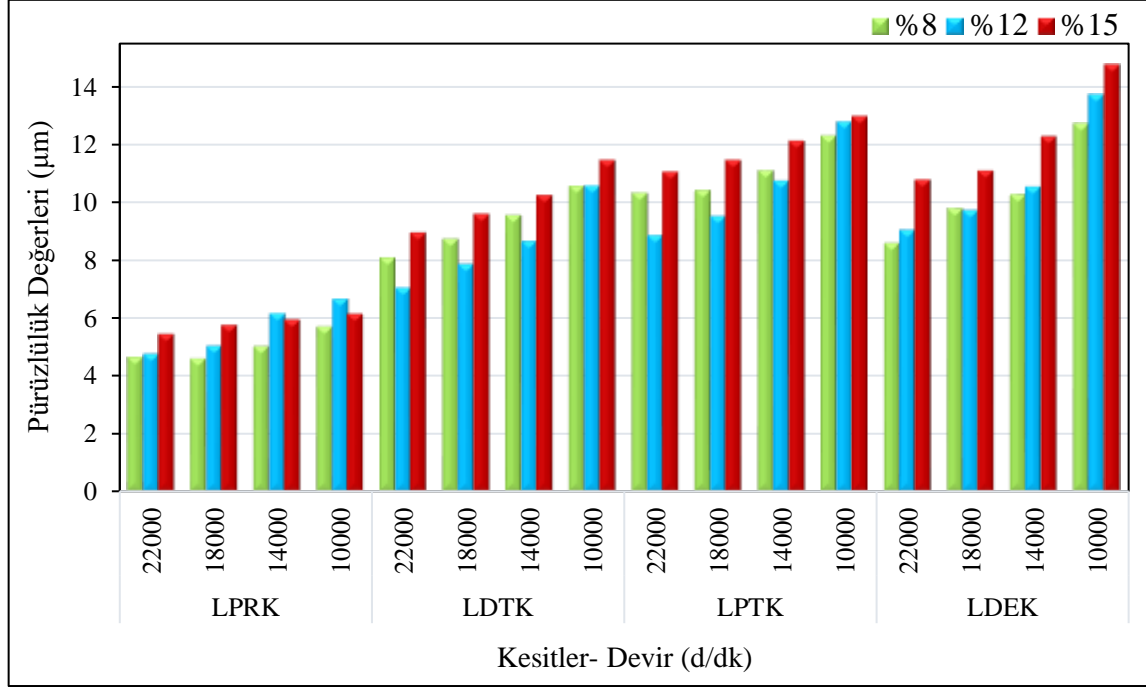
3.3.18. Yüzey Pürüzlülüğüne Kesitler-Rutubet Miktarları-Devirlerin Etkisi

Kesitler-rutubet miktarı-devir etkileşimine ait yüzey pürüzlülüğü değerlerinin istatistik analizleri yapılarak, sonuçlar Tablo 41 ve Şekil 90'da belirtilmiştir.

Tablo 41. Kesitler- devir- rutubet miktarı etkileşimine ait pürüzlülük değerleri (μm)

Kesitler	Devir (d/dk)	Rutubet Miktarı (%)	n	\bar{x}	S	Min. Değer	Mak. Değer
LPRK	10000	8	385	5.68	1.556	2.37	9.97
		12	392	6.64	2.502	2.00	15.56
		15	351	6.13	1.936	3.01	11.01
	14000	8	357	5.01	1.431	2.24	9.85
		12	376	6.14	2.406	2.26	13.26
		15	347	5.92	1.832	3.14	10.90
	18000	8	362	4.58	1.478	2.03	9.98
		12	360	5.03	1.492	2.15	9.61
		15	348	5.75	1.797	3.17	11.78
	22000	8	376	4.63	1.319	2.04	9.52
		12	360	4.75	1.367	2.01	9.42
		15	350	5.42	1.434	3.00	9.29
LDTK	10000	8	349	10.54	2.432	6.07	17.91
		12	385	10.57	2.396	4.55	16.82
		15	357	11.44	2.676	5.46	17.58
	14000	8	374	9.52	2.444	4.51	16.97
		12	394	8.64	2.071	3.66	14.00
		15	354	10.22	2.376	5.36	16.28
	18000	8	371	8.71	2.085	4.29	14.11
		12	378	7.84	2.009	3.58	13.18
		15	352	9.58	2.304	5.40	16.10
	22000	8	367	8.06	2.117	3.45	13.70
		12	368	7.04	1.736	3.42	11.30
		15	354	8.94	2.566	3.97	14.73
LPTK	10000	8	367	12.28	3.461	5.17	22.52
		12	369	12.77	2.752	5.44	19.89
		15	356	12.97	3.042	6.22	21.21
	14000	8	357	11.08	3.341	4.10	19.90
		12	368	10.73	2.218	5.65	16.50
		15	355	12.11	2.248	6.75	17.88
	18000	8	348	10.40	2.411	5.38	18.68
		12	368	9.51	2.081	5.06	15.08
		15	354	11.45	2.151	5.98	15.70
	22000	8	353	10.31	2.928	5.01	19.97
		12	357	8.85	1.931	5.07	14.22
		15	354	11.04	2.285	4.91	16.73
LDEK	10000	8	361	12.70	4.171	4.58	24.85
		12	374	13.72	4.638	4.60	24.61
		15	357	14.75	5.582	5.80	25.89
	14000	8	362	10.25	3.186	3.68	19.85
		12	367	10.52	3.267	4.27	19.73
		15	352	12.26	3.873	4.42	21.19
	18000	8	359	9.76	3.056	2.93	17.97
		12	366	9.71	2.899	3.49	17.68
		15	356	11.07	3.178	5.33	18.15
	22000	8	357	8.57	2.728	3.82	17.57
		12	360	9.02	3.148	4.13	18.71
		15	359	10.76	2.916	5.04	18.47

Yapılan istatistikler sonucunda; kesitler-rutubet miktarı-devir etkileşiminin %0,01 önem düzeyinde yüzey pürüzlülüğünü etkilediği belirlenmiştir.



Şekil 90. Kesitler- devir- rutubet miktarı etkileşimine ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği

Şekil 90'a göre; devir azaldıkça, yüzey pürüzlülüğünün arttığı görülmektedir. Pürüzlülük değerleri; LPRK'de en düşük, LDTK'de orta, LDEK ve LPTK'de düşük devirlerde birbirlerine yaklaşık olmak üzere en yüksek çıkmıştır. Bunların yanında; en düzgün yüzeyler, LDTK ve LPTK'de %12 rutubet miktarında, LDEK ve LPRK'de ise %8 rutubet miktarlarında elde edilmiştir.

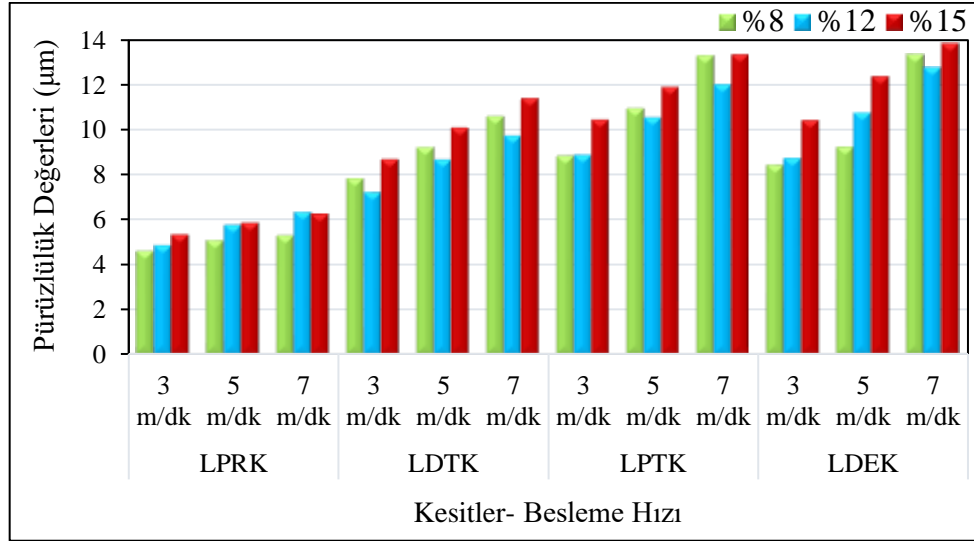
3.3.19. Yüzey Pürüzlülüğüne Kesitler-Rutubet Miktarları-Besleme Hızlarının Etkisi

Kesitler-rutubet miktarı-besleme hızı etkileşimine ait yüzey pürüzlülüğü değerlerinin istatistik analizleri yapılarak, sonuçlar Tablo 42 ve Şekil 91'de belirtilmiştir.

Tablo 42. Kesitler- besleme hızı-rutubet miktarı etkileşimine ait pürüzlülük değerleri (μm)

Kesitler	Besleme Hızı (m/dk)	Rutubet Miktarı (%)	n	\bar{x}	S	Min. Değer	Mak. Değer
LPRK	3	8	504	4.59	1.549	2.03	9.97
		12	490	4.85	1.893	2.00	11.66
		15	467	5.32	1.634	3.05	10.22
	5	8	482	5.05	1.515	2.03	9.98
		12	488	5.74	1.898	2.75	12.43
		15	465	5.85	1.776	3.01	10.76
	7	8	494	5.28	1.376	2.25	9.69
		12	510	6.33	2.347	2.63	15.56
		15	464	6.25	1.804	3.00	11.78
LDTK	3	8	485	7.83	2.143	3.45	14.16
		12	529	7.19	2.177	3.42	13.51
		15	473	8.68	2.399	3.97	14.51
	5	8	498	9.20	2.044	4.72	14.93
		12	500	8.65	2.055	4.58	14.94
		15	470	10.08	2.399	5.56	16.30
	7	8	478	10.59	2.365	5.36	17.91
		12	496	9.73	2.313	4.05	16.82
		15	474	11.38	2.415	6.15	17.58
LPTK	3	8	478	8.81	2.143	4.10	14.89
		12	504	8.86	2.354	5.06	15.98
		15	470	10.44	2.186	4.91	15.49
	5	8	472	10.94	2.315	4.43	19.58
		12	483	10.54	2.239	5.95	16.27
		15	475	11.90	2.174	6.98	18.60
	7	8	475	13.30	3.180	5.14	22.52
		12	475	12.00	2.546	6.99	19.89
		15	474	13.34	2.447	8.87	21.21
LDEK	3	8	469	8.41	2.395	2.93	16.68
		12	497	8.72	2.523	3.87	16.75
		15	480	10.42	3.699	4.42	23.61
	5	8	480	9.22	2.576	3.39	16.21
		12	480	10.74	3.812	4.27	22.18
		15	476	12.36	4.168	5.36	24.82
	7	8	490	13.33	3.665	6.20	24.85
		12	490	12.76	4.291	3.49	24.61
		15	468	13.85	4.295	6.67	25.89

Yapılan istatistikler sonucunda; kesitler-rutubet miktarı-besleme hızı etkileşiminin %0,01 önem düzeyinde yüzey pürüzlülüğünü etkilediği belirlenmiştir.



Şekil 91. Kesitler- besleme hızı-rutubet miktarı etkileşimine ait ortalama pürüzlülük değerleri grafiği

Şekil 91'e göre; besleme hızı arttıkça, yüzey pürüzlülüğünün de arttığı görülmektedir. Pürüzlülük değerleri; LPRK'de en düşük, LDTK'de orta, LDEK ve LPTK'de düşük besleme hızında yaklaşık olmak üzere en yüksek çıkmıştır. Bunların yanında; en düzgün yüzeyler, LDTK'de %12 rutubet miktarında, diğer kesitlerde ise %8 ve %12 rutubet miktarlarında elde edilmiştir.

3.4. Kesme Gücü Değerleri

Ağaç türü odun örneklerinin liflere dik ve paralel yönde ve kesitlere göre işlenmesinde kesme gücü (kW) ölçülerek belirlenmiş ve istatistik sonuçları ortaya konulmuştur. Bu kapsamda, liflere dik yönde işlemedeki kesitler (LDTK ile LDEK) ve liflere paralel işlemedeki kesitler (LPTK ile LPRK) kendi içlerinde birlikte değerlendirilmiştir.

Doğu Kayını odun örnekleri rutubet miktarlarına ait kesme gücü değerlerinin istatistik analizleri yapılmış ve örnek sayıları 5 adet olmak üzere sonuçlar Tablo 43'te gösterilmiştir.

Tablo 43. Doğu Kayını odununda rutubetlere ait kesme gücü değerleri (kW)

Ağaç Türü: Doğu Kayını		%8 Rutubet											
		a/h=12 mm				a/h=10 mm				a/h=8 mm			
n (d/dk)	u (m/dk)	Kesitler											
		LDTK LDEK		LPTK LPRK		LDTK LDEK		LPTK LPRK		LDTK LDEK		LPTK LPRK	
		\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S
10000	3	6,90	0,05	7,09	0,09	6,73	0,12	7,06	0,04	6,62	0,06	6,95	0,04
10000	5	7,06	0,07	7,29	0,10	6,77	0,15	7,12	0,16	6,60	0,05	6,99	0,04
10000	7	6,96	0,18	7,27	0,12	6,84	0,16	7,09	0,13	6,67	0,08	7,09	0,18
14000	3	6,99	0,04	7,17	0,04	6,98	0,03	7,20	0,03	6,80	0,08	7,00	0,04
14000	5	7,16	0,18	7,62	0,03	7,24	0,05	7,60	0,07	6,66	0,02	7,29	0,02
14000	7	7,18	0,14	7,32	0,16	7,02	0,13	7,55	0,08	6,64	0,05	7,27	0,10
18000	3	7,14	0,03	7,31	0,03	7,09	0,06	7,35	0,05	6,71	0,07	7,15	0,03
18000	5	7,07	0,13	7,40	0,06	7,05	0,06	7,40	0,08	6,70	0,03	7,30	0,04
18000	7	7,12	0,12	7,39	0,26	7,01	0,29	7,59	0,16	6,69	0,05	7,49	0,07
22000	3	6,87	0,07	7,42	0,03	7,02	0,13	7,36	0,04	6,88	0,08	7,27	0,02
22000	5	7,03	0,26	7,51	0,03	7,04	0,20	7,45	0,11	6,77	0,03	7,43	0,07
22000	7	7,21	0,19	7,63	0,09	7,24	0,12	7,65	0,18	6,80	0,07	7,43	0,05
n (d/dk)	u (m/dk)	%12 Rutubet											
		\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S
10000	3	7,27	0,03	7,55	0,04	7,21	0,04	7,48	0,03	6,95	0,04	7,09	0,05
10000	5	7,31	0,04	7,66	0,16	7,13	0,03	7,33	0,09	6,91	0,03	7,16	0,05
10000	7	7,48	0,19	7,99	0,28	7,22	0,12	7,55	0,13	7,09	0,12	7,28	0,15
14000	3	7,25	0,05	7,68	0,04	7,15	0,04	7,47	0,03	7,06	0,04	7,18	0,03
14000	5	7,67	0,04	8,17	0,16	7,30	0,17	7,64	0,04	7,04	0,17	7,42	0,11
14000	7	7,53	0,17	8,21	0,07	7,32	0,24	7,72	0,20	7,12	0,24	7,63	0,06
18000	3	7,30	0,02	7,59	0,05	7,30	0,09	7,55	0,07	7,03	0,09	7,19	0,10
18000	5	7,43	0,26	8,17	0,18	7,35	0,08	8,06	0,12	7,06	0,08	7,35	0,05
18000	7	7,46	0,34	8,03	0,19	7,43	0,24	8,02	0,25	7,11	0,24	7,52	0,23
22000	3	7,32	0,04	7,43	0,04	7,42	0,08	7,58	0,06	7,07	0,08	7,13	0,05
22000	5	7,49	0,10	7,87	0,13	7,68	0,08	7,94	0,12	7,29	0,08	7,48	0,08
22000	7	7,72	0,10	8,26	0,19	7,72	0,15	8,08	0,15	7,28	0,15	7,52	0,16
n (d/dk)	u (m/dk)	%15 Rutubet											
		\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S
10000	3	7,48	0,03	7,66	0,07	7,05	0,13	7,24	0,13	7,07	0,15	7,31	0,08
10000	5	7,62	0,11	8,02	0,19	7,31	0,06	7,49	0,03	7,30	0,05	7,39	0,04
10000	7	7,69	0,13	8,11	0,17	7,30	0,20	7,64	0,24	7,12	0,12	7,43	0,14
14000	3	7,63	0,05	7,97	0,04	7,31	0,04	7,64	0,07	7,08	0,11	7,42	0,03
14000	5	7,48	0,05	7,70	0,10	7,20	0,05	7,35	0,06	7,13	0,03	7,26	0,07
14000	7	7,40	0,26	7,55	0,09	7,14	0,12	7,32	0,12	7,11	0,03	7,26	0,15
18000	3	7,48	0,10	7,75	0,16	7,12	0,09	7,35	0,09	7,03	0,07	7,30	0,04
18000	5	7,82	0,08	8,13	0,16	7,31	0,11	7,66	0,11	7,19	0,15	7,43	0,17
18000	7	7,90	0,18	8,38	0,09	7,55	0,26	7,93	0,16	7,33	0,24	7,63	0,13
22000	3	7,73	0,06	7,92	0,07	7,39	0,12	7,52	0,07	7,31	0,14	7,38	0,10
22000	5	7,72	0,13	7,80	0,10	7,48	0,09	7,61	0,03	7,39	0,06	7,49	0,12
22000	7	7,90	0,10	8,06	0,12	7,60	0,10	7,78	0,07	7,40	0,08	7,70	0,08

Anadolu Kestanesi odun örnekleri rutubet miktarlarına ait kesme gücü değerlerinin istatistik analizleri yapılarak sonuçlar Tablo 44'te belirtilmiştir.

Tablo 44. Anadolu Kestanesi odununda rutubetlere ait kesme gücü değerleri (kW)

Ağaç Türü: Anadolu Kestanesi		%8 Rutubet											
		a/h=12 mm				a/h=10 mm				a/h=8 mm			
n (d/dk)	u (m/dk)	Kesitler											
		LDTK LDEK		LPTK LPRK		LDTK LDEK		LPTK LPRK		LDTK LDEK		LPTK LPRK	
		\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S
10000	3	7,09	0,04	7,22	0,02	6,95	0,02	7,09	0,04	6,97	0,01	7,05	0,03
10000	5	7,18	0,02	7,43	0,06	6,94	0,04	7,05	0,06	7,04	0,04	7,11	0,06
10000	7	7,25	0,05	7,55	0,17	7,02	0,05	7,11	0,03	7,02	0,08	7,15	0,06
14000	3	6,86	0,05	7,03	0,06	6,92	0,04	7,16	0,04	6,99	0,04	7,08	0,03
14000	5	7,00	0,16	7,51	0,07	6,90	0,09	7,18	0,16	7,00	0,06	7,16	0,07
14000	7	7,12	0,06	7,73	0,07	7,13	0,08	7,41	0,14	7,13	0,07	7,34	0,08
18000	3	7,00	0,09	7,07	0,06	7,10	0,02	7,20	0,07	7,09	0,02	7,16	0,02
18000	5	6,93	0,14	7,19	0,06	7,18	0,04	7,33	0,09	7,17	0,05	7,28	0,06
18000	7	7,19	0,12	7,52	0,06	7,21	0,13	7,39	0,11	7,24	0,08	7,42	0,03
22000	3	7,19	0,03	7,28	0,03	7,28	0,05	7,40	0,08	7,18	0,06	7,31	0,05
22000	5	7,36	0,04	7,55	0,10	7,36	0,07	7,58	0,07	7,25	0,11	7,43	0,09
22000	7	7,36	0,12	7,72	0,16	7,36	0,12	7,60	0,09	7,37	0,06	7,60	0,07
n (d/dk)	u (m/dk)	%12 Rutubet											
		\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S
10000	3	7,01	0,04	7,13	0,04	6,95	0,01	7,01	0,03	6,94	0,02	6,95	0,02
10000	5	7,16	0,01	7,46	0,02	7,06	0,06	7,19	0,06	6,97	0,08	7,07	0,06
10000	7	7,42	0,04	7,68	0,08	7,11	0,05	7,26	0,07	7,09	0,05	7,24	0,05
14000	3	7,10	0,01	7,32	0,07	7,01	0,08	7,14	0,10	7,00	0,09	7,08	0,02
14000	5	7,22	0,04	7,67	0,11	7,23	0,11	7,43	0,10	7,06	0,15	7,22	0,10
14000	7	7,25	0,07	7,81	0,17	7,15	0,08	7,38	0,07	7,12	0,09	7,33	0,10
18000	3	7,31	0,01	7,54	0,04	7,13	0,05	7,25	0,06	7,12	0,09	7,21	0,06
18000	5	7,44	0,06	7,75	0,05	7,25	0,05	7,48	0,03	7,19	0,13	7,32	0,07
18000	7	7,58	0,08	7,94	0,12	7,31	0,06	7,60	0,10	7,28	0,07	7,52	0,06
22000	3	7,29	0,02	7,40	0,05	7,16	0,04	7,27	0,01	7,19	0,05	7,23	0,02
22000	5	7,51	0,13	7,71	0,07	7,34	0,11	7,52	0,04	7,22	0,05	7,39	0,03
22000	7	7,67	0,08	8,14	0,11	7,37	0,06	7,65	0,08	7,39	0,06	7,58	0,06
n (d/dk)	u (m/dk)	%15 Rutubet											
		\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S
10000	3	7,03	0,01	7,21	0,03	7,11	0,05	7,19	0,04	6,97	0,07	7,08	0,05
10000	5	7,10	0,03	7,39	0,04	7,17	0,03	7,37	0,04	7,08	0,02	7,24	0,04
10000	7	7,31	0,01	7,51	0,06	7,25	0,02	7,42	0,07	7,13	0,06	7,30	0,05
14000	3	7,06	0,01	7,22	0,02	6,88	0,02	6,94	0,02	6,96	0,08	7,06	0,04
14000	5	7,15	0,05	7,41	0,04	6,98	0,07	7,08	0,07	7,11	0,00	7,26	0,05
14000	7	7,27	0,06	7,52	0,04	7,07	0,10	7,45	0,06	7,19	0,06	7,37	0,02
18000	3	7,18	0,01	7,30	0,08	6,98	0,01	7,13	0,03	7,04	0,04	7,13	0,02
18000	5	7,25	0,06	7,55	0,05	7,13	0,03	7,24	0,02	7,16	0,06	7,31	0,05
18000	7	7,45	0,04	7,72	0,03	7,19	0,02	7,58	0,05	7,30	0,02	7,53	0,08
22000	3	7,24	0,05	7,35	0,07	7,12	0,02	7,25	0,05	7,20	0,03	7,26	0,03
22000	5	7,30	0,05	7,51	0,05	7,14	0,04	7,31	0,04	7,23	0,03	7,38	0,02
22000	7	7,51	0,03	7,89	0,03	7,45	0,06	7,64	0,06	7,39	0,05	7,57	0,03

Sarıçam odun örnekleri rutubet miktarlarına ait kesme gücü değerlerinin istatistik analizleri yapılarak sonuçlar Tablo 45'te belirtilmiştir.

Tablo 45. Sarıçam odununda rutubetlere ait kesme gücü değerleri (kW)

Ağaç Türü: Sarıçam		%8 Rutubet											
		a/h=12 mm				a/h=10 mm				a/h=8 mm			
n (d/dk)	u (m/dk)	Kesitler											
		LDTK LDEK		LPTK LPRK		LDTK LDEK		LPTK LPRK		LDTK LDEK		LPTK LPRK	
		kW		kW		kW		kW		kW		kW	
		\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S
10000	3	6,84	0,00	6,89	0,01	6,90	0,04	6,96	0,03	6,83	0,01	6,89	0,04
10000	5	6,95	0,01	7,10	0,09	6,93	0,00	7,01	0,01	6,89	0,01	7,00	0,01
10000	7	6,98	0,04	7,28	0,04	6,99	0,00	7,17	0,00	7,02	0,00	7,14	0,00
14000	3	6,98	0,01	7,06	0,03	6,91	0,01	6,96	0,03	6,83	0,04	6,99	0,00
14000	5	6,99	0,00	7,34	0,04	6,94	0,07	7,21	0,13	6,96	0,00	7,08	0,03
14000	7	7,04	0,01	7,43	0,01	7,01	0,01	7,28	0,01	7,09	0,06	7,23	0,00
18000	3	7,17	0,00	7,35	0,03	7,09	0,03	7,19	0,01	7,02	0,00	7,13	0,04
18000	5	7,21	0,01	7,55	0,09	7,19	0,01	7,39	0,03	7,14	0,00	7,29	0,03
18000	7	7,32	0,00	7,58	0,01	7,26	0,00	7,49	0,02	7,24	0,04	7,35	0,00
22000	3	7,22	0,01	7,39	0,03	7,17	0,00	7,21	0,03	7,13	0,01	7,20	0,00
22000	5	7,36	0,04	7,57	0,06	7,33	0,03	7,51	0,03	7,21	0,03	7,47	0,05
22000	7	7,39	0,02	7,73	0,01	7,35	0,03	7,61	0,01	7,31	0,07	7,53	0,00
n (d/dk)	u (m/dk)	%12 Rutubet											
		\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S
10000	3	7,07	0,02	7,19	0,03	6,83	0,02	6,95	0,06	6,83	0,04	6,91	0,03
10000	5	7,17	0,04	7,34	0,07	6,94	0,03	7,07	0,10	6,88	0,06	7,01	0,06
10000	7	7,21	0,10	7,48	0,03	6,93	0,07	7,10	0,02	6,95	0,05	7,04	0,02
14000	3	7,03	0,02	7,15	0,05	6,89	0,03	7,03	0,01	6,92	0,03	7,03	0,04
14000	5	7,19	0,06	7,40	0,09	6,95	0,09	7,23	0,03	6,97	0,04	7,12	0,08
14000	7	7,28	0,05	7,58	0,02	7,01	0,01	7,32	0,05	7,07	0,02	7,30	0,06
18000	3	7,12	0,03	7,23	0,05	6,95	0,01	7,09	0,04	6,91	0,07	7,00	0,04
18000	5	7,27	0,04	7,49	0,05	7,04	0,05	7,30	0,08	6,96	0,05	7,22	0,05
18000	7	7,33	0,05	7,64	0,04	7,10	0,03	7,37	0,03	7,04	0,07	7,36	0,02
22000	3	7,23	0,02	7,28	0,03	7,12	0,04	7,27	0,05	7,06	0,01	7,25	0,03
22000	5	7,33	0,04	7,55	0,06	7,15	0,08	7,38	0,06	7,10	0,07	7,34	0,06
22000	7	7,39	0,07	7,66	0,06	7,22	0,05	7,53	0,05	7,16	0,12	7,49	0,03
n (d/dk)	u (m/dk)	%15 Rutubet											
		\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S
10000	3	7,07	0,03	7,24	0,10	7,07	0,05	7,13	0,06	6,97	0,05	7,05	0,03
10000	5	7,26	0,03	7,52	0,09	7,24	0,10	7,36	0,08	7,06	0,07	7,28	0,05
10000	7	7,39	0,05	7,64	0,07	7,20	0,04	7,39	0,04	7,16	0,04	7,27	0,05
14000	3	7,07	0,03	7,25	0,07	7,09	0,05	7,26	0,03	7,15	0,07	7,21	0,04
14000	5	7,22	0,03	7,60	0,06	7,30	0,08	7,42	0,09	7,12	0,02	7,30	0,05
14000	7	7,39	0,07	7,66	0,04	7,64	0,54	7,58	0,06	7,19	0,04	7,32	0,03
18000	3	7,28	0,14	7,49	0,06	7,25	0,02	7,33	0,06	7,26	0,03	7,39	0,03
18000	5	7,28	0,08	7,49	0,07	7,25	0,03	7,33	0,05	7,13	0,02	7,29	0,02
18000	7	7,43	0,03	7,67	0,06	7,36	0,08	7,57	0,07	7,13	0,07	7,37	0,03
22000	3	7,25	0,05	7,43	0,04	7,35	0,07	7,47	0,05	7,21	0,05	7,33	0,04
22000	5	7,34	0,11	7,55	0,09	7,45	0,05	7,60	0,04	7,29	0,08	7,52	0,09
22000	7	7,57	0,07	7,82	0,05	7,48	0,11	7,74	0,08	7,40	0,06	7,55	0,04

Doğu Ladini odun örnekleri rutubet miktarlarına ait kesme gücü değerlerinin istatistik analizleri yapılarak sonuçlar Tablo 46'da belirtilmiştir.

Tablo 46. Doğu Ladini odununda rutubetlere ait kesme gücü değerleri (kW)

Ağaç Türü: Doğu Ladini		%8 Rutubet											
		a/h=12 mm				a/h=10 mm				a/h=8 mm			
n (d/dk)	u (m/dk)	Kesitler											
		LDTK LDEK		LPTK LPRK		LDTK LDEK		LPTK LPRK		LDTK LDEK		LPTK LPRK	
		kW		kW		kW		kW		kW		kW	
		\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S
10000	3	6,94	0,04	7,05	0,04	6,89	0,01	7,02	0,05	6,93	0,03	6,97	0,01
10000	5	6,94	0,05	7,08	0,05	6,93	0,05	7,11	0,02	6,93	0,04	7,00	0,01
10000	7	7,06	0,06	7,19	0,05	7,01	0,02	7,17	0,05	7,00	0,03	7,18	0,04
14000	3	7,01	0,05	7,09	0,04	6,93	0,05	7,03	0,04	6,95	0,05	7,01	0,02
14000	5	7,03	0,06	7,21	0,07	6,98	0,01	7,09	0,04	7,00	0,03	7,05	0,02
14000	7	7,13	0,02	7,30	0,03	7,04	0,01	7,22	0,05	7,02	0,03	7,21	0,04
18000	3	7,22	0,02	7,34	0,05	7,16	0,02	7,29	0,03	7,09	0,04	7,20	0,02
18000	5	7,37	0,02	7,46	0,02	7,18	0,04	7,40	0,04	7,11	0,05	7,32	0,04
18000	7	7,43	0,04	7,58	0,05	7,35	0,13	7,52	0,05	7,22	0,03	7,44	0,04
22000	3	7,34	0,03	7,53	0,10	7,22	0,02	7,34	0,03	7,13	0,03	7,29	0,04
22000	5	7,45	0,05	7,81	0,04	7,39	0,01	7,45	0,04	7,24	0,10	7,41	0,04
22000	7	7,57	0,06	7,96	0,03	7,37	0,03	7,58	0,03	7,33	0,05	7,48	0,09
n (d/dk)	u (m/dk)	%12 Rutubet											
		\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S
10000	3	7,07	0,01	7,25	0,04	6,85	0,01	7,06	0,06	6,86	0,03	6,94	0,03
10000	5	7,18	0,02	7,39	0,15	6,95	0,03	7,05	0,03	6,93	0,03	7,02	0,05
10000	7	7,21	0,08	7,46	0,03	7,07	0,03	7,25	0,04	7,03	0,01	7,15	0,01
14000	3	7,14	0,03	7,24	0,03	6,98	0,06	7,13	0,09	6,99	0,03	7,06	0,04
14000	5	7,15	0,05	7,30	0,03	7,00	0,02	7,19	0,04	7,02	0,07	7,16	0,08
14000	7	7,28	0,10	7,62	0,05	7,16	0,08	7,57	0,04	7,08	0,03	7,40	0,01
18000	3	7,23	0,03	7,38	0,04	7,12	0,04	7,24	0,03	7,00	0,02	7,07	0,01
18000	5	7,27	0,04	7,49	0,03	7,16	0,04	7,34	0,07	7,10	0,07	7,23	0,04
18000	7	7,32	0,04	7,67	0,03	7,25	0,07	7,60	0,08	7,22	0,05	7,54	0,06
22000	3	7,18	0,02	7,28	0,02	7,18	0,05	7,31	0,05	7,15	0,06	7,29	0,04
22000	5	7,31	0,06	7,66	0,05	7,25	0,06	7,43	0,06	7,17	0,08	7,35	0,06
22000	7	7,37	0,04	7,73	0,03	7,36	0,07	7,67	0,03	7,34	0,05	7,56	0,07
n (d/dk)	u (m/dk)	%15 Rutubet											
		\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S
10000	3	7,07	0,04	7,22	0,06	7,01	0,03	7,11	0,03	6,99	0,03	7,08	0,05
10000	5	7,12	0,03	7,27	0,03	7,05	0,02	7,16	0,02	7,04	0,04	7,12	0,07
10000	7	7,20	0,05	7,37	0,08	7,07	0,02	7,39	0,03	7,09	0,03	7,37	0,07
14000	3	7,09	0,05	7,24	0,05	7,01	0,04	7,11	0,03	7,11	0,03	7,24	0,05
14000	5	7,22	0,04	7,37	0,06	7,16	0,02	7,32	0,04	7,13	0,01	7,26	0,03
14000	7	7,41	0,07	7,66	0,14	7,26	0,08	7,56	0,05	7,22	0,12	7,46	0,10
18000	3	7,22	0,06	7,33	0,07	7,18	0,04	7,28	0,07	7,12	0,03	7,27	0,05
18000	5	7,34	0,03	7,50	0,05	7,22	0,01	7,37	0,02	7,20	0,05	7,33	0,06
18000	7	7,67	0,48	7,83	0,44	7,31	0,06	7,68	0,03	7,30	0,07	7,52	0,07
22000	3	7,34	0,02	7,44	0,04	7,18	0,04	7,34	0,04	7,19	0,06	7,44	0,04
22000	5	7,42	0,08	7,66	0,03	7,32	0,03	7,55	0,02	7,32	0,10	7,45	0,04
22000	7	7,60	0,09	7,90	0,06	7,45	0,07	7,74	0,04	7,40	0,06	7,64	0,04

Tablo 43-46'ya göre: Doğu Kayını, Anadolu Kestanesi, Doğu Ladini ve Sarıçam ağaç odunlarında devir, besleme hızı, işleme ve rutubet miktarı arttıkça kesme gücü artmıştır.

Tüm kesitlere ait en yüksek kesme gücü sırasıyla Doğu Kayını, Anadolu Kestanesi, Sarıçam ve Doğu Ladini'nde elde edilmiştir.

Kesme gücü değerlerinin çoklu varyans analizi yapılarak, sonuçlar Tablo 47'de belirtilmiştir.

Tablo 47. Kesme gücü değerlerine ait çoklu varyans analizi sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (df)	Kareler Ortalaması	F _{hesap}	Önem Düzeyi*
KST	105,112	3	35,037	4026,137	,000
D	91,846	3	30,615	3517,974	,000
BH	77,901	2	38,950	4475,777	,000
KD	71,657	2	35,829	4117,040	,000
AT	23,021	3	7,674	881,777	,000
RTB	44,889	2	22,445	2579,098	,000
KST * D	1,152	9	,128	14,706	,000
KST * BH	6,582	6	1,097	126,057	,000
KST * KD	1,417	6	,236	27,137	,000
KST * AT	8,154	9	,906	104,114	,000
KST * RTB	,705	6	,118	13,507	,000
D * BH	1,794	6	,299	34,364	,000
D * KD	1,201	6	,200	23,009	,000
D * AT	4,324	9	,480	55,208	,000
D * RTB	4,871	6	,812	93,282	,000
BH * KD	2,475	4	,619	71,093	,000
BH * AT	2,063	6	,344	39,506	,000
BH * RTB	1,867	4	,467	53,648	,000
KD * AT	15,543	6	2,591	297,682	,000
KD * RTB	6,108	4	1,527	175,468	,000
AT * RTB	40,882	6	6,814	782,954	,000
KST * D * BH	,264	18	,015	1,686	,034
KST * D * KD	,209	18	,012	1,335	,154*
KST * D * AT	,933	27	,035	3,969	,000
KST * D * RTB	,821	18	,046	5,243	,000
KST * BH * KD	,221	12	,018	2,112	,013
KST * BH * AT	,296	18	,016	1,889	,013
KST * BH * RTB	,621	12	,052	5,943	,000
KST * KD * AT	,649	18	,036	4,140	,000
KST * KD * RTB	,633	12	,053	6,057	,000
KST * AT * RTB	1,925	18	,107	12,290	,000
D * BH * KD	,502	12	,042	4,808	,000
D * BH * AT	2,926	18	,163	18,679	,000
D * BH * RTB	1,923	12	,160	18,411	,000
D * KD * AT	1,944	18	,108	12,409	,000
D * KD * RTB	1,826	12	,152	17,481	,000
D * AT * RTB	8,618	18	,479	55,019	,000
BH * KD * AT	,519	12	,043	4,972	,000
BH * KD * RTB	,608	8	,076	8,729	,000
BH * AT * RTB	1,705	12	,142	16,327	,000
KD * AT * RTB	8,169	12	,681	78,229	,000
KST * D * BH * KD	,284	36	,008	,907	,628*
KST * D * BH * AT	,512	54	,009	1,089	,304*

Tablo 47'nin devamı

KST * D * BH * RTB	,604	36	,017	1,928	,001
KST * D * KD * AT	,466	54	,009	,991	,493*
KST * D * KD * RTB	,262	36	,007	,835	,746*
KST * D * AT * RTB	1,159	54	,021	2,467	,000
KST * BH * KD * AT	,327	36	,009	1,043	,398*
KST * BH * KD * RTB	,185	24	,008	,887	,622*
KST * BH * AT * RTB	,596	36	,017	1,902	,001
KST * KD * AT * RTB	2,469	36	,069	7,880	,000
D * BH * KD * AT	1,493	36	,041	4,766	,000
D * BH * KD * RTB	,849	24	,035	4,066	,000
D * BH * AT * RTB	8,881	36	,247	28,346	,000
D * KD * AT * RTB	6,771	36	,188	21,614	,000
BH * KD * AT * RTB	1,819	24	,076	8,709	,000
KST * D * BH * KD * AT	,854	108	,008	,908	,741*
KST * D * BH * KD * RTB	,345	72	,005	,551	,999*
KST * D * BH * AT * RTB	1,163	108	,011	1,237	,050*
KST * D * KD * AT * RTB	,914	108	,008	,973	,562*
KST * BH * KD * AT * RTB	,790	72	,011	1,260	,068*
D * BH * KD * AT * RTB	3,249	72	,045	5,185	,000
KST * D * BH * KD * AT * RTB	1,215	216	,006	,646	1,000
Hata	60,152	6912	,009		
Toplam	458304,961	8640			

KST: Kesitler, D: Devir, BH: Besleme Hızı, KD=Kesiş derinliği, AT: Ağaç Türü, RTB: Rutubet Miktarı
*%5 önem düzeyinde anlamsız bulunan etkileşimler

Tablo 47'ye göre kesme gücü üzerine sadece 12 etkileşim %5 önem düzeyinde anlamsız bulunmuştur. Ana etkenler başta olmak üzere bunların etkileşimleri çoğunlukla %5 önem düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Bu amaçla; ana etkenler ile kesitlerin ağaç türleri, rutubet miktarları, devirler, besleme hızları, kesiş derinlikleri, besleme hızı-devir, ağaç türü-rutubet miktarı, kesiş derinliği-ağaç türü, kesiş derinliği-besleme hızı, kesiş derinliği-rutubet miktarı, rutubet miktarı-devir, rutubet miktarı-besleme hızı etkileşimlerinin kesme gücüne etkileri incelenmiştir.

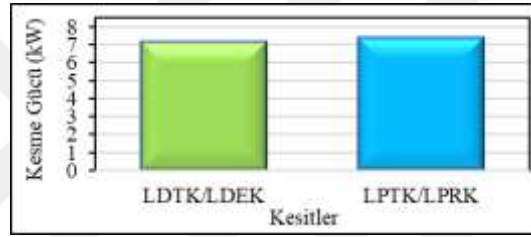
3.4.1. Kesme Gücüne Kesitlerin Etkisi

Kesitler arasında kesme gücü değerlerinin oluşturacağı homojenlik gruplarının belirlenmesinde Duncan testi uygulanmıştır. Örnek sayıları 2160 olup, sonuçlar Tablo 48 ve Şekil 92'de belirtilmiştir.

Tablo 48. Kesitlere ait kesme gücü değerleri (kW) ve homojenlik grupları

Kesitler	\bar{x}	S	Min. Değer	Mak. Değer	HG
LDTK LDEK	7,168	0.226	6.48	8.70	A
LPTK LPRK	7,388	0.272	6.84	8.70	B

Tablo 48'e göre; LDTK ile LPTK arasında %0,01 önem düzeyinde bir farklılık bulunmaktadır. Kesitler arasında kesme gücü değerlerinin 2 homojenlik grubunda toplandığı görülmüştür.



Şekil 92. Kesitlere ait ortalama kesme gücü değerleri grafiği

Şekil 92'ye göre; kesme gücü değerleri LDTK'de LPTK'ye göre daha yüksek çıkmıştır.

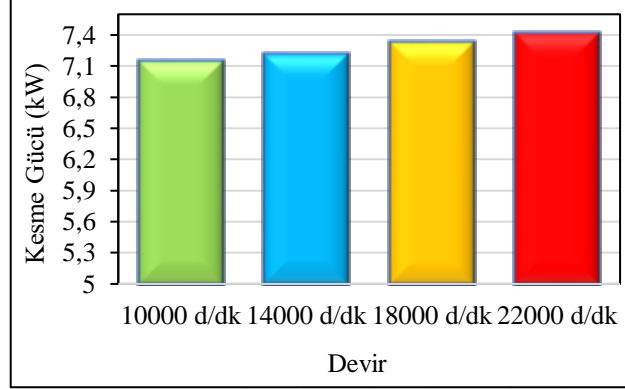
3.4.2. Kesme Gücüne Devirlerin Etkisi

Devirler arasında kesme gücü değerlerinin oluşturacağı homojenlik gruplarının belirlenmesinde Duncan testi uygulanmıştır. Örnek sayıları 1080 olup, sonuçlar Tablo 49 ve Şekil 93'te belirtilmiştir.

Tablo 49. Devirlere ait kesme gücü değerleri (kW) ve homojenlik grupları

Devir (d/dk)	\bar{x}	S	Min. Değer	Mak. Değer	HG
10000	7,149	0.240	6.48	8.37	A
14000	7,217	0.257	6.60	8.70	B
18000	7,326	0.268	6.60	8.70	C
22000	7,420	0.244	6.69	8.46	D

Tablo 49'a göre; devirler arasında %0,01 önem düzeyinde bir farklılık bulunmakla birlikte, kesme gücü değerlerinin 4 HG'de toplandığı görülmüştür.



Şekil 93. Devirlere ait ortalama kesme gücü değerleri grafiği

Şekil 93'e göre; devir arttıkça, kesme gücü değerlerinin de arttığı görülmüştür.

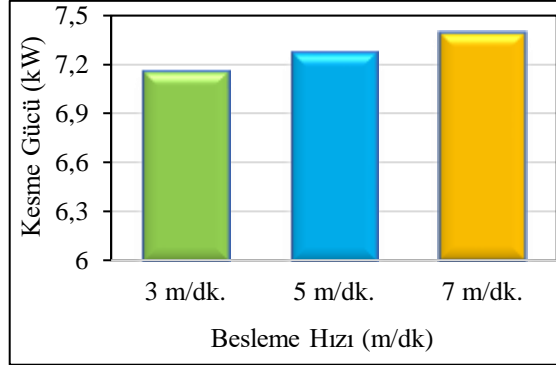
3.4.3. Kesme Gücüne Besleme Hızlarının Etkisi

Besleme hızları arasında kesme gücü değerlerinin oluşturacağı homojenlik gruplarının belirlenmesinde Duncan testi uygulanmıştır. Örnek sayıları 1440 olup, sonuçlar Tablo 50 ve Şekil 94'te belirtilmiştir.

Tablo 50. Besleme hızlarına ait kesme gücü değerleri (kW) ve homojenlik grupları

Besleme Hızı (m/dk.)	\bar{x}	S	Min. Değer	Mak. Değer	HG
3	7,161	0.205	6.54	8.04	A
5	7,279	0.258	6.48	8.40	B
7	7,394	0.297	6.60	8.70	C

Tablo 50'ye göre; besleme hızları arasında %0,01 önem düzeyinde bir farklılık bulunmakla birlikte, kesme gücü değerlerinin 3 HG'de toplandığı görülmüştür.



Şekil 94. Besleme hızlarına ait ortalama kesme gücü değerleri grafiği

Şekil 94'e göre; besleme hızı arttıkça, kesme gücü değerlerinin de arttığı görülmüştür.

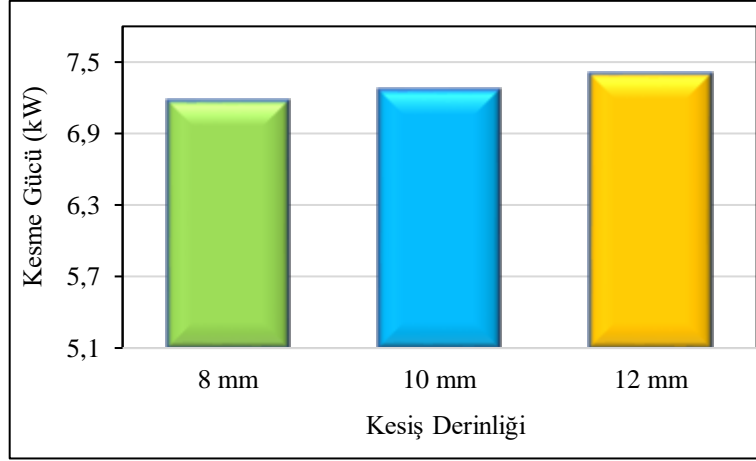
3.4.4. Kesme Gücüne Kesiş Derinliklerinin Etkisi

Kesiş derinlikleri arasında kesme gücü değerlerinin oluşturacağı homojenlik gruplarının belirlenmesinde Duncan testi uygulanmıştır. Örnek sayıları 1440 olup, sonuçlar Tablo 51 ve Şekil 95'te belirtilmiştir.

Tablo 51. Kesiş derinliklerine ait kesme gücü değerleri (kW) ve homojenlik grupları

Kesiş derinliği (mm)	\bar{x}	S	Min. Değer	Mak. Değer	HG
8	7,174	0.215	6.54	7.98	A
10	7,263	0.252	6.48	8.70	B
12	7,396	0.299	6.69	8.70	C

Tablo 51'e göre; kesiş derinlikleri arasında %0,01 önem düzeyinde bir farklılık bulunmakla birlikte, kesme gücü değerlerinin 3 HG'de toplandığı görülmüştür.



Şekil 95. Kesiş derinliklerine ait ortalama kesme gücü değerleri grafiği

Şekil 95'e göre; kesiş derinliği arttıkça, kesme gücü değerlerinin de arttığı görülmüştür.

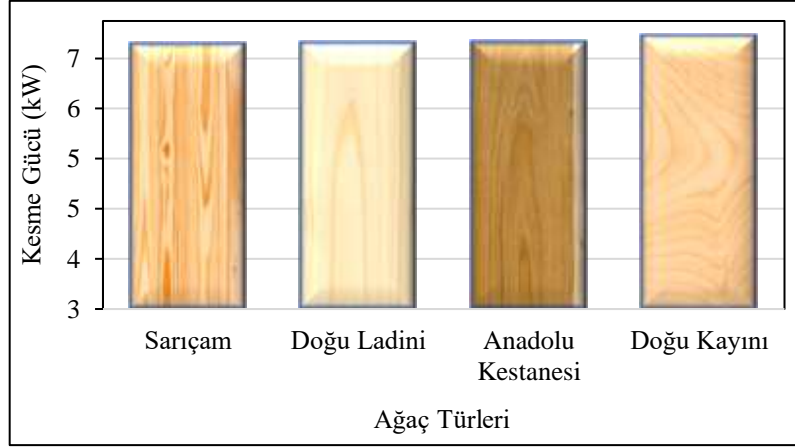
3.4.5. Kesme Gücüne Ağaç Türlerinin Etkisi

Ağaç türleri arasında kesme gücü değerlerinin oluşturacağı homojenlik gruplarının belirlenmesinde Duncan testi uygulanmıştır. Örnek sayıları 1080 olup, sonuçlar Tablo 52 ve Şekil 96'da belirtilmiştir.

Tablo 52. Ağaç türlerine ait kesme gücü değerleri (kW) ve homojenlik grupları

Ağaç Türleri	\bar{x}	S	Min. Değer	Mak. Değer	HG
Sarıçam	7,230	0.223	6.78	8.70	A
Doğu Ladini	7,254	0.224	6.81	8.70	B
Anadolu Kestanesi	7,263	0.232	6.69	8.31	C
Doğu Kayını	7,365	0.366	6.48	8.52	D

Tablo 52'ye göre; ağaç türleri arasında %0,01 önem düzeyinde bir farklılık bulunmakla birlikte, kesme gücü değerlerinin 4 HG'de toplandığı görülmüştür.



Şekil 96. Ağaç türlerine ait ortalama kesme gücü değerleri grafiği

Şekil 96'ya göre; genel olarak yoğunluk arttıkça kesme gücünün arttığı görülmüştür. Ancak; Sarıçam'ın yoğunluğu bir miktar daha yüksek olmakla birlikte, Doğu Ladini'ne göre bir miktar daha düşük kesme gücü değerleri elde edilmiştir.

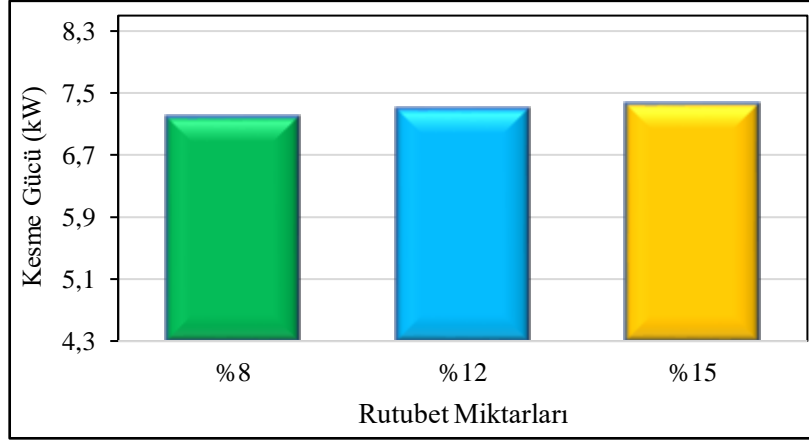
3.4.6. Kesme Gücüne Rutubet Miktarlarının Etkisi

Rutubet miktarları arasında kesme gücü değerlerinin oluşturacağı homojenlik gruplarının belirlenmesinde Duncan testi uygulanmıştır. Örnek sayıları 1440 olup, sonuçlar Tablo 53 ve Şekil 97'de belirtilmiştir.

Tablo 53. Rutubet miktarlarına ait kesme gücü değerleri (kW) ve homojenlik grupları

Rutubet Miktarları (%)	\bar{x}	S	Min. Değer	Mak. Değer	HG
8	7,182	0.244	6.48	8.01	A
12	7,296	0.285	6.72	8.46	B
15	7,356	0.260	6.84	8.70	C

Tablo 53'e göre; rutubet miktarları arasında %0,01 önem düzeyinde bir farklılık bulunmakla birlikte, kesme gücü değerlerinin 3 HG'de toplandığı görülmüştür.



Şekil 97. Rutubet miktarlarına ait ortalama kesme gücü değerleri grafiği

Şekil 97'ye göre; rutubet miktarı arttıkça, kesme gücü değerlerinin arttığı görülmüştür.

3.4.7. Kesme Gücüne Kesitler-Ağaç Türlerinin Etkisi

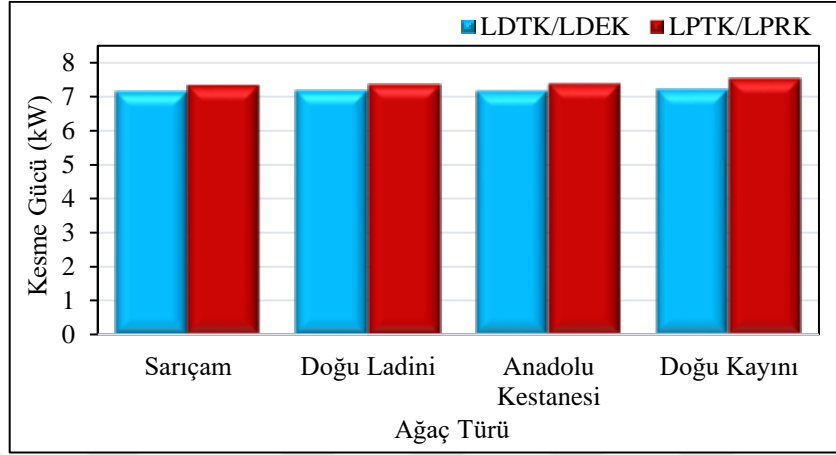
Kesitler-ağaç türü etkileşiminde kesme gücü değerlerinin oluşturacağı homojenlik gruplarının belirlenmesinde Duncan testi uygulanmıştır. Örnek sayıları 540 olup, sonuçlar Tablo 54 ve Şekil 98'de belirtilmiştir.

Tablo 54. Kesitler-ağaç türü etkileşimine ait kesme gücü değerleri (kW)

Ağaç Türleri	Kesitler	\bar{x}	HG
Sarıçam	LDTK	7.139	A
Anadolu Kestanesi		7.164	A
Doğu Ladini		7.166	A
Doğu Kayını	LDEK	7.202	B
Sarıçam	LPTK	7.321	A
Doğu Ladini		7.343	A
Anadolu Kestanesi		7.362	B
Doğu Kayını	LPRK	7.528	C

Tablo 54'e göre; kesitler-ağaç türü etkileşiminde %0,01 önem düzeyinde anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Buna göre; LDTK'de Sarıçam, Anadolu Kestanesi ve Doğu Ladini arasında aynı önem düzeyinde bir fark bulunmamış olup, kesme gücü değerleri 2 HG'de toplanmıştır. LPTK'de ise Sarıçam ve Doğu Ladini arasında aynı anlamlılık düzeyinde bir

fark bulunmamış olup, Anadolu Kestanesi ve Doğu Kayını arasında bir farklılık olduğu görülmüştür. Kesme gücü değerleri ise 3 HG’de toplanmıştır.



Şekil 98. Kesitler-ağaç türü etkileşimine ait ortalama kesme gücü değerleri grafiği

Şekil 98’e göre; tüm ağaç türlerinde LPTK’de LDTK’ye göre bir miktar daha yüksek kesme gücü değerleri elde edilmiştir.

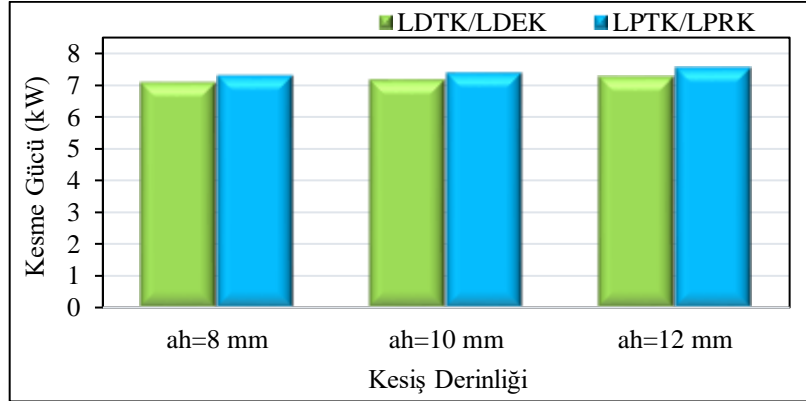
3.4.8. Kesme Gücüne Kesitler-Kesiş Derinliklerinin Etkisi

Kesitler-kesiş derinliklerine ait kesme gücü değerlerinin istatistik analizleri yapılmıştır. Örnek sayıları 720 olup, sonuçlar Tablo 55 ve Şekil 99’da belirtilmiştir.

Tablo 55. Kesitler-kesiş derinliği etkileşimine ait kesme gücü değerleri (kW)

Kesitler	a/h (mm)	\bar{x}	S	Min. Değer	Mak. Değer
LDTK LDEK	8	7,077	0.188	6.54	7.74
	10	7,158	0.209	6.48	8.70
	12	7,268	0.236	6.69	8.61
LPTK LPRK	8	7,272	0.195	6.84	7.98
	10	7,369	0.247	6.84	8.31
	12	7,524	0.301	6.87	8.70

Yapılan istatistikler sonucunda; kesitler-kesiş derinlikleri etkileşiminin %0,01 önem düzeyinde kesme gücünü etkilediği belirlenmiştir.



Şekil 99. Kesitler-kesiş derinliği etkileşimine ait ortalama kesme gücü değerleri grafiği

Şekil 99'a göre; tüm kesiş derinliklerinde LPTK'de LDTK'ye göre bir miktar daha yüksek kesme gücü değerleri elde edilmiş ve kesiş derinliği arttıkça, kesme gücü de artmıştır.

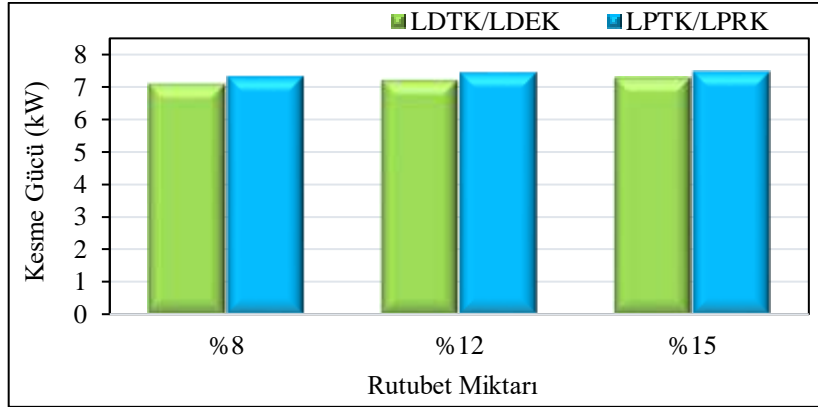
3.4.9. Kesme Gücüne Kesitler- Rutubet Miktarlarının Etkisi

Kesitler-rutubet miktarlarına ait kesme gücü değerlerinin istatistik analizleri yapılmıştır. Örnek sayıları 720 olup, sonuçlar Tablo 56 ve Şekil 100'de belirtilmiştir.

Tablo 56. Kesitler-rutubet miktarı etkileşimine ait kesme gücü değerleri (kW)

Kesitler	Rutubet Miktarı (%)	\bar{x}	S	Min. Değer	Mak. Değer
LDTK LDEK	8	7,067	0.206	6.48	7.65
	12	7,178	0.207	6.72	7.86
	15	7,258	0.222	6.84	8.70
LPTK LPRK	8	7,297	0.223	6.48	7.65
	12	7,414	0.304	6.72	7.86
	15	7,454	0.259	6.84	8.70

Yapılan istatistikler sonucunda; kesitler- rutubet miktarları etkileşiminin %0,01 önem düzeyinde kesme gücünü etkilediği belirlenmiştir.



Şekil 100. Kesitler-rutubet miktarı etkileşimine ait ortalama kesme gücü değerleri grafiği

Şekil 100'e göre; tüm rutubet miktarlarında LPTK'de LDTK'ye göre bir miktar daha yüksek kesme gücü değerleri elde edilmiş ve rutubet miktarı arttıkça, kesme gücü de artmıştır.

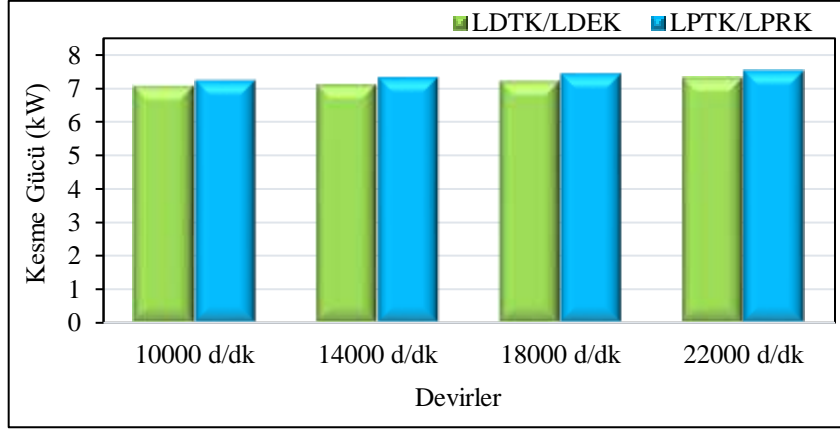
3.4.10. Kesme Gücüne Kesitler-Devirlerin Etkisi

Kesitler-devirlere ait kesme gücü değerlerinin istatistik analizleri yapılmıştır. Örnek sayıları 540 olup, sonuçlar Tablo 57 ve Şekil 101'de belirtilmiştir.

Tablo 57. Kesitler-devir etkileşimine ait kesme gücü değerleri (kW)

Kesitler	Devir (d/dk)	\bar{x}	S	Min. Değer	Mak. Değer
LDTK LDEK	10000	7,058	0.195	6.48	7.86
	14000	7,101	0.199	6.60	8.70
	18000	7,204	0.213	6.60	8.61
	22000	7,307	0.207	6.69	8.07
LPTK LPRK	10000	7,240	0.247	6.84	8.37
	14000	7,334	0.256	6.90	8.34
	18000	7,446	0.263	6.96	8.70
	22000	7,532	0.227	7.05	8.46

Yapılan istatistikler sonucunda; kesitler- devirler etkileşiminin %0,01 önem düzeyinde kesme gücünü etkilediği belirlenmiştir.



Şekil 101. Kesitler-devir etkileşimine ait ortalama kesme gücü değerleri grafiği

Şekil 101'e göre; devir arttıkça, kesme gücünün arttığı ve LPTK'de LDTK'ye göre daha yüksek çıktığı görülmüştür.

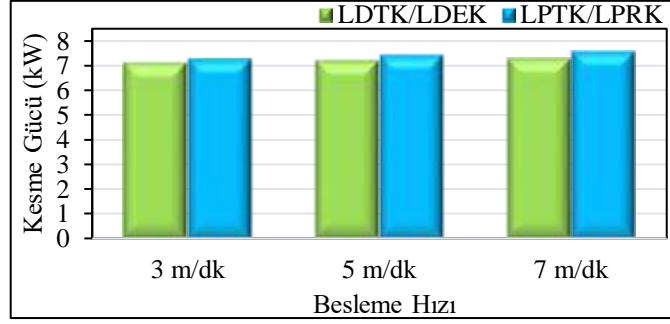
3.4.11. Kesme Gücüne Kesitler-Besleme Hızlarının Etkisi

Kesitler-besleme hızlarına ait kesme gücü değerlerinin istatistik analizleri yapılmıştır. Örnek sayıları 720 olup, sonuçlar Tablo 58 ve Şekil 102'de belirtilmiştir.

Tablo 58. Kesitler-besleme hızı etkileşimine ait kesme gücü değerleri (kW)

Kesitler	Besleme Hızı (m/dk.)	\bar{x}	S	Min. Değer	Mak. Değer
LDTK LDEK	3	7,086	0.179	6.54	7.80
	5	7,166	0.214	6.48	7.95
	7	7,251	0.247	6.60	8.70
LPTK LPRK	3	7,237	0.202	6.84	8.04
	5	7,392	0.248	6.93	8.40
	7	7,537	0.273	6.84	8.70

Yapılan istatistikler sonucunda; kesitler-besleme hızları etkileşiminin %0,01 önem düzeyinde kesme gücünü etkilediği belirlenmiştir.



Şekil 102. Kesitler-besleme hızı etkileşimine ait ortalama kesme gücü değerleri grafiği

Şekil 102'ye göre; besleme hızı arttıkça, kesme gücünün de arttığı ve LPTK'de LDTK'ye göre daha yüksek çıktığı görülmüştür.

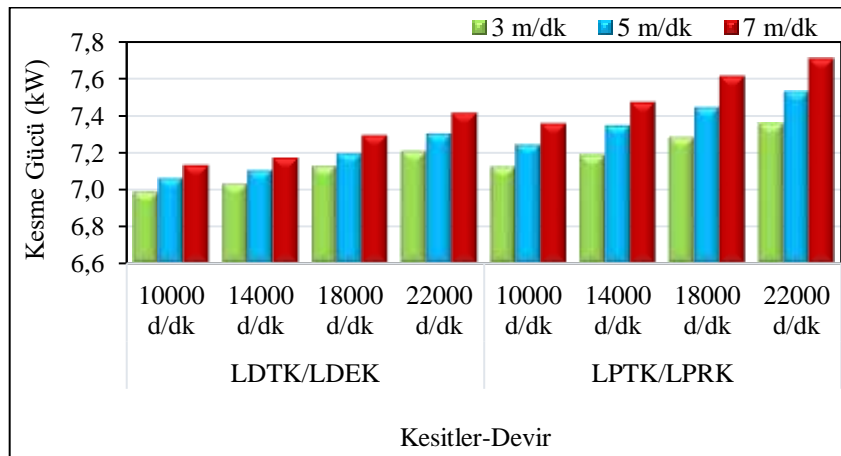
3.4.12. Kesme Gücüne Kesitler-Besleme Hızları-Devirlerin Etkisi

Kesitler-besleme hızları-devirlere ait kesme gücü değerlerinin istatistik analizleri yapılmıştır. Örnek sayıları 180 olup, sonuçlar Tablo 59 ve Şekil 103'te belirtilmiştir.

Tablo 59. Kesitler-besleme hızı-devir etkileşimine ait kesme gücü değerleri (kW)

Kesitler	Devir (d/dk)	Besleme Hızı (m/dk.)	\bar{x}	S	Min. Değer	Mak. Değer
LDTK LDEK	10000	3	6,986	0.162	6.54	7.53
		5	7,060	0.190	6.8	7.74
		7	7,129	0.206	6.60	7.86
	14000	3	7,028	0.159	6.69	7.71
		5	7,103	0.192	6.63	7.74
		7	7,170	0.218	6.60	8.70
	18000	3	7,124	0.148	6.60	7.68
		5	7,197	0.194	6.66	7.95
		7	7,292	0.251	6.60	8.61
	22000	3	7,206	0.159	6.81	7.80
		5	7,303	0.198	6.69	7.89
		7	7,413	0.208	6.72	8.07
LPTK LPRK	10000	3	7,122	0.183	6.84	7.74
		5	7,244	0.233	6.93	8.28
		7	7,355	0.262	6.84	8.37
	14000	3	7,186	0.222	6.90	8.04
		5	7,346	0.241	6.96	8.34
		7	7,471	0.222	7.02	8.31
	18000	3	7,281	0.168	6.96	7.98
		5	7,446	0.248	7.11	8.40
		7	7,612	0.253	7.02	8.70
	22000	3	7,356	0.146	7.05	8.04
		5	7,532	0.165	7.26	8.07
		7	7,708	0.211	7.26	8.46

Yapılan istatistikler sonucunda; kesitler-besleme hızları-devirler etkileşiminin %0,01 önem düzeyinde kesme gücünü etkilediği belirlenmiştir.



Şekil 103. Kesitler-besleme hızı-devir etkileşimine ait ortalama kesme gücü değerleri grafiği

Şekil 103'e göre; devir ve besleme hızları arttıkça kesme gücünün de arttığı ve LPTK'de LDTK'ye göre daha yüksek değerler elde edildiği görülmüştür.

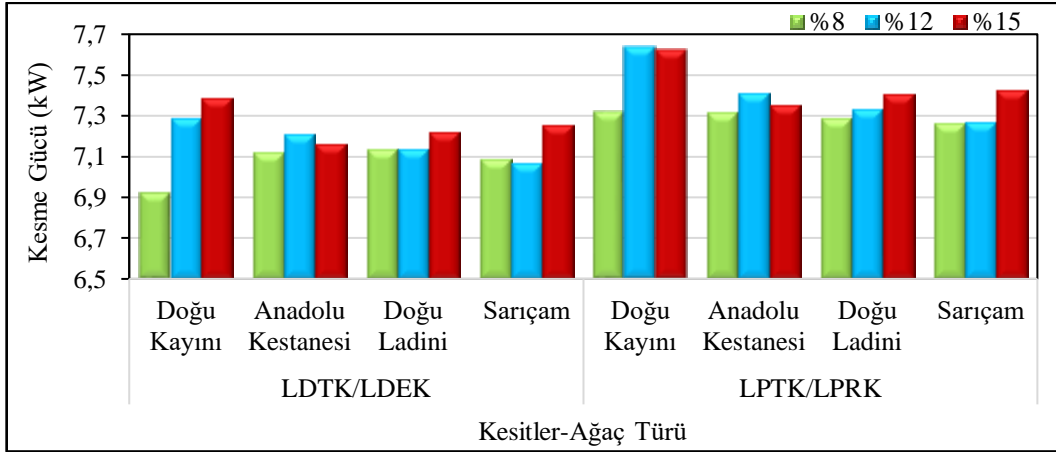
3.4.13. Kesme Gücüne Kesitler-Ağaç Türleri-Rutubet Miktarlarının Etkisi

Kesitler-ağaç türleri-rutubet miktarlarına ait kesme gücü değerlerinin istatistik analizleri yapılmıştır. Örnek sayıları 180 olup, sonuçlar Tablo 60 ve Şekil 104'te belirtilmiştir.

Tablo 60. Kesitler-ağaç türü-rutubet miktarı etkileşimine ait kesme gücü değerleri (kW)

Kesitler	Ağaç Türleri	Rutubet Miktarı (%)	\bar{x}	S	Min. Değer	Mak. Değer	
LDTK LDEK	Doğu Kayını	8	6,924	0.227	6.48	7.47	
		12	7,291	0.254	6.72	7.86	
		15	7,391	0.275	6.84	8.10	
	Anadolu Kestanesi	8	7,120	0.164	6.69	7.50	
		12	7,211	0.188	6.84	7.80	
		15	7,162	0.157	6.84	7.56	
	Doğu Ladini	8	7,136	0.188	6.87	7.65	
		12	7,138	0.145	6.81	7.44	
		15	7,223	0.186	6.93	8.61	
	Sarıçam	8	7,088	0.166	6.78	7.41	
		12	7,072	0.157	6.78	7.47	
		15	7,258	0.184	6.90	8.70	
	LPTK LPRK	Doğu Kayını	8	7,319	0.216	6.84	7.92
			12	7,638	0.356	7.02	8.46
			15	7,627	0.309	7.02	8.52
Anadolu Kestanesi		8	7,317	0.216	6.93	7.86	
		12	7,413	0.275	6.93	8.31	
		15	7,355	0.215	6.90	7.92	
Doğu Ladini		8	7,289	0.234	6.93	8.01	
		12	7,335	0.217	6.90	7.77	
		15	7,405	0.224	6.99	8.70	
Sarıçam		8	7,265	0.224	6.84	7.74	
		12	7,270	0.206	6.87	7.77	
		15	7,428	0.183	7.02	7.89	

Yapılan istatistikler sonucunda; kesitler-ağaç türleri-rutubet miktarları etkileşiminin %0,01 önem düzeyinde kesme gücünü etkilediği belirlenmiştir.



Şekil 104. Kesitler-ağaç türü-rutubet miktarı etkileşimine ait ortalama kesme gücü değerleri grafiği

Şekil 104'e göre; rutubet miktarları arttıkça kesme gücü değerleri de artmıştır. Doğu Kayını'nda ise %12 ve %15 rutubet miktarlarında kesme gücünde belirgin bir artış olduğu görülmüştür. LDTK ve LPTK'de %12 rutubet miktarında en düşük kesme gücü değerlerinin sırasıyla; Sarıçam, Doğu Ladini, Anadolu Kestanesi ve Doğu Kayını'nda çıktığı, %15 rutubet miktarında ise sırasıyla; Anadolu Kestanesi, Doğu Ladini, Sarıçam ve Doğu Kayını'nda çıktığı görülmüştür.

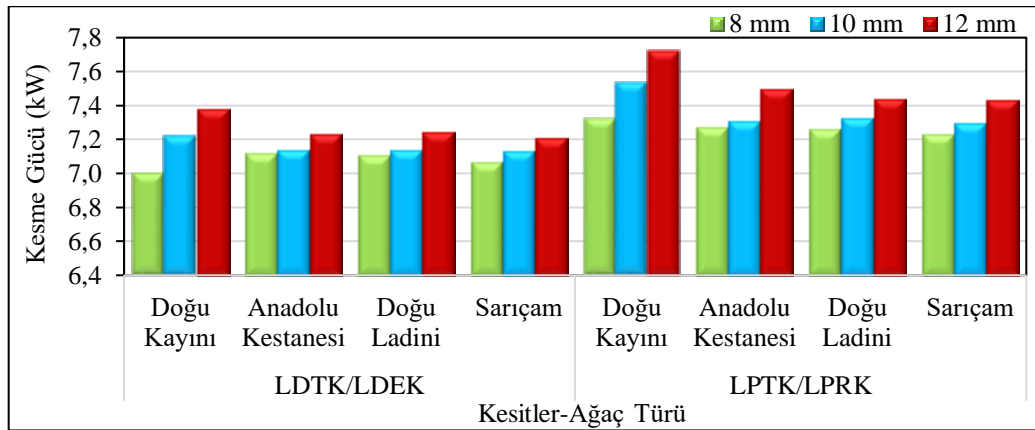
3.4.14. Kesme Gücüne Kesitler- Kesiş Derinlikleri-Ağaç Türlerinin Etkisi

Kesitler-kesis derinlikleri-ağaç türlerine ait kesme gücü değerlerinin istatistik analizleri yapılmıştır. Örnek sayıları 180 olup, sonuçlar Tablo 61 ve Şekil 105'te belirtilmiştir.

Tablo 61. Kesitler-kesiş derinliği-ağaç türü etkileşimine ait kesme gücü değerleri (kW)

Kesitler	a/h (mm)	Ağaç Türü	\bar{x}	S	Min. Değer	Mak. Değer
LDTK LDEK	8	Doğu Kayını	7,000	0.261	6.54	7.74
		Anadolu Kestanesi	7,125	0.146	6.84	7.53
		Doğu Ladini	7,109	0.142	6.81	7.50
		Sarıçam	7,072	0.151	6.78	7.47
	10	Doğu Kayını	7,223	0.266	6.48	7.86
		Anadolu Kestanesi	7,136	0.159	6.75	7.53
		Doğu Ladini	7,139	0.161	6.84	7.50
		Sarıçam	7,135	0.217	6.78	8.70
	12	Doğu Kayını	7,382	0.317	6.69	8.10
		Anadolu Kestanesi	7,231	0.194	6.69	7.80
		Doğu Ladini	7,248	0.198	6.87	8.61
		Sarıçam	7,211	0.166	6.84	7.68
LPTK LPRK	8	Doğu Kayını	7,322	0.207	6.87	7.98
		Anadolu Kestanesi	7,273	0.187	6.90	7.71
		Doğu Ladini	7,264	0.192	6.90	7.71
		Sarıçam	7,230	0.182	6.84	7.68
	10	Doğu Kayını	7,538	0.281	6.84	8.31
		Anadolu Kestanesi	7,313	0.202	6.90	7.77
		Doğu Ladini	7,324	0.207	6.93	7.77
		Sarıçam	7,299	0.210	6.87	7.83
	12	Doğu Kayını	7,724	0.363	6.99	8.52
		Anadolu Kestanesi	7,499	0.261	6.96	8.31
		Doğu Ladini	7,440	0.251	6.99	8.70
		Sarıçam	7,434	0.213	6.87	7.89

Yapılan istatistikler sonucunda; kesitler-kesiş derinlikleri-ağaç türleri etkileşiminin %0,01 önem düzeyinde kesme gücünü etkilediği belirlenmiştir.



Şekil 105. Kesitler-kesiş derinliği-ağaç türü etkileşimine ait ortalama kesme gücü değerleri grafiği

Şekil 105'e göre; LDTK'de 8 mm kesiş derinliğinde Anadolu Kestanesi'nde en yüksek, Doğu Kayını'nda ise en düşük kesme gücü değerleri elde edilmesi yanında, diğer tüm koşullarda en düşük kesme gücü değerleri Sarıçam'da, en yüksek kesme gücü değerleri ise Doğu Kayını'nda çıkmıştır.

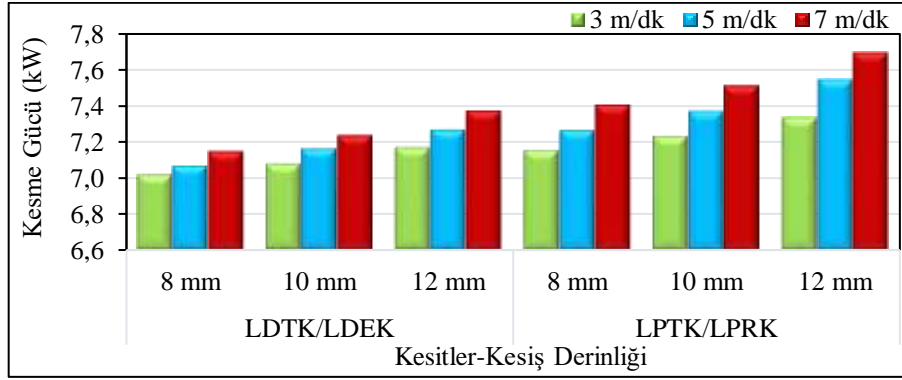
3.4.15. Kesme Gücüne Kesitler- Kesiş Derinlikleri-Besleme Hızlarının Etkisi

Kesitler-kesiş derinlikleri-besleme hızlarına ait kesme gücü değerlerinin istatistik analizleri yapılmıştır. Örnek sayıları 240 olup, sonuçlar Tablo 62 ve Şekil 106'da belirtilmiştir.

Tablo 62. Kesitler-kesiş derinliği-besleme hızı etkileşimine ait kesme gücü değerleri (kW)

Kesitler	a/h (mm)	Besleme Hızı (m/dk)	\bar{x}	S	Min. Değer	Mak. Değer
LDTK LDEK	8	3	7,017	0.151	6.57	7.44
		5	7,068	0.183	6.54	7.47
		7	7,146	0.203	6.60	7.74
	10	3	7,077	0.163	6.54	7.53
		5	7,163	0.192	6.48	7.80
		7	7,235	0.234	6.63	8.70
	12	3	7,165	0.189	6.72	7.80
		5	7,267	0.219	6.69	7.95
		7	7,373	0.249	6.69	8.61
LPTK LPRK	8	3	7,150	0.149	6.84	7.53
		5	7,263	0.161	6.93	7.68
		7	7,404	0.182	6.87	7.98
	10	3	7,227	0.182	6.87	7.74
		5	7,368	0.228	6.93	8.23
		7	7,511	0.242	6.84	8.31
	12	3	7,332	0.226	6.87	8.04
		5	7,545	0.259	6.99	8.40
		7	7,695	0.297	7.02	8.70

Yapılan istatistikler sonucunda; Kesitler-kesiş derinlikleri-besleme hızları etkileşiminin %0,01 önem düzeyinde kesme gücünü etkilediği belirlenmiştir.



Şekil 106. Kesitler-kesiş derinliği-besleme hızı etkileşimine ait ortalama kesme gücü değerleri grafiği

Şekil 106'ya göre; LPTK'de kesme gücü değerleri LDTK'ye göre daha yüksek bulunmakla birlikte, kesiş derinliği ve besleme hızı arttıkça, kesme gücü değerleri de artmıştır.

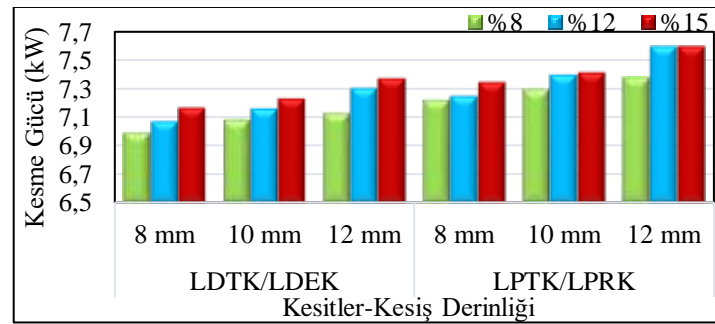
3.4.16. Kesme Gücüne Kesitler-Kesiş Derinlikleri-Rutubet Miktarlarının Etkisi

Kesitler-kesiş derinlikleri-rutubet miktarlarına ait kesme gücü değerlerinin istatistik analizleri yapılmıştır. Örnek sayıları 240 olup, sonuçlar Tablo 63 ve Şekil 107'de belirtilmiştir.

Tablo 63. Kesitler-kesiş derinliği- rutubet miktarı etkileşimine ait kesme gücü değerleri (kW)

Kesitler	a/h (mm)	Rutubet Miktarı (%)	\bar{x}	S	Min. Değer	Mak. Değer
LDTK LDEK	8	8	6,992	0.211	6.54	7.41
		12	7,070	0.155	6.72	7.56
		15	7,169	0.147	6.84	7.74
	10	8	7,081	0.189	6.48	7.50
		12	7,162	0.207	6.78	7.86
		15	7,232	0.202	6.84	8.70
	12	8	7,128	0.194	6.69	7.65
		12	7,303	0.186	6.96	7.83
		15	7,374	0.251	6.90	8.61
LPTK LPRK	8	8	7,221	0.183	6.84	7.68
		12	7,248	0.201	6.87	7.98
		15	7,347	0.176	6.90	7.86
	10	8	7,294	0.212	6.84	7.92
		12	7,398	0.285	6.87	8.31
		15	7,414	0.222	6.90	8.13
	12	8	7,377	0.243	6.87	8.01
		12	7,596	0.308	7.08	8.46
		15	7,600	0.294	7.11	8.70

Yapılan istatistikler sonucunda; kesitler-kesiş derinlikleri-rutubet miktarları etkileşiminin %0,01 önem düzeyinde kesme gücünü etkilediği belirlenmiştir.



Şekil 107. Kesitler-kesiş derinliği- rutubet miktarı etkileşimine ait ortalama kesme gücü değerleri grafiği

Şekil 107'ye göre; LPTK'de kesme gücü değerleri LDTK'ye göre daha yüksek çıkmakla birlikte, kesiş derinliği ve rutubet miktarı arttıkça, kesme gücü değerleri de artmıştır.

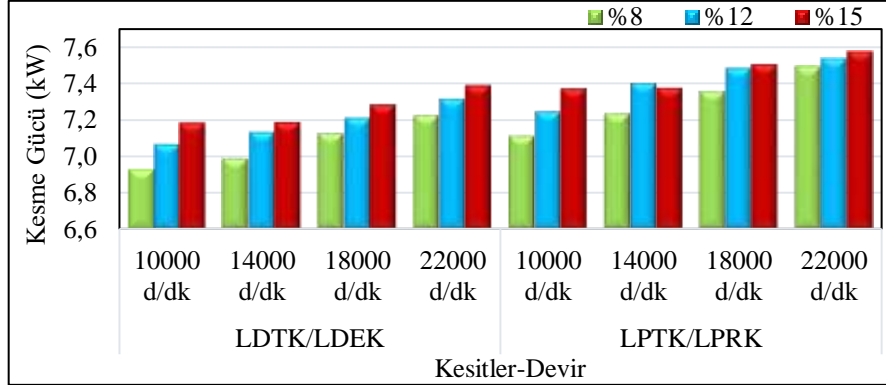
3.4.17. Kesme Gücüne Kesitler- Rutubet Miktarları-Devirlerin Etkisi

Kesitler-rutubet miktarları-devirlere ait kesme gücü değerlerinin istatistik analizleri yapılmıştır. Örnek sayıları 180 olup, sonuçlar Tablo 64 ve Şekil 108’de belirtilmiştir.

Tablo 64. Kesitler- devir-rutubet miktarı etkileşimine ait kesme gücü değerleri (kW)

Kesitler	Devir (d/dk)	Rutubet Miktarı (%)	\bar{x}	S	Min. Değer	Mak. Değer	
LDTK LDEK	10000	8	6,932	0.150	6.48	7.32	
		12	7,062	0.172	6.72	7.71	
		15	7,181	0.178	6.84	7.86	
	14000	8	6,988	0.143	6.60	7.35	
		12	7,131	0.186	6.72	7.74	
		15	7,184	0.210	6.84	8.70	
	18000	8	7,124	0.184	6.60	7.50	
		12	7,207	0.188	6.78	7.77	
		15	7,282	0.236	6.93	8.61	
	22000	8	7,224	0.202	6.69	7.65	
		12	7,312	0.196	6.84	7.86	
		15	7,387	0.192	7.05	8.07	
	LPTK LPRK	10000	8	7,109	0.154	6.84	7.74
			12	7,243	0.258	6.87	8.37
			15	7,369	0.244	6.99	8.34
14000		8	7,234	0.203	6.93	7.83	
		12	7,398	0.298	6.99	8.34	
		15	7,371	0.228	6.90	8.04	
18000		8	7,356	0.153	6.99	7.86	
		12	7,481	0.301	6.96	8.40	
		15	7,502	0.287	7.08	8.70	
22000		8	7,491	0.177	7.17	8.01	
		12	7,533	0.274	7.05	8.46	
		15	7,572	0.212	7.17	8.28	

Yapılan istatistikler sonucunda; kesitler-rutubet miktarları-devirler etkileşiminin %0,01 önem düzeyinde kesme gücünü etkilediği belirlenmiştir.



Şekil 108. Kesitler- devir-rutubet miktarı etkileşimine ait ortalama kesme gücü değerleri grafiği

Şekil 108'e göre; LPTK'de kesme gücü değerleri LDTK'ye göre daha yüksek çıkmakla birlikte, genel olarak; devir ve rutubet miktarı arttıkça, kesme gücü değerleri de artmıştır. Kesme gücü değerleri, LPTK'de 14000 d/dk'da %12 ve %15 rutubet miktarlarında yaklaşık elde edilmekle birlikte %12'de bir miktar daha yüksek bulunmuştur.

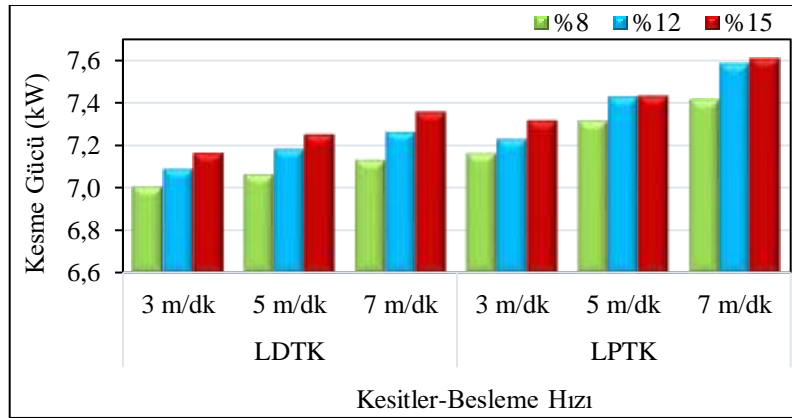
3.4.18. Kesme Gücüne Kesitler-Rutubet Miktarları-Besleme Hızlarının Etkisi

Kesitler-rutubet miktarları-besleme hızlarına ait kesme gücü değerlerinin istatistik analizleri yapılmıştır. Örnek sayıları 240 olup, sonuçlar Tablo 65 ve Şekil 109'da belirtilmiştir.

Tablo 65. Kesitler-rutubet miktarı-besleme hızı etkileşimine ait kesme gücü değerleri (kW)

Kesitler	Rutubet Miktarı (%)	Besleme Hızı (m/dk)	\bar{x}	S	Min. Değer	Mak. Değer
LDTK LDEK	8	3	7,005	0.162	6.54	7.38
		5	7,064	0.211	6.48	7.53
		7	7,131	0.220	6.60	7.65
	12	3	7,089	0.152	6.72	7.50
		5	7,182	0.207	6.72	7.80
		7	7,263	0.219	6.81	7.86
	15	3	7,164	0.184	6.84	7.80
		5	7,252	0.181	6.90	7.95
		7	7,359	0.248	6.90	8.70
LPTK LPRK	8	3	7,162	0.159	6.84	7.68
		5	7,315	0.209	6.93	7.86
		7	7,416	0.220	6.84	8.01
	12	3	7,230	0.196	6.87	7.74
		5	7,428	0.291	6.93	8.40
		7	7,584	0.302	7.02	8.46
	15	3	7,317	0.218	6.90	8.04
		5	7,433	0.220	6.96	8.40
		7	7,610	0.249	7.02	8.70

Yapılan istatistikler sonucunda; kesitler-rutubet miktarları-besleme hızları etkileşiminin %0,01 önem düzeyinde kesme gücünü etkilediği belirlenmiştir.



Şekil 109. Kesitler-rutubet miktarı- besleme hızı etkileşimine ait ortalama kesme gücü değerleri grafiği

Şekil 109'a göre; LPTK'de kesme gücü değerleri LDTK'ye göre daha yüksek çıkmakla birlikte, besleme hızı ve rutubet miktarı arttıkça, kesme gücü değerleri de artmıştır.

3.5. Yapay Sinir Ağları Analizleri

Yapay sinir ağları analizleri sonucunda; seçilen modellerde eğitim, test ve doğrulama verilerine ait tahmin değerleri ile ölçülen değerler arasındaki ilişki regresyon analizi ile ortaya konulmuş ve karşılaştırmaları yapılarak, MAPE ve RMSE hata oranları belirtilmiştir.

Ağaç türü odunlarında seçilen YSA modellerine göre; kesitlere ait yüzey pürüzlülüğü (YP) ve kesme gücü (KG) değerleri belirlenmiştir. Bu kapsamda; en düşük, ortalama ve en yüksek yüzey pürüzlülüğü ve kesme gücü değerleri ile en yüksek kapasitedeki en düşük, ortalama ve en yüksek yüzey pürüzlülüğü ve kesme gücü değerlerine ait optimal işleme koşulları (devir, besleme hızı, işleme miktarları ve malzeme rutubetleri) ve kesiş izi uzunlukları belirlenmiştir. Bunlar, yüzey pürüzlülüğü ve kesme gücü değerlerine göre ayrı ayrı sabit kesiş derinlikleri (8, 9, 10, 11 ve 12 mm) ve rutubetlerde (%8, %10, %12 ve %15) ortaya konulmuştur.

YSA modellerinde giriş ve çıkış katmanlarında denemeler sonucu elde edilen yapay nöron sayıları ve katmanlar Tablo 66'da belirtilmiştir.

Tablo 66. Ağaç türlerine göre ağ mimarisinde katmanlardaki nöron sayıları

Ağaç Türü	Kesitler	Nöron Sayıları		Ağaç Türü	Kesitler	Nöron Sayıları	
		1. katman	2. katman			1. katman	2. katman
Doğu Kayını	LDTK	6	5	Doğu Ladini	LDTK	6	3
	LPTK	7	8		LPTK	7	6
	LDEK	6	4		LDEK	5	4
	LPRK	4	8		LPRK	4	5
Anadolu Kestanesi	LDTK	7	6	Sarıçam	LDTK	4	8
	LPTK	6	6		LPTK	5	5
	LDEK	4	5		LDEK	7	4
	LPRK	7	5		LPRK	4	3

Tablo 66'da belirtilen nöron sayılarına göre; tüm ağaç türleri kesitlerine ait modellerde yüzey pürüzlülüğü ve kesme gücü değerlerinin MAPE hata oranları çok düşük, düşük ve orta, RMSE hata oranları ise çok düşük miktarlarda elde edilmiştir.

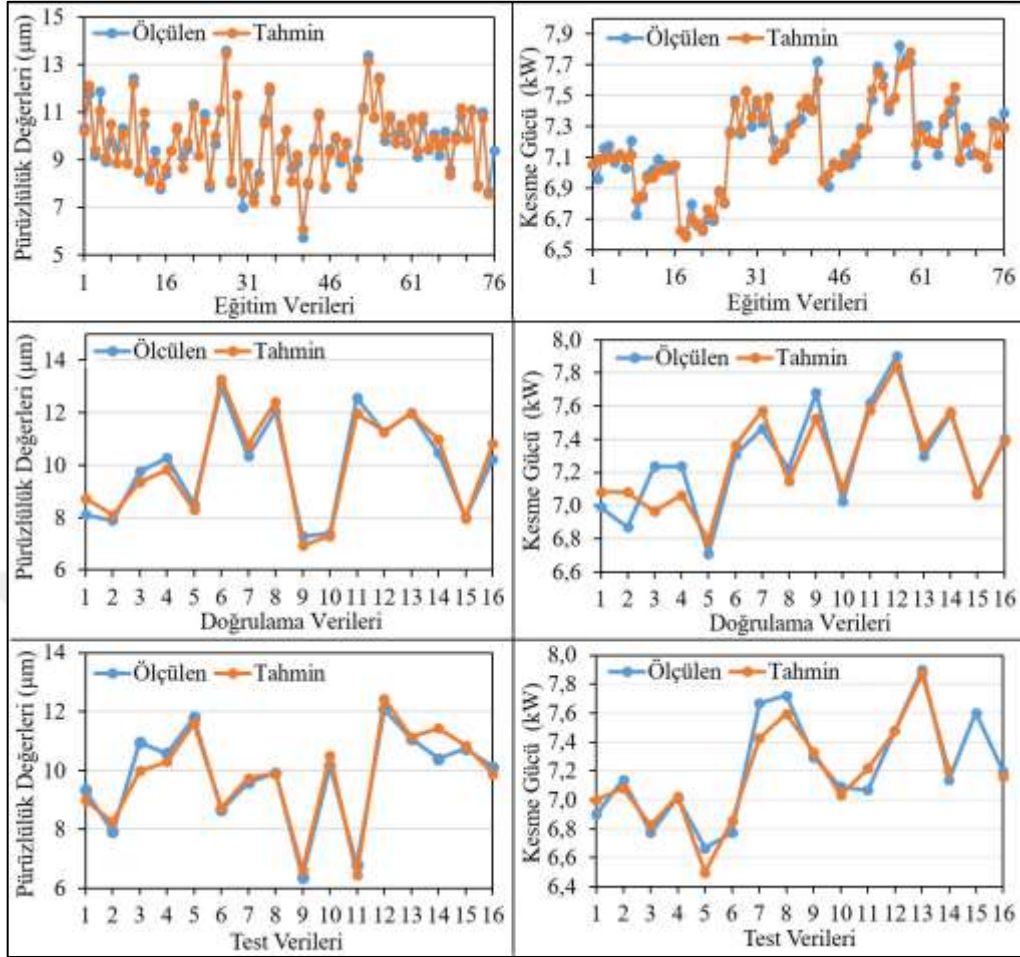
3.5.1. Doğu Kayını Odununa Ait YSA Analizleri

Doğu Kayını odununda, tüm kesitlere göre YSA modelleri belirlenmiş olup, LDTK’de seçilen YSA modeline ait hata oranları ile belirleme katsayısı (R^2) değerleri Tablo 67’de belirtilmiştir.

Tablo 67. Doğu Kayını'nda LDTK'ye ait YSA hata oranları ve R^2 değerleri

Ağaç Türü			Doğu Kayını					
Kesit			LDTK					
Eğitim Verileri			Doğrulama Verileri			Test Verileri		
Hata Oranları ve R^2	YP	KG	Hata Oranları ve R^2	YP	KG	Hata Oranları ve R^2	YP	KG
MAPE (%)	2,372	0,650	MAPE (%)	3,316	1,295	MAPE (%)	3,318	1,119
RMSE (%)	0,280	0,061	RMSE (%)	0,384	0,118	RMSE (%)	0,424	0,102
R^2	0,963	0,950	R^2	0,932	0,851	R^2	0,960	0,920

Tablo 67’e göre; Doğu Kayını'nda LDTK'ye ait MAPE hata oranları tüm verilerde yüzey pürüzlülüğü ve kesme gücünde çok düşük oranlarda elde edilmiştir. Ölçülen ve tahmin değerleri arasındaki ilişkilerin yüzey pürüzlülüğünde çok yüksek, kesme gücünde ise yüksek ve yüksek olduğu görülmüştür. LDTK’de ölçülen ve tahmin değerlerinin karşılaştırması ise Şekil 110’da belirtilmiştir.



Şekil 110. Doğu Kayını odununda LDTK'ye ait ölçülen ve tahmin edilen eğitim, doğrulama ve test değerlerin karşılaştırılması

Doğu Kayını ağaç odununda LDTK'ye ait YSA modeli sonuçlarına göre; optimal işleme koşulları ve kesiş izi uzunlukları değerleri Ek-1'de belirtilmiştir.

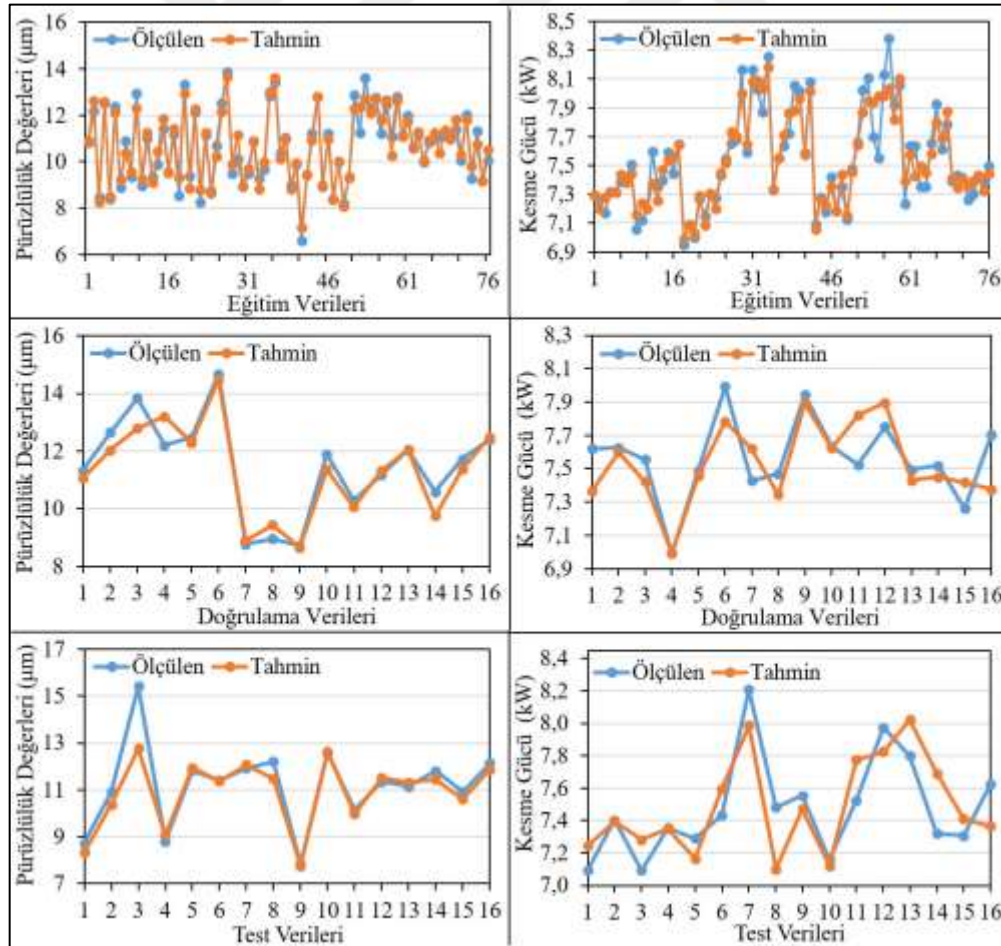
Ek 1'e göre; optimal işleme koşulları sabit kesiş derinliklerinde düşük ve orta rutubet miktarlarında, sabit rutubet miktarlarında ise düşük, orta ve yüksek kesiş derinliklerinde elde edilmiştir. Bunlara göre; en yüksek kapasitelerde orta ve yüksek devirler ve 0,184-0,269 mm kesiş izi uzunlukları, diğer tüm koşullarda ise düşük, orta ve yüksek devirler ile orta ve yüksek besleme hızları ile 0,151-0,183 mm kesiş izi uzunlukları elde edilmiştir.

Doğu Kayını odununda LPTK'de seçilen YSA modeline ait hata oranları ile R^2 değerleri Tablo 68'de belirtilmiştir.

Tablo 68. Doğu Kayını'nda LPTK'ye ait YSA hata oranları ve R² değerleri

Ağaç Türü	Doğu Kayını							
Kesit	LPTK							
Eğitim Verileri			Doğrulama Verileri			Test Verileri		
Hata Oranları ve R ²	YP	KG	Hata Oranları ve R ²	YP	KG	Hata Oranları ve R ²	YP	KG
MAPE (%)	2,818	1,036	MAPE (%)	3,443	1,722	MAPE (%)	3,287	2,262
RMSE (%)	0,385	0,110	RMSE (%)	0,501	0,165	RMSE (%)	0,731	0,202
R ²	0,938	0,889	R ²	0,917	0,571	R ²	0,857	0,582

Tablo 68'e göre; Doğu Kayını'nda LPTK'ye ait MAPE hata oranları tüm verilerde yüzey pürüzlülüğü ve kesme gücünde çok düşük oranlarda elde edilmiştir. Ölçülen ve tahmin değerleri arasındaki ilişkilerin yüzey pürüzlülüğünde yüksek ve çok yüksek, kesme gücünde ise orta ve yüksek olduğu görülmüştür. LPTK'de tahmin değerleri ile ölçülen karşılaştırması Şekil 111'de belirtilmiştir.



Şekil 111. Doğu Kayını odununda LPTK'ye ait ölçülen ve tahmin edilen eğitim, doğrulama ve test değerlerin karşılaştırılması

Doğu Kayını ağaç odununda LPTK'ye ait YSA modeli sonuçlarına göre; optimal işleme koşulları ve kesiş izi uzunlukları değerleri Ek-2'de belirtilmiştir.

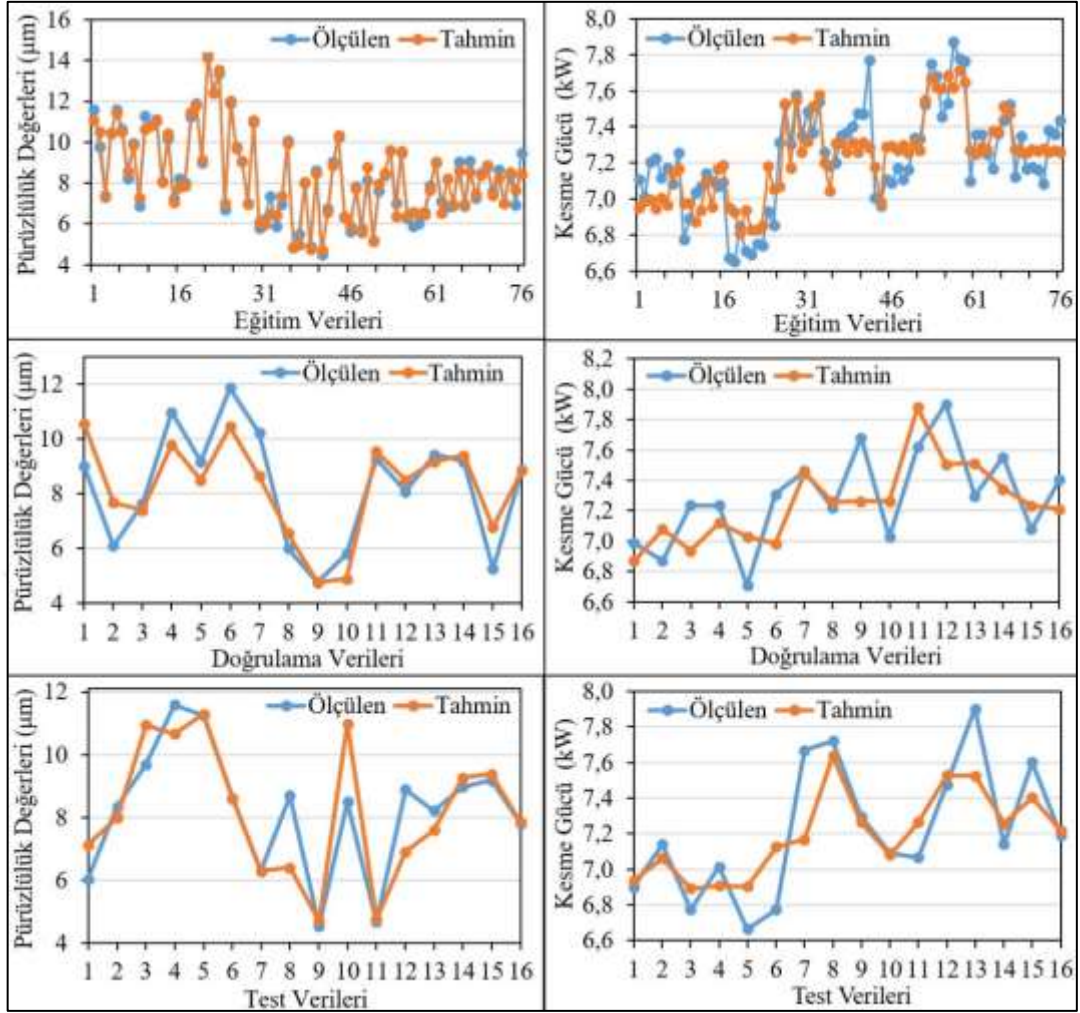
Ek 2'ye göre; optimal işleme koşulları sabit kesiş derinliklerinde düşük, orta ve yüksek rutubet miktarlarında, sabit rutubet miktarlarında ise düşük, orta ve yüksek kesiş derinliklerinde elde edilmiştir. Bunlara göre; en yüksek kapasitelerde orta ve yüksek devirler ile 0,184-0,233 mm kesiş izi uzunlukları, diğer tüm koşullarda ise düşük, orta ve yüksek devir ve besleme hızları ile 0,151-0,183 mm kesiş izi uzunlukları elde edilmiştir.

Doğu Kayını odununda LDEK'de seçilen YSA modeline ait hata oranları ile R^2 değerleri Tablo 69'da belirtilmiştir.

Tablo 69. Doğu Kayını'nda LDEK'ye ait YSA hata oranları ve R^2 değerleri

Ağaç Türü	Doğu Kayını							
Kesit	LDEK							
Eğitim Verileri			Doğrulama Verileri			Test Verileri		
Hata Oranları ve R^2	YP	KG	Hata Oranları ve R^2	YP	KG	Hata Oranları ve R^2	YP	KG
MAPE (%)	3,408	1,788	MAPE (%)	9,992	3,018	MAPE (%)	8,831	2,165
RMSE (%)	0,371	0,152	RMSE (%)	0,975	0,248	RMSE (%)	1,109	0,210
R^2	0,969	0,694	R^2	0,775	0,392	R^2	0,720	0,691

Tablo 69'a göre; Doğu Kayını'nda LDEK'ye ait MAPE hata oranları tüm verilerde yüzey pürüzlülüğünde çok düşük ve düşük, kesme gücünde çok düşük oranlarda elde edilmiştir. Ölçülen ve tahmin değerleri arasındaki ilişkilerin yüzey pürüzlülüğünde yüksek ve çok yüksek, kesme gücünde ise zayıf ve orta olduğu görülmüştür. LDEK'de ölçülen ve tahmin değerlerinin karşılaştırması ise Şekil 112'de belirtilmiştir.



Şekil 112. Doğu Kayını odununda LDEK'ye ait ölçülen ve tahmin edilen eğitim, doğrulama ve test değerlerin karşılaştırılması

Doğu Kayını ağaç odununda LDEK'ye ait YSA modeli sonuçlarına göre; optimal işleme koşulları ve kesiş izi uzunlukları değerleri Ek-3'te belirtilmiştir.

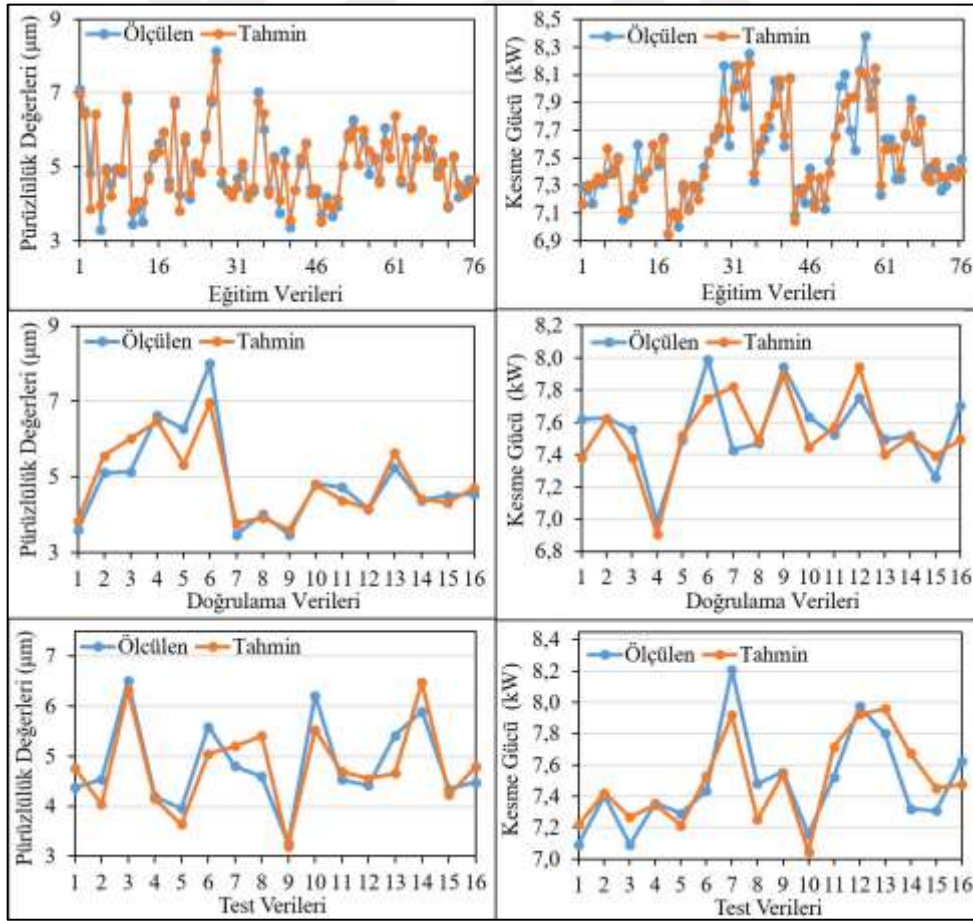
Ek 3'e göre; en yüksek kapasitede optimal işleme koşulları sabit kesiş derinliklerinde orta ve yüksek rutubet miktarlarında, diğer tüm koşullarda düşük, orta ve yüksek rutubet miktarlarında elde edilmiştir. Sabit rutubet miktarlarında ise düşük, orta ve yüksek kesiş derinliklerinde elde edilmiştir. Bunlara göre; en yüksek kapasitelerde düşük, orta ve yüksek devirler ile 0,184-0,250 mm kesiş izi uzunlukları, diğer tüm koşullarda ise düşük, orta ve yüksek devir ve besleme hızları ile 0,151-0,183 mm kesiş izi uzunlukları elde edilmiştir.

Doğu Kayını odununda LPRK'de seçilen YSA modeline ait hata oranları ile R^2 değerleri Tablo 70'te belirtilmiştir.

Tablo 70. Doğu Kayını'nda LPRK'ye ait YSA hata oranları ve R² değerleri

Ağaç Türü	Doğu Kayını							
Kesit	LPRK							
Eğitim Verileri			Doğrulama Verileri			Test Verileri		
Hata Oranları ve R ²	YP	KG	Hata Oranları ve R ²	YP	KG	Hata Oranları ve R ²	YP	KG
MAPE (%)	4,337	1,053	MAPE (%)	6,290	1,733	MAPE (%)	7,552	1,831
RMSE (%)	0,257	0,111	RMSE (%)	0,463	0,169	RMSE (%)	0,447	0,167
R ²	0,930	0,887	R ²	0,855	0,565	R ²	0,742	0,698

Tablo 70'e göre; Doğu Kayını'nda LPRK'ye ait MAPE hata oranları tüm verilerde yüzey pürüzlülüğünde çok düşük ve düşük, kesme gücünde ise çok düşük oranlarda elde edilmiştir. Ölçülen ve tahmin değerleri arasındaki ilişkilerin yüzey pürüzlülüğünde yüksek ve çok yüksek, kesme gücünde ise orta ve yüksek olduğu görülmüştür. LPRK'de ölçülen ve tahmin değerlerinin karşılaştırması ise Şekil 113'te belirtilmiştir.



Şekil 113. Doğu Kayını odununda LPRK'ye ait ölçülen ve tahmin edilen eğitim, doğrulama ve test değerlerin karşılaştırılması

Doğu Kayını ağaç odununda LPRK'ye ait YSA modeli sonuçlarına göre; optimal işleme koşulları ve kesiş izi uzunlukları değerleri Ek-4'te belirtilmiştir.

Ek 4'e göre; optimal işleme koşulları sabit kesiş derinliklerinde düşük, orta ve yüksek rutubet miktarlarında, sabit rutubet miktarlarında ise düşük, orta ve yüksek kesiş derinliklerinde elde edilmiştir. Bunlara göre; en yüksek kapasitelerde düşük, orta ve yüksek devirler ile 0,167-0,250 mm kesiş izi uzunlukları, diğer tüm koşullarda ise düşük ve orta devirler ve düşük, orta ve yüksek besleme hızları ile 0,151-0,183 mm kesiş izi uzunlukları elde edilmiştir.

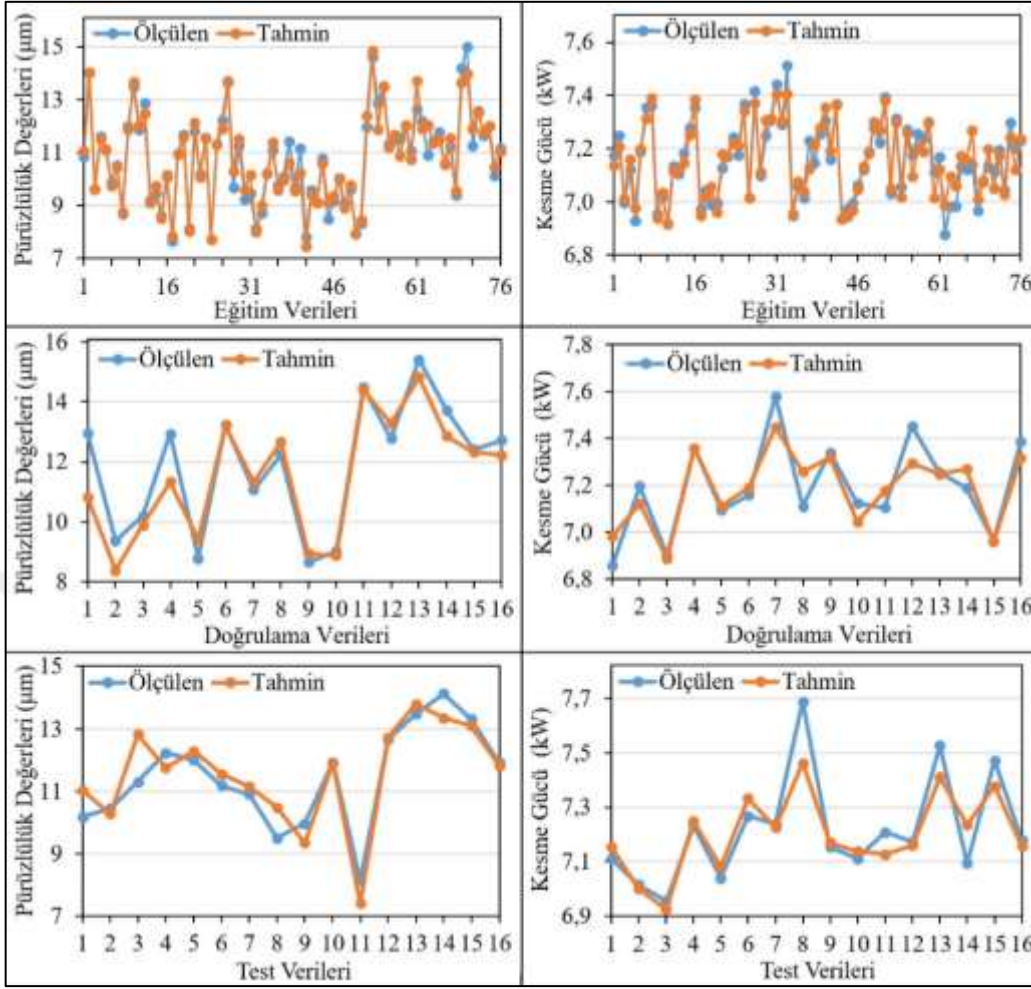
3.5.2. Anadolu Kestanesi Odununa Ait YSA Analizleri

Anadolu Kestanesi odununda, tüm kesitlere göre YSA modelleri belirlenmiş olup, LDTK'de seçilen YSA modeline ait hata oranları ile R^2 değerleri Tablo 71'de belirtilmiştir.

Tablo 71. Anadolu Kestanesi'nde LDTK'ye ait YSA hata oranları ve R^2 değerleri

Ağaç Türü	Anadolu Kestanesi								
Kesit	LDTK								
Eğitim Verileri			Doğrulama Verileri			Test Verileri			
Hata Oranları ve R^2	YP	KG	Hata Oranları ve R^2	YP	KG	Hata Oranları ve R^2	YP	KG	
MAPE (%)	2,246	0,505	MAPE (%)	5,055	0,890	MAPE (%)	4,496	0,816	
RMSE (%)	0,372	0,046	RMSE (%)	0,814	0,083	RMSE (%)	0,624	0,083	
R^2	0,952	0,894	R^2	0,867	0,827	R^2	0,849	0,846	

Tablo 71'e göre; Anadolu Kestanesi'nde LDTK'ye ait MAPE hata oranları tüm verilerde yüzey pürüzlülüğünde çok düşük ve düşük, kesme gücünde ise çok düşük oranlarda elde edilmiştir. Ölçülen ve tahmin değerleri arasındaki ilişkilerin yüzey pürüzlülüğünde yüksek ve çok yüksek, kesme gücünde ise yüksek olduğu görülmüştür. LDTK'de ölçülen ve tahmin değerlerinin karşılaştırması ise Şekil 114'te belirtilmiştir.



Şekil 114. Anadolu Kestanesi odununda LDTK'ye ait ölçülen ve tahmin edilen eğitim, doğrulama ve test değerlerin karşılaştırılması

Anadolu Kestanesi ağaç odununda LDTK'ye ait YSA modeli sonuçlarına göre, optimal işleme koşulları ve kesiş izi uzunlukları değerleri Ek-5'te belirtilmiştir.

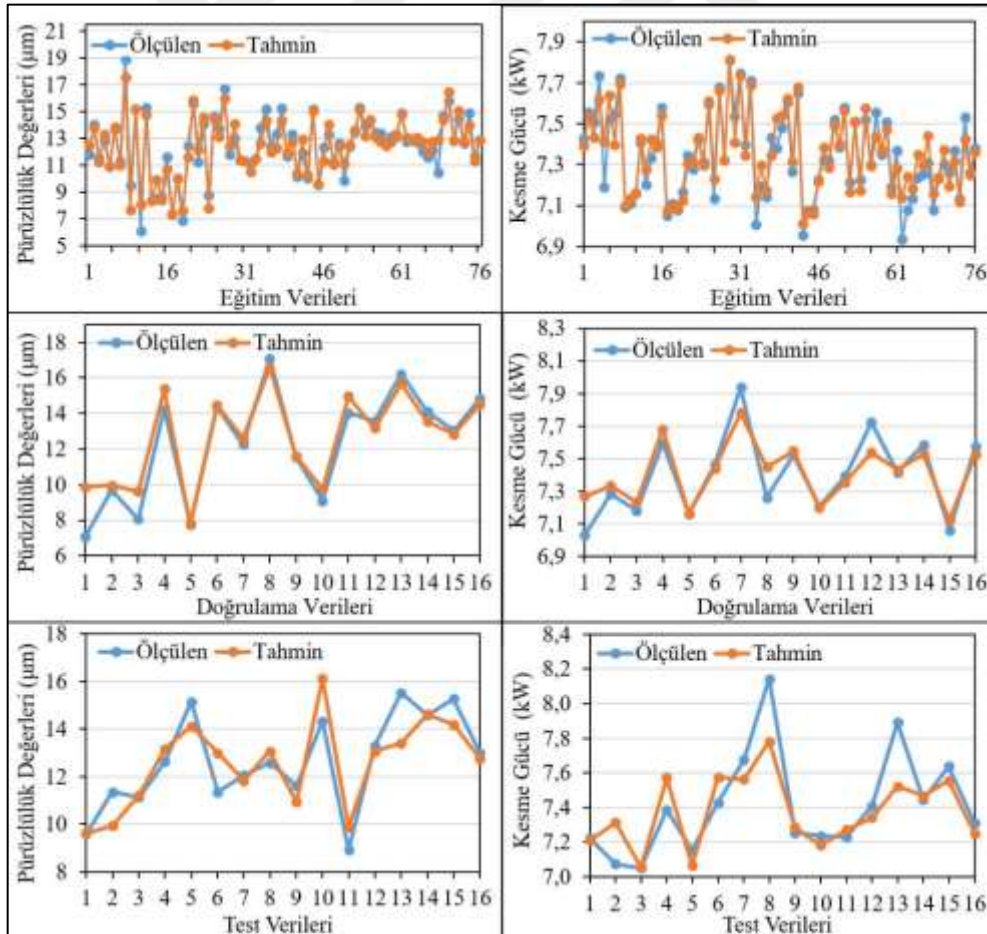
Ek 5'e göre; optimal işleme koşulları sabit kesiş derinliklerinde orta rutubet miktarlarında elde edilmiştir. Sabit rutubet miktarlarında ise en yüksek kapasitelerde düşük, orta ve yüksek kesiş derinliklerinde, diğer tüm koşullarda düşük ve orta kesiş derinliklerinde elde edilmiştir. Bunlara göre; en yüksek kapasitelerde düşük, orta ve yüksek devirler ile 0,184-0,318 mm kesiş izi uzunlukları, diğer tüm koşullarda ise orta ve yüksek devirler, düşük, orta ve yüksek besleme hızları ile 0,097-0,211 mm kesiş izi uzunlukları elde edilmiştir.

Anadolu Kestanesi odununda LPTK'de seçilen YSA modeline ait hata oranları ile R^2 değerleri Tablo 72'de belirtilmiştir.

Tablo 72. Anadolu Kestanesi'nde LPTK'ye ait YSA hata oranları ve R² değerleri

Ağaç Türü	Anadolu Kestanesi							
Kesit	LPTK							
	Eğitim Verileri		Doğrulama Verileri			Test Verileri		
Hata Oranları ve R ²	YP	KG	Hata Oranları ve R ²	YP	KG	Hata Oranları ve R ²	YP	KG
MAPE (%)	4,631	0,734	MAPE (%)	6,535	1,037	MAPE (%)	6,159	1,548
RMSE (%)	0,715	0,073	RMSE (%)	0,937	0,104	RMSE (%)	1,023	0,162
R ²	0,903	0,876	R ²	0,928	0,846	R ²	0,725	0,721

Tablo 72'ye göre; Anadolu Kestanesi'nde LPTK'ye ait MAPE hata oranları tüm verilerde yüzey pürüzlülüğünde çok düşük ve düşük, kesme gücünde ise çok düşük oranlarda elde edilmiştir. Ölçülen ve tahmin değerleri arasındaki ilişkilerin yüzey pürüzlülüğünde yüksek ve çok yüksek, kesme gücünde ise yüksek olduğu görülmüştür. LPTK'de ölçülen ve tahmin değerlerinin karşılaştırması ise Şekil 115'te belirtilmiştir.



Şekil 115. Anadolu Kestanesi odununda LPTK'ye ait ölçülen ve tahmin edilen eğitim, doğrulama ve test değerlerin karşılaştırılması

Anadolu Kestanesi ağaç odununda LPTK'ye ait YSA modeli sonuçlarına göre, optimal işleme koşulları ve kesiş izi uzunlukları değerleri Ek-6'da belirtilmiştir.

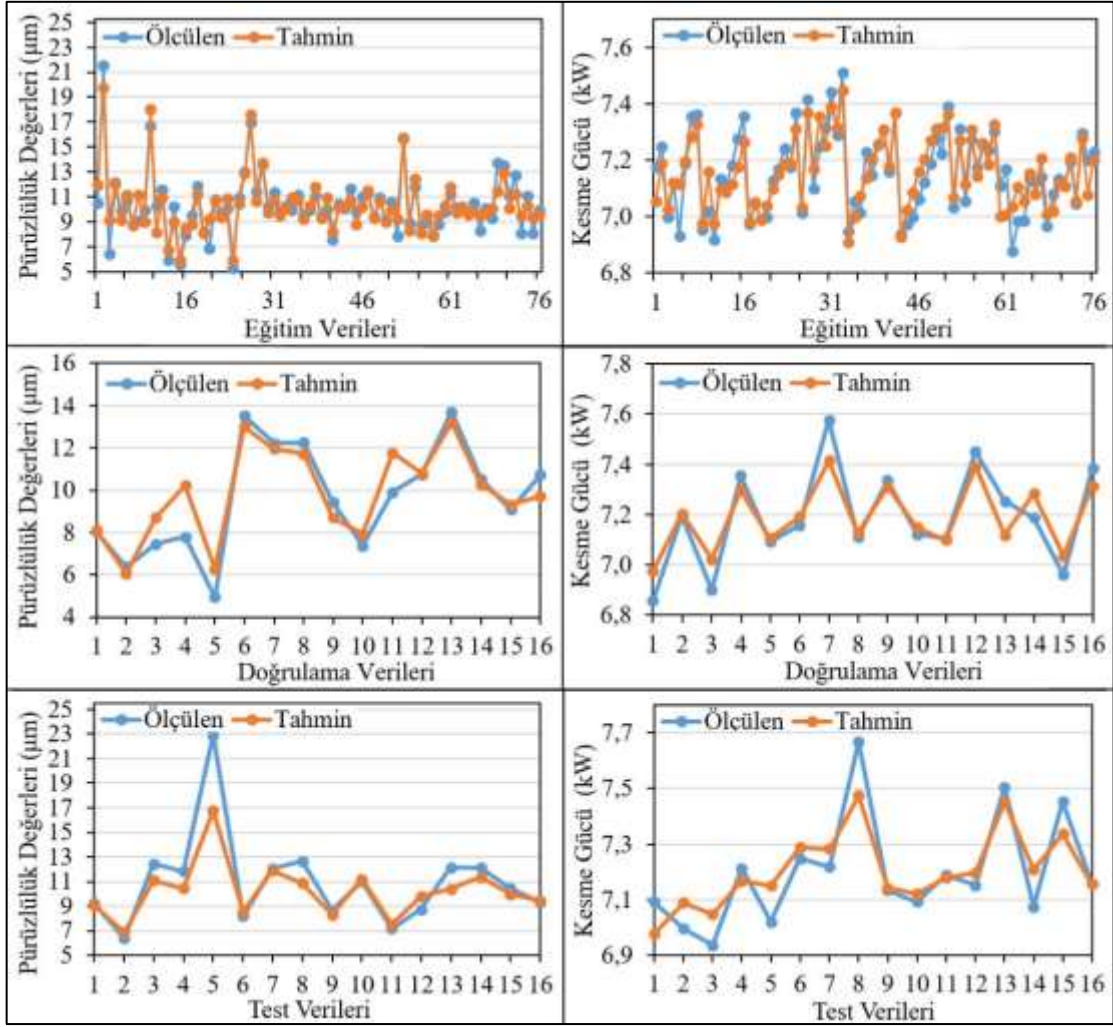
Ek 6'ya göre; optimal işleme koşulları sabit kesiş derinliklerinde düşük ve orta rutubet miktarlarında, sabit rutubet miktarlarında ise düşük ve orta kesiş derinliklerinde elde edilmiştir. Bunlara göre; en yüksek kapasitelerde düşük ve orta devirler ile 0,206-0,250 mm kesiş izi uzunlukları, diğer tüm koşullarda ise orta ve yüksek devirler, düşük, orta ve yüksek besleme hızları ile 0,110-0,180 mm kesiş izi uzunlukları elde edilmiştir.

Anadolu Kestanesi odununda LDEK'de seçilen YSA modeline ait hata oranları ile R^2 değerleri Tablo 73'te belirtilmiştir.

Tablo 73. Anadolu Kestanesi'nde LDEK'ye ait YSA hata oranları ve R^2 değerleri

Ağaç Türü	Anadolu Kestanesi								
Kesit	LDEK								
Eğitim Verileri			Doğrulama Verileri			Test Verileri			
Hata Oranları ve R^2	YP	KG	Hata Oranları ve R^2	YP	KG	Hata Oranları ve R^2	YP	KG	
MAPE (%)	7,741	0,736	MAPE (%)	8,995	0,899	MAPE (%)	7,920	1,029	
RMSE (%)	0,921	0,067	RMSE (%)	0,991	0,081	RMSE (%)	1,770	0,091	
R^2	0,861	0,778	R^2	0,852	0,897	R^2	0,940	0,811	

Tablo 73'e göre; Anadolu Kestanesi'nde LDEK'ye ait MAPE hata oranları tüm verilerde, yüzey pürüzlülüğünde düşük, kesme gücünde ise çok düşük oranlarda elde edilmiştir. Ölçülen ve tahmin değerleri arasındaki ilişkilerin, yüzey pürüzlülüğünde yüksek ve çok yüksek, kesme gücünde ise yüksek olduğu görülmüştür. LDEK'de ölçülen ve tahmin değerlerinin karşılaştırması ise Şekil 116'da belirtilmiştir.



Şekil 116. Anadolu Kestanesi odununda LDEK'ye ait ölçülen ve tahmin edilen eğitim, doğrulama ve test değerlerin karşılaştırılması

Anadolu Kestanesi ağaç odununda LDEK'ye ait YSA modeli sonuçlarına göre, optimal işleme koşulları ve kesiş izi uzunlukları değerleri Ek-7'de belirtilmiştir.

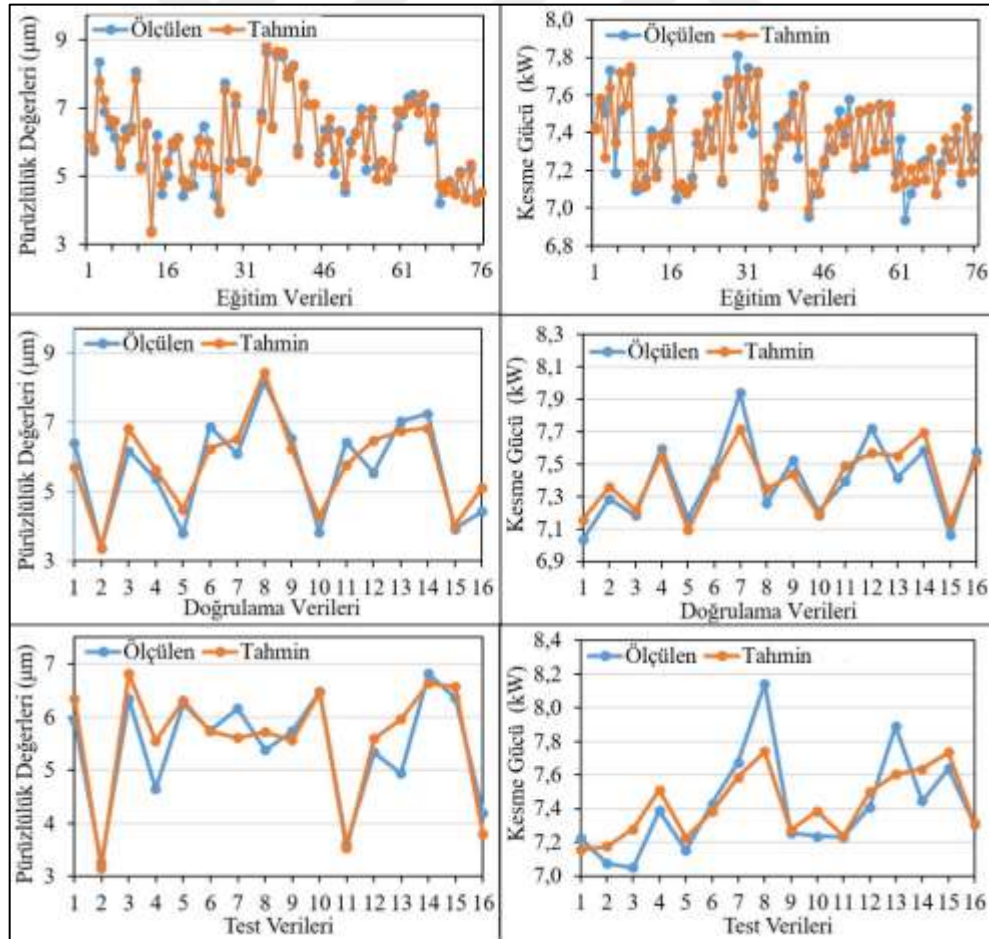
Ek 7'ye göre; optimal işleme koşulları sabit kesiş derinliklerinde düşük ve orta rutubet miktarlarında, sabit rutubet miktarlarında ise düşük, orta ve yüksek kesiş derinliklerinde elde edilmiştir. Bunlara göre; en yüksek kapasitelerde orta ve yüksek devirler ile 0,184-0,250 mm kesiş izi uzunlukları, diğer tüm koşullarda ise orta ve yüksek devirler, düşük, orta ve yüksek besleme hızları ile 0,090-0,188 mm kesiş izi uzunlukları elde edilmiştir.

Anadolu Kestanesi odununda LPRK'de seçilen YSA modeline ait hata oranları ile R^2 değerleri Tablo 74'te belirtilmiştir.

Tablo 74. Anadolu Kestanesi'nde LPRK'ye ait YSA hata oranları ve R² değerleri

Ağaç Türü	Anadolu Kestanesi							
Kesit	LPRK							
	Eğitim Verileri		Doğrulama Verileri			Test Verileri		
Hata Oranları ve R ²	YP	KG	Hata Oranları ve R ²	YP	KG	Hata Oranları ve R ²	YP	KG
MAPE (%)	3,818	0,763	MAPE (%)	8,591	1,197	MAPE (%)	5,968	1,630
RMSE (%)	0,278	0,075	RMSE (%)	0,531	0,102	RMSE (%)	0,432	0,161
R ²	0,948	0,865	R ²	0,860	0,836	R ²	0,858	0,725

Tablo 74'e göre; Anadolu Kestanesi'nde LPRK'ye ait MAPE hata oranları tüm verilerde yüzey pürüzlülüğünde çok düşük ve düşük, kesme gücünde ise çok düşük oranlarda elde edilmiştir. Ölçülen ve tahmin değerleri arasındaki ilişkilerin yüzey pürüzlülüğünde yüksek ve çok yüksek, kesme gücünde ise yüksek olduğu görülmüştür. LPRK'de ölçülen ve tahmin değerlerinin karşılaştırması ise Şekil 117'de belirtilmiştir.



Şekil 117. Anadolu Kestanesi odununda LPRK'ye ait ölçülen ve tahmin edilen eğitim, doğrulama ve test değerlerin karşılaştırılması

Anadolu Kestanesi ağaç odununda LPRK'ye ait YSA modeli sonuçlarına göre, optimal işleme koşulları ve kesiş izi uzunlukları değerleri Ek-8'de belirtilmiştir.

Ek 8'e göre; optimal işleme koşulları sabit kesiş derinliklerinde düşük ve orta rutubet miktarlarında, sabit rutubet miktarlarında ise düşük, orta ve yüksek kesiş derinliklerinde elde edilmiştir. Bunlara göre; en yüksek kapasitelerde orta ve yüksek devirler ile 0,159-0,318 mm kesiş izi uzunlukları, diğer tüm koşullarda ise orta ve yüksek devirler, düşük ve orta besleme hızları ile 0,092-0,192 mm kesiş izi uzunlukları elde edilmiştir.

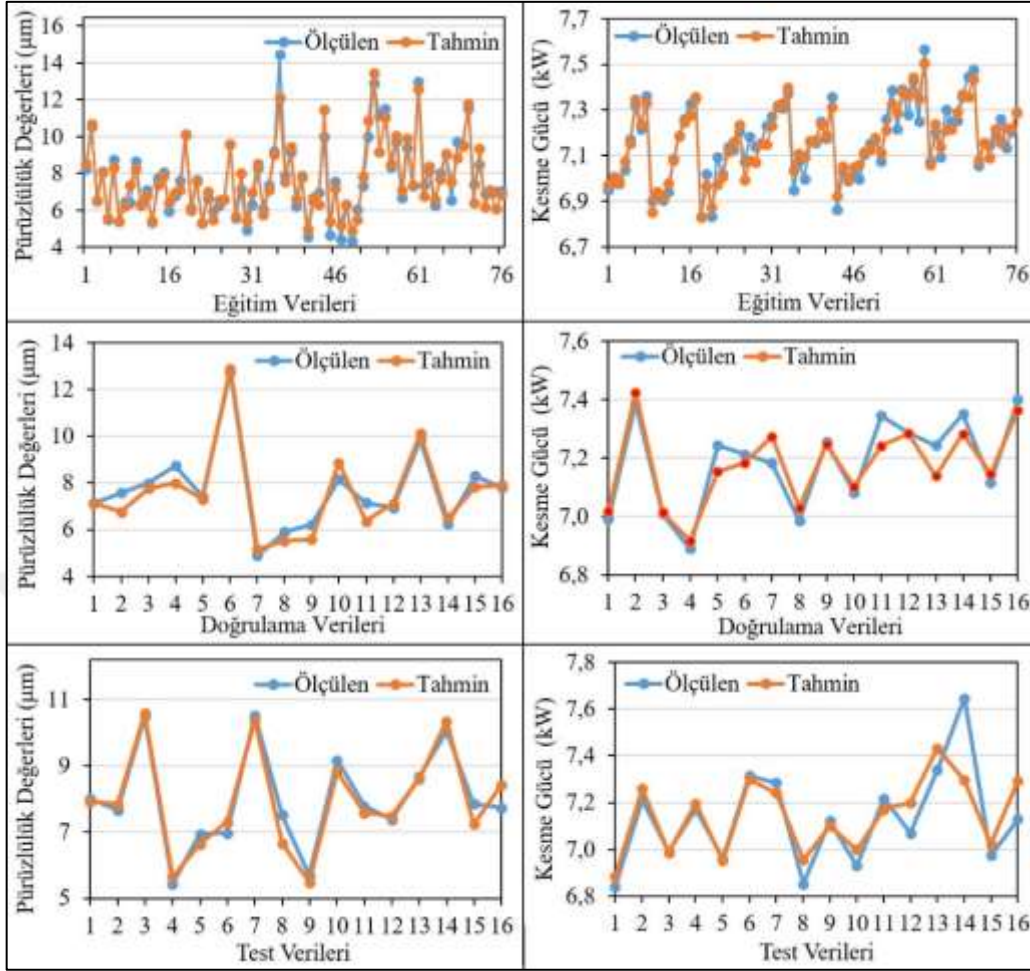
3.5.3. Sarıçam Odununa Ait YSA Analizleri

Sarıçam odununda, tüm kesitlere göre YSA modelleri belirlenmiş olup, LDTK'de seçilen YSA modeline ait hata oranları ile R^2 değerleri Tablo 75'te belirtilmiştir.

Tablo 75. Sarıçam'da LDTK'ye ait YSA hata oranları ve R^2 değerleri

Ağaç Türü	Sarıçam							
Kesit	LDTK							
Eğitim Verileri			Doğrulama Verileri			Test Verileri		
Hata Oranları ve R^2	YP	KG	Hata Oranları ve R^2	YP	KG	Hata Oranları ve R^2	YP	KG
MAPE (%)	5,609	0,516	MAPE (%)	5,165	0,626	MAPE (%)	3,992	1,050
RMSE (%)	0,591	0,048	RMSE (%)	0,463	0,056	RMSE (%)	0,372	0,112
R^2	0,915	0,909	R^2	0,944	0,871	R^2	0,940	0,705

Tablo 75'e göre; Sarıçam'da LDTK'ye ait MAPE hata oranları tüm verilerde yüzey pürüzlülüğünde çok düşük ve düşük, kesme gücünde çok düşük oranlarda elde edilmiştir. Ölçülen ve tahmin değerleri arasındaki ilişkilerin yüzey pürüzlülüğünde çok yüksek, kesme gücünde ise yüksek ve çok yüksek olduğu görülmüştür. LDTK'de ölçülen ve tahmin değerlerinin karşılaştırması ise Şekil 118'de belirtilmiştir.



Şekil 118. Sarıçam odununda LDTK'ye ait ölçülen ve tahmin edilen eğitim, doğrulama ve test değerlerin karşılaştırılması

Sarıçam ağaç odununda LDTK'ye ait YSA modeli sonuçlarına göre, optimal işleme koşulları ve kesiş izi uzunlukları değerleri Ek-9'da belirtilmiştir.

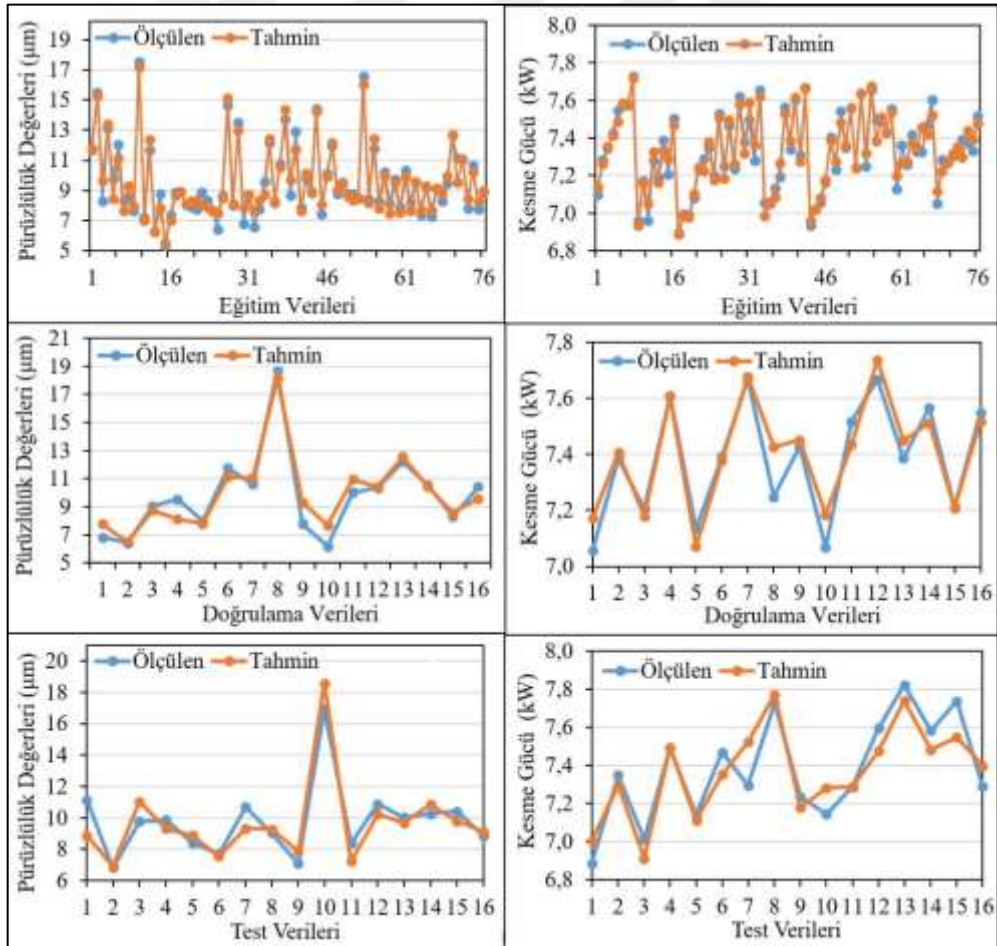
Ek 9'a göre; optimal işleme koşulları sabit kesiş derinliklerinde orta rutubet miktarlarında, sabit rutubet miktarlarında ise düşük ve orta kesiş derinliklerinde elde edilmiştir. Bunlara göre; en yüksek kapasitelerde orta ve yüksek devirler ile 0,184-0,206 mm kesiş izi uzunlukları, diğer tüm koşullarda ise orta ve yüksek devirler, düşük, orta ve yüksek besleme hızları ile 0,097-0,180 mm kesiş izi uzunlukları elde edilmiştir.

Sarıçam odununda LPTK'de seçilen YSA modeline ait hata oranları ile R^2 değerleri Tablo 76'da belirtilmiştir.

Tablo 76. Sarıçam'da LPTK'ye ait YSA hata oranları ve R^2 değerleri

Ağaç Türü	Sarıçam							
Kesit	LPTK							
Eğitim Verileri			Doğrulama Verileri			Test Verileri		
Hata Oranları ve R^2	YP	KG	Hata Oranları ve R^2	YP	KG	Hata Oranları ve R^2	YP	KG
MAPE (%)	4,961	0,521	MAPE (%)	7,579	0,751	MAPE (%)	7,627	1,255
RMSE (%)	0,561	0,048	RMSE (%)	0,805	0,073	RMSE (%)	0,973	0,110
R^2	0,946	0,942	R^2	0,929	0,878	R^2	0,862	0,825

Tablo 76'ya göre; Sarıçam'da LPTK'ye ait MAPE hata oranları tüm verilerde yüzey pürüzlülüğünde çok düşük ve düşük, kesme gücünde ise çok düşük oranlarda elde edilmiştir. Ölçülen ve tahmin değerleri arasındaki ilişkilerin yüzey pürüzlülüğü ve kesme gücünde yüksek ve çok yüksek olduğu görülmüştür. LPTK'de ölçülen ve tahmin değerlerinin karşılaştırması ise Şekil 119'da belirtilmiştir.



Şekil 119. Sarıçam odununda LPTK'ye ait ölçülen ve tahmin edilen eğitim, doğrulama ve test değerlerin karşılaştırılması

Sarıçam ağaç odununda LPTK'ye ait YSA modeli sonuçlarına göre, optimal işleme koşulları ve kesiş izi uzunlukları değerleri Ek-10'da belirtilmiştir.

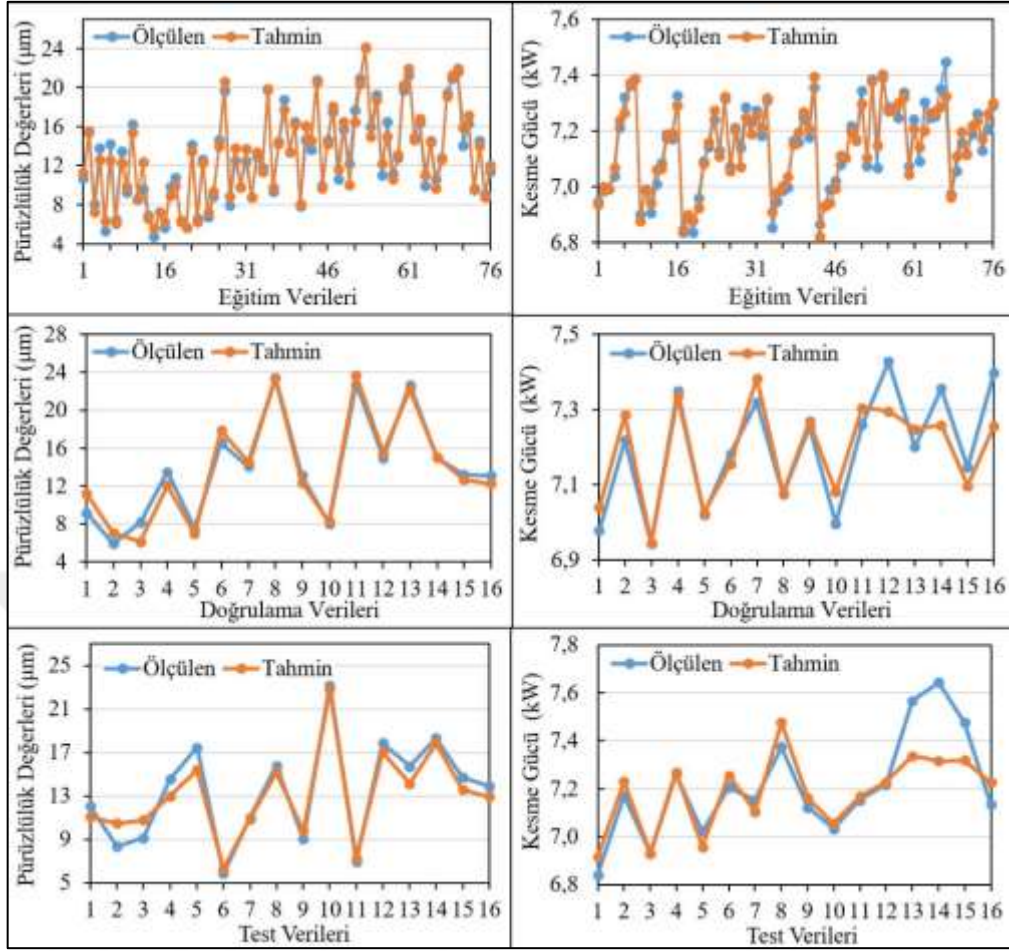
Ek 10'a göre, optimal işleme koşulları sabit kesiş derinliklerinde en yüksek kapasitelerde düşük ve orta rutubet miktarlarında, diğer tüm koşullarda ise orta rutubet miktarlarında elde edilmiştir. Sabit rutubet miktarlarında ise en yüksek kapasitelerde düşük, orta ve yüksek kesiş derinliklerinde, diğer tüm koşullarda orta kesiş derinliklerinde elde edilmiştir. Bunlara göre; en yüksek kapasitelerde orta ve yüksek devirler ile 0,184-0,219 mm kesiş izi uzunlukları, diğer tüm koşullarda ise orta ve yüksek devirler, düşük, orta ve yüksek besleme hızları ile 0,105-0,167 mm kesiş izi uzunlukları elde edilmiştir.

Sarıçam odununda LDEK'de seçilen YSA modeline ait hata oranları ile R^2 değerleri Tablo 77'de belirtilmiştir.

Tablo 77. Sarıçam'da LDEK'ye ait YSA hata oranları ve R^2 değerleri

Ağaç Türü	Sarıçam								
Kesit	LDEK								
Eğitim Verileri			Doğrulama Verileri			Test Verileri			
Hata Oranları ve R^2	YP	KG	Hata Oranları ve R^2	YP	KG	Hata Oranları ve R^2	YP	KG	
MAPE (%)	5,717	0,408	MAPE (%)	7,843	0,734	MAPE (%)	8,279	1,097	
RMSE (%)	0,835	0,037	RMSE (%)	1,028	0,068	RMSE (%)	1,170	0,118	
R^2	0,967	0,943	R^2	0,965	0,803	R^2	0,953	0,717	

Tablo 77'ye göre; Sarıçam'da LDEK'ye ait MAPE hata oranları tüm verilerde yüzey pürüzlülüğünde düşük, kesme gücünde ise çok düşük oranlarda elde edilmiştir. Ölçülen ve tahmin değerleri arasındaki ilişkilerin yüzey pürüzlülüğünde çok yüksek, kesme gücünde ise yüksek ve çok yüksek olduğu görülmüştür. LDEK'de ölçülen ve tahmin değerlerinin karşılaştırması ise Şekil 120'de belirtilmiştir.



Şekil 120. Sarıçam odununda LDEK'ye ait ölçülen ve tahmin edilen eğitim, doğrulama ve test değerlerin karşılaştırılması

Sarıçam ağaç odununda LDEK'ye ait YSA modeli sonuçlarına göre, optimal işleme koşulları ve kesiş izi uzunlukları değerleri Ek-11'de belirtilmiştir.

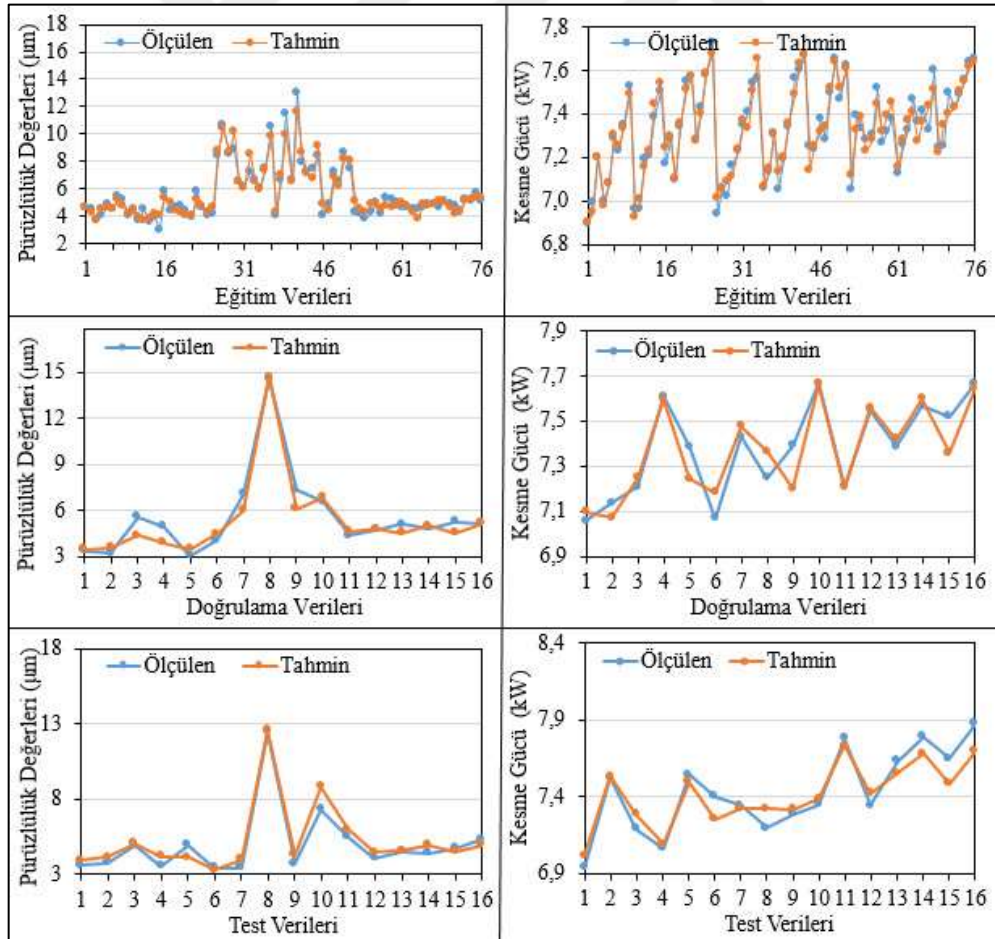
Ek 11'e göre; optimal işleme koşulları sabit kesiş derinliklerinde orta rutubet miktarlarında, sabit rutubet miktarlarında ise düşük, orta ve yüksek kesiş derinliklerinde elde edilmiştir. Bunlara göre; en yüksek kapasitelerde orta ve yüksek devirler ile 0,184-0,219 mm kesiş izi uzunlukları, diğer tüm koşullarda ise orta ve yüksek devirler, düşük, orta ve yüksek besleme hızları ile 0,096-0,211 mm kesiş izi uzunlukları elde edilmiştir.

Sarıçam odununda LPRK'de seçilen YSA modeline ait hata oranları ile R^2 değerleri Tablo 78'de belirtilmiştir.

Tablo 78. Sarıçam'da LPRK'ye ait YSA hata oranları ve R^2 değerleri

Ağaç Türü	Sarıçam							
Kesit	LPRK							
Eğitim Verileri			Doğrulama Verileri			Test Verileri		
Hata Oranları ve R^2	YP	KG	Hata Oranları ve R^2	YP	KG	Hata Oranları ve R^2	YP	KG
MAPE (%)	7,371	0,535	MAPE (%)	9,185	0,897	MAPE (%)	9,182	1,064
RMSE (%)	0,515	0,049	RMSE (%)	0,651	0,087	RMSE (%)	0,569	0,094
R^2	0,929	0,940	R^2	0,947	0,816	R^2	0,949	0,913

Tablo 78'e göre; Sarıçam'da LPRK'ye ait MAPE hata oranları tüm verilerde yüzey pürüzlülüğünde düşük, kesme gücünde ise çok düşük oranlarda elde edilmiştir. Ölçülen ve tahmin değerleri arasındaki ilişkilerin yüzey pürüzlülüğü ve kesme gücünde yüksek ve çok yüksek olduğu görülmüştür. LPRK'de ölçülen ve tahmin değerlerinin karşılaştırması ise Şekil 121'de belirtilmiştir.



Şekil 121. Sarıçam odununda LPRK'ye ait ölçülen ve tahmin edilen eğitim, doğrulama ve test değerlerin karşılaştırılması

Sarıçam ağaç odununda LPRK'ye ait YSA modeli sonuçlarına göre, optimal işleme koşulları ve kesiş izi uzunlukları değerleri Ek-12'de belirtilmiştir.

Ek 12'ye göre; optimal işleme koşulları sabit kesiş derinliklerinde orta rutubet miktarlarında, sabit rutubet miktarlarında ise düşük, orta ve yüksek kesiş derinliklerinde elde edilmiştir. Bunlara göre; en yüksek kapasitelerde orta ve yüksek devirler ile 0,184-0,219 mm kesiş izi uzunlukları, diğer tüm koşullarda ise orta ve yüksek devirler, düşük, orta ve yüksek besleme hızları ile 0,083-0,184 mm kesiş izi uzunlukları elde edilmiştir.

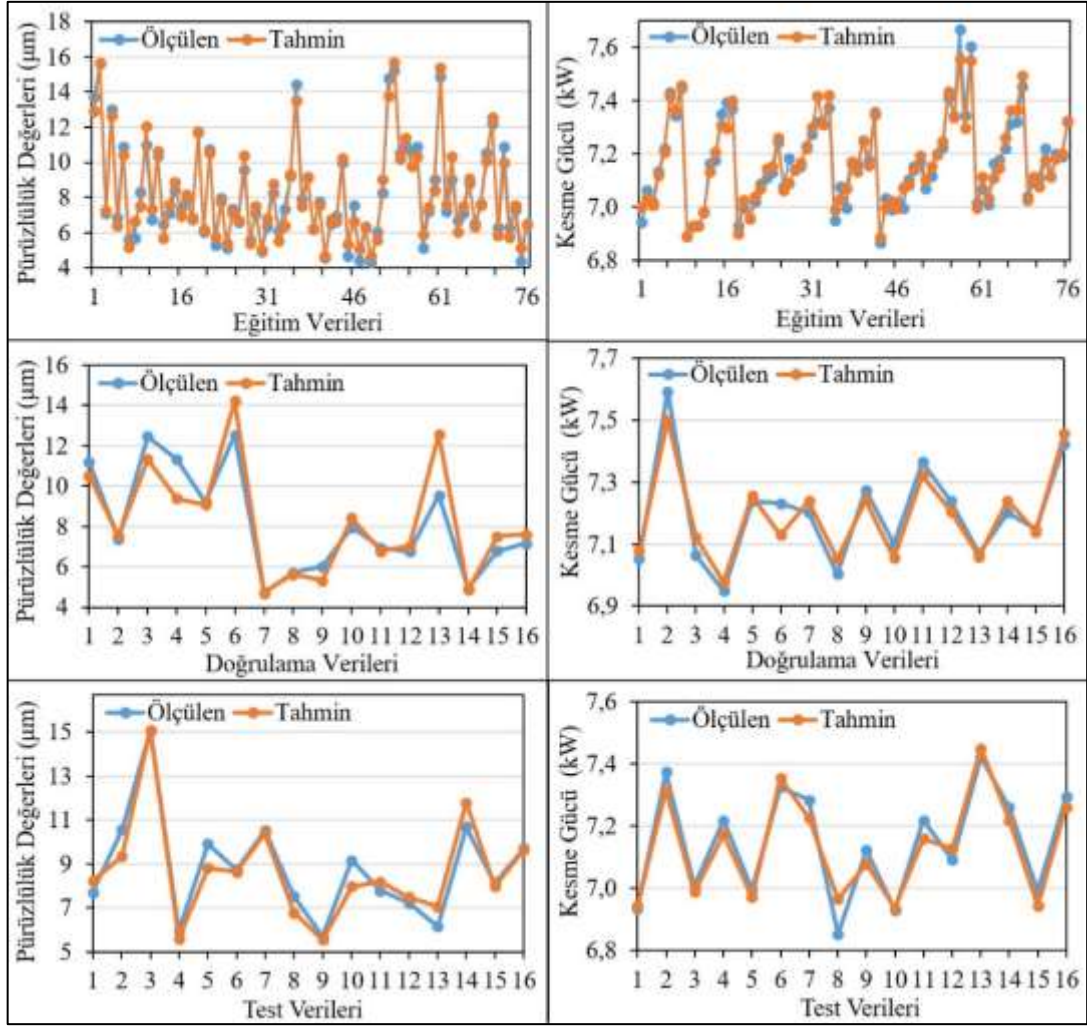
3.5.4. Doğu Ladini Odununa Ait YSA Analizleri

Doğu Ladini odununda, tüm kesitlere göre YSA modelleri belirlenmiş olup, LDTK'de seçilen YSA modeline ait hata oranları ile R^2 değerleri Tablo 79'da belirtilmiştir.

Tablo 79. Doğu Ladini'nde LDTK'ye ait YSA hata oranları ve R^2 değerleri

Ağaç Türü	Doğu Ladini							
Kesit	LDTK							
Eğitim Verileri			Doğrulama Verileri			Test Verileri		
Hata Oranları ve R^2	YP	KG	Hata Oranları ve R^2	YP	KG	Hata Oranları ve R^2	YP	KG
MAPE (%)	5,834	0,397	MAPE (%)	7,690	0,562	MAPE (%)	6,422	0,565
RMSE (%)	0,531	0,037	RMSE (%)	1,091	0,048	RMSE (%)	0,680	0,047
R^2	0,963	0,949	R^2	0,837	0,919	R^2	0,916	0,931

Tablo 79'a göre; Doğu Ladini'nde LDTK'ye ait MAPE hata oranları tüm verilerde yüzey pürüzlülüğünde düşük, kesme gücünde ise çok düşük oranlarda elde edilmiştir. Ölçülen ve tahmin değerleri arasındaki ilişkilerin yüzey pürüzlülüğünde yüksek ve çok yüksek, kesme gücünde ise çok yüksek olduğu görülmüştür. LDTK'de ölçülen ve tahmin değerlerinin karşılaştırması ise Şekil 122'de belirtilmiştir.



Şekil 122. Doğu Ladini odununda LDTK'ye ait ölçülen ve tahmin edilen eğitim, doğrulama ve test değerlerin karşılaştırılması

Doğu Ladini ağaç odununda LDTK'ye ait YSA modeli sonuçlarına göre, optimal işleme koşulları ve kesiş izi uzunlukları değerleri Ek-13'te belirtilmiştir.

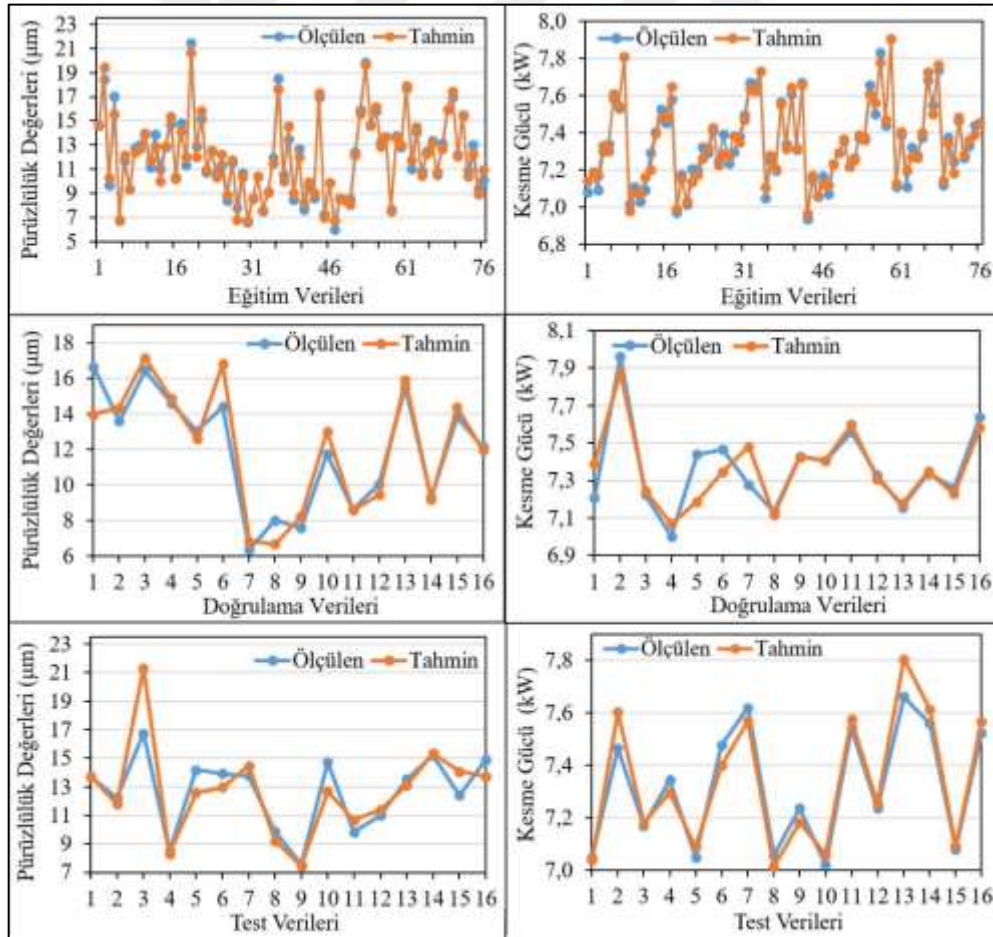
Ek 13'e göre, optimal işleme koşulları sabit kesiş derinliklerinde en yüksek kapasitelerde düşük ve orta rutubet miktarlarında, diğer tüm koşullarda orta rutubet miktarlarında elde edilmiştir. Sabit rutubet miktarlarında ise en yüksek kapasitelerde düşük, orta ve yüksek kesiş derinliklerinde, diğer tüm koşullarda düşük ve orta kesiş derinliklerinde elde edilmiştir. Bunlara göre; en yüksek kapasitelerde orta ve yüksek devirler ile 0,194-0,250 mm kesiş izi uzunlukları, diğer tüm koşullarda ise orta ve yüksek devirler, düşük, orta ve yüksek besleme hızları ile 0,079-0,191 mm kesiş izi uzunlukları elde edilmiştir.

Doğu Ladini odununda LPTK'de seçilen YSA modeline ait hata oranları ile R^2 değerleri Tablo 80'de belirtilmiştir.

Tablo 80. Doğu Ladini’nde LPTK’ye ait YSA hata oranları ve R² değerleri

Ağaç Türü	Doğu Ladini								
Kesit	LPTK								
Eğitim Verileri			Doğrulama Verileri			Test Verileri			
Hata Oranları ve R ²	YP	KG	Hata Oranları ve R ²	YP	KG	Hata Oranları ve R ²	YP	KG	
MAPE (%)	3,506	0,448	MAPE (%)	6,665	0,954	MAPE (%)	7,596	0,683	
RMSE (%)	0,518	0,040	RMSE (%)	1,098	0,103	RMSE (%)	1,483	0,064	
R ²	0,975	0,966	R ²	0,897	0,783	R ²	0,777	0,943	

Tablo 80’e göre; Doğu Ladini’nde LPTK’ye ait MAPE hata oranları tüm verilerde yüzey pürüzlülüğünde çok düşük ve düşük, kesme gücünde ise çok düşük oranlarda elde edilmiştir. Ölçülen ve tahmin değerleri arasındaki ilişkilerin, yüzey pürüzlülüğü ve kesme gücünde yüksek ve çok yüksek olduğu görülmüştür. LPTK’de ölçülen ve tahmin değerlerinin karşılaştırması ise Şekil 123’te belirtilmiştir.



Şekil 123. Doğu Ladini odununda LPTK’ye ait ölçülen ve tahmin edilen eğitim, doğrulama ve test değerlerin karşılaştırılması

Doğu Ladini ağaç odununda LPTK'ye ait YSA modeli sonuçlarına göre, optimal işleme koşulları ve kesiş izi uzunlukları değerleri Ek-14'te belirtilmiştir.

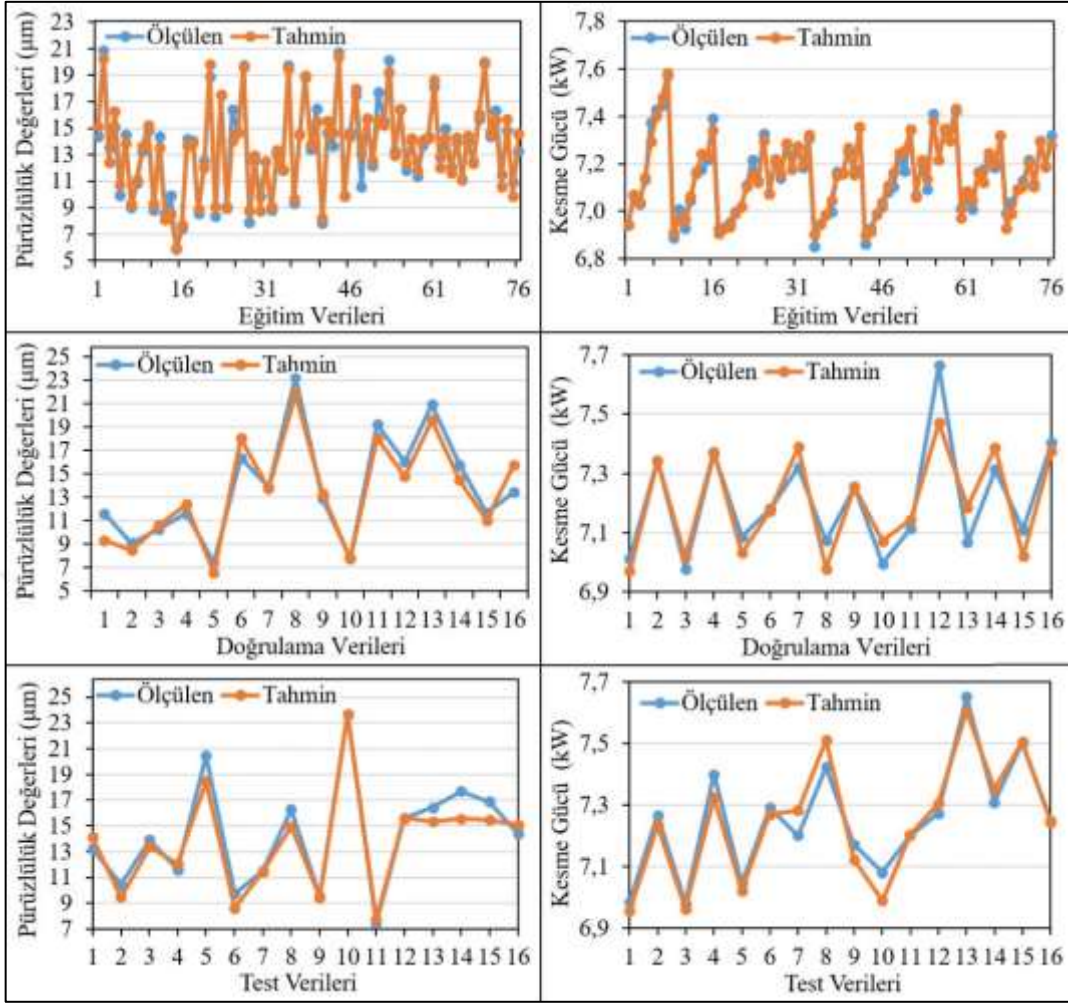
Ek 14'e göre, optimal işleme koşulları sabit kesiş derinliklerinde en yüksek kapasitelerde düşük ve orta rutubet miktarlarında, diğer tüm koşullarda orta rutubet miktarlarında elde edilmiştir. Sabit rutubet miktarlarında ise en yüksek kapasitelerde orta kesiş derinliklerinde, diğer tüm koşullarda düşük, orta ve yüksek kesiş derinliklerinde elde edilmiştir. Bunlara göre; en yüksek kapasitelerde orta ve yüksek devirler ile 0,184-0,233 mm kesiş izi uzunlukları, diğer tüm koşullarda ise orta ve yüksek devir ve besleme hızları ile 0,118-0,192 mm kesiş izi uzunlukları elde edilmiştir.

Doğu Ladini odununda LDEK'de seçilen YSA modeline ait hata oranları ile R^2 değerleri Tablo 81'de belirtilmiştir.

Tablo 81. Doğu Ladini'nde LDEK'ye ait YSA hata oranları ve R^2 değerleri

Ağaç Türü	Doğu Ladini								
Kesit	LDEK								
Eğitim Verileri			Doğrulama Verileri			Test Verileri			
Hata Oranları ve R^2	YP	KG	Hata Oranları ve R^2	YP	KG	Hata Oranları ve R^2	YP	KG	
MAPE (%)	4,328	0,318	MAPE (%)	7,430	0,800	MAPE (%)	5,888	0,552	
RMSE (%)	0,738	0,031	RMSE (%)	1,231	0,076	RMSE (%)	1,049	0,049	
R^2	0,954	0,961	R^2	0,928	0,824	R^2	0,954	0,938	

Tablo 81'e göre; Doğu Ladini'nde LDEK'ye ait MAPE hata oranları tüm verilerde yüzey pürüzlülüğünde çok düşük ve düşük, kesme gücünde ise çok düşük oranlarda elde edilmiştir. Ölçülen ve tahmin değerleri arasındaki ilişkilerin yüzey pürüzlülüğünde çok yüksek, kesme gücünde ise yüksek ve çok yüksek olduğu görülmüştür. LDEK'de ölçülen ve tahmin değerlerinin karşılaştırması ise Şekil 124'te belirtilmiştir.



Şekil 124. Doğu Ladini odununda LDEK'ye ait ölçülen ve tahmin edilen eğitim, doğrulama ve test değerlerin karşılaştırılması

Doğu Ladini ağaç odununda LDEK'ye ait YSA modeli sonuçlarına göre, optimal işleme koşulları ve kesiş izi uzunlukları değerleri Ek-15'te belirtilmiştir.

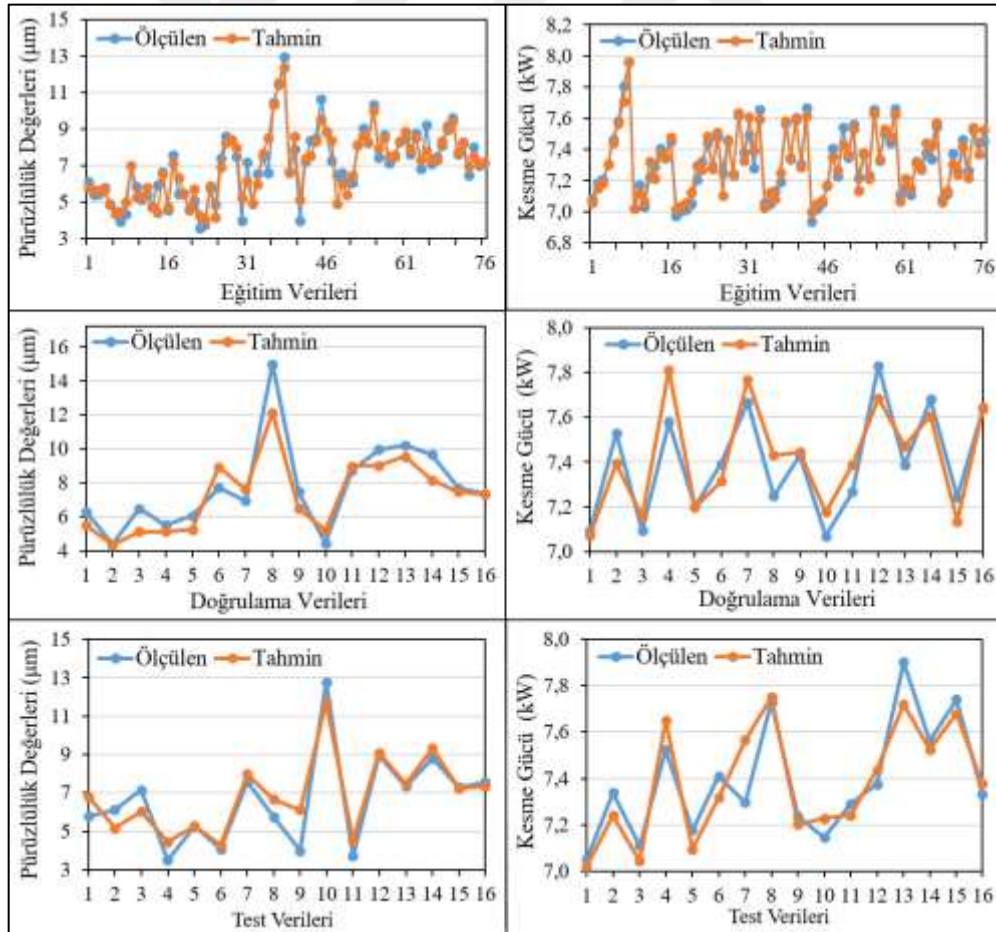
Ek 15'e göre, optimal işleme koşulları; sabit kesiş derinliklerinde en yüksek kapasitelerde orta rutubet miktarlarında, diğer tüm koşullarda ise düşük ve orta rutubet miktarlarında elde edilmiştir. Sabit rutubet miktarlarında ise en yüksek kapasitelerde düşük ve orta kesiş derinliklerinde, diğer tüm koşullarda düşük, orta ve yüksek kesiş derinliklerinde elde edilmiştir. Bunlara göre; en yüksek kapasitelerde orta ve yüksek devirler ile 0,175-0,219 mm kesiş izi uzunlukları, diğer tüm koşullarda ise düşük, orta ve yüksek devir ve besleme hızları ile 0,092-0,183 mm kesiş izi uzunlukları elde edilmiştir.

Doğu Ladini odununda LPRK'de seçilen YSA modeline ait hata oranları ile R^2 değerleri Tablo 82'de belirtilmiştir.

Tablo 82. Doğu Ladini'nde LPRK'ye ait YSA hata oranları ve R² değerleri

Ağaç Türü	Doğu Ladini							
Kesit	LPRK							
Eğitim Verileri			Doğrulama Verileri			Test Verileri		
Hata Oranları ve R ²	YP	KG	Hata Oranları ve R ²	YP	KG	Hata Oranları ve R ²	YP	KG
MAPE (%)	6,756	0,573	MAPE (%)	10,696	1,252	MAPE (%)	12,466	1,125
RMSE (%)	0,589	0,052	RMSE (%)	1,078	0,112	RMSE (%)	0,859	0,104
R ²	0,901	0,939	R ²	0,868	0,784	R ²	0,884	0,817

Tablo 82'ye göre; Doğu Ladini'nde LPRK'ye ait MAPE hata oranları tüm verilerde yüzey pürüzlülüğünde düşük ve orta, kesme gücünde ise çok düşük oranlarda elde edilmiştir. Ölçülen ve tahmin değerleri arasındaki ilişkilerin, yüzey pürüzlülüğü ve kesme gücünde yüksek ve çok yüksek olduğu görülmüştür. LPRK'de ölçülen ve tahmin değerlerinin karşılaştırması ise Şekil 125'te belirtilmiştir.



Şekil 125. Doğu Ladini odununda LPRK'ye ait ölçülen ve tahmin edilen eğitim, doğrulama ve test değerlerin karşılaştırılması

Doğu Ladini ağaç odununda LPRK'ye ait YSA modeli sonuçlarına göre, optimal işleme koşulları ve kesiş izi uzunlukları değerleri Ek-16'da belirtilmiştir.

Ek 16'ya göre; optimal işleme koşulları sabit kesiş derinliklerinde orta rutubet miktarlarında, sabit rutubet miktarlarında ise düşük ve orta kesiş derinliklerinde elde edilmiştir. Bunlara göre; en yüksek kapasitelerde orta ve yüksek devirler ile 0,194-0,233 mm kesiş izi uzunlukları, diğer tüm koşullarda ise orta ve yüksek devirler, düşük, orta ve yüksek besleme hızları ile 0,102-0,203 mm kesiş izi uzunlukları elde edilmiştir.



4. TARTIŞMA

4.1. Yoğunluklar ve Yıllık Halka Genişlikleri

Ağaç türü odunlarının ölçülen ve hesaplanan yoğunluk değerleri rutubet artışı ile orantılı artmıştır.

Literatürde ağaç türü odunlarına ait bazı tam kuru ve hava kurusu yoğunluklar ile yıllık halka genişlikleri Tablo 83'te belirtilmiştir.

Tablo 83. Literatürdeki yoğunluk ve yıllık halka genişliği değerleri

Ağaç Türleri	Yoğunluk (gr/cm ³)		YHG (mm)
	Tam Kuru	Hava Kurusu	
<i>Fagus orientalis</i> L. (Demirci, 2019)	-	0.660	-
<i>Fagus orientalis</i> L. (Aydın ve Aydın, 2018)	-	0.730	-
<i>Fagus orientalis</i> L. (Pelit ve Sönmez, 2015)	-	0.657	-
<i>Fagus orientalis</i> L. (Vitosyte vd., 2015)	-	-	2.630
<i>Fagus orientalis</i> L. (Erdin ve Bozkurt, 2013)	0.680	0.720	-
<i>Fagus orientalis</i> L. (Tiryaki, 2012)	-	0.704	-
<i>Fagus orientalis</i> L. (Pourtahmasi vd., 2011)	-	-	1.780
<i>Fagus orientalis</i> L. (Ulusoy, 2011)	0.700	0.701	2.320
<i>Fagus orientalis</i> L. (Malkoçoğlu ve Özdemir, 2006)	-	0.679	1.800
<i>Fagus orientalis</i> L. (Gurau, 2004)	0.600	-	-
<i>Fagus orientalis</i> L. (Hazır ve Özcan, 2019; Özdemir, 2003)	-	0.683	-
<i>Fagus orientalis</i> L. (Akyıldız ve Malkoçoğlu, 2001)	-	0.678	-
<i>Fagus orientalis</i> L. (Güler ve Bektaş, 2000)	-	-	1.510
<i>Fagus orientalis</i> L. (Malkoçoğlu, 1994)	0.645	0.669	1.580
<i>Fagus orientalis</i> L. (Pojouh, 1974)	-	-	1.460
<i>Fagus orientalis</i> L. (Berkel, 1970)	0.630	0.633	-
<i>Fagus orientalis</i> L. (Gürsu, 1960)	0.589	0.663	1.410
<i>Castanea sativa</i> Mill. (Erdin ve Bozkurt, 2013; Berkel, 1970)	0.590	0.630	-
<i>Castanea sativa</i> Mill. (Efe ve Çağatay, 2011)	-	0.480	-
<i>Castanea sativa</i> Mill. (Ulusoy, 2011)	0.481	0.500	2.930
<i>Castanea sativa</i> Mill. (Malkoçoğlu ve Özdemir, 2006)	-	0.506	2.600
<i>Castanea sativa</i> Mill. (Ay ve Şahin, 2002)	0.508	0.540	-
<i>Castanea sativa</i> Mill. (Akyıldız ve Malkoçoğlu, 2001)	-	0.510	-
<i>Castanea sativa</i> Mill. (Berkel, 1970)	-	0.630	-
<i>Pinus sylvestris</i> L. (Mankowski, vd., 2020)	-	-	1.843
<i>Pinus sylvestris</i> L. (İrdem, 2019)	-	-	0.931
<i>Pinus sylvestris</i> L. (Pamuk, 2019)	-	-	0.555
<i>Pinus sylvestris</i> L. (Demirci, 2019)	-	0.530	-
<i>Pinus sylvestris</i> L. (Aydın ve Aydın, 2018)	-	0.510	-
<i>Pinus sylvestris</i> L. (Özan vd., 2017)	-	0.500	-
<i>Pinus sylvestris</i> L. (Vitosyte vd., 2015)	-	-	1.210
<i>Pinus sylvestris</i> L. (Erdin ve Bozkurt, 2013)	0.490	0.520	-
<i>Pinus sylvestris</i> L. (Efe ve Çağatay, 2011)	-	0.470	-
<i>Pinus sylvestris</i> L. (Dündar, 2005)	-	-	0.790

Tablo 83'ün devamı

<i>Pinus sylvestris</i> L. (Malkoçoğlu ve Özdemir, 2006)	-	0.464	2.500
<i>Pinus sylvestris</i> L. (Akyıldız ve Malkoçoğlu, 2001)	-	0.497	-
<i>Pinus sylvestris</i> L. (As vd., 2001; Öktem, 1994)	0.496	0.526	-
<i>Pinus sylvestris</i> L. (Toker, 1960)	-	0.482	-
<i>Picea orientalis</i> L. (Vitosyte vd., 2015)	-	-	1.150
<i>Picea orientalis</i> L. (Erdin ve Bozkurt, 2013)	0.430	0.470	-
<i>Picea orientalis</i> L. (Tiryaki, 2012; Ulusoy, 2011)	0.417	0.417	3.470
<i>Picea orientalis</i> L. (Malkoçoğlu ve Özdemir, 2006)		0.410	2.800
<i>Picea orientalis</i> L. (Gurau, 2004)	0.454	-	-
<i>Picea orientalis</i> L. (Akyüz, 2004)	-	-	2,314
<i>Picea orientalis</i> L. (Akyıldız ve Malkoçoğlu, 2001)	-	0.458	-
<i>Picea orientalis</i> L. (As vd., 2001)	-	0.425	-
<i>Picea orientalis</i> L. (Akyüz, 1997)	0.414	0.451	2.340
<i>Picea orientlis</i> L. (Berkel, 1970)	0.406	0.436	-

Çalışmada elde edilen tam kuru yoğunluk değerleri (Tablo 6), Tablo 83'teki değerler ile karşılaştırıldığında; Doğu Kayını'nda tüm rutubet gruplarında Erdin ve Bozkurt (2013), Ulusoy (2011) ve Malkoçoğlu (1994)'dan düşük, Gurau (2004) ve Gürsu (1960)'dan yüksek, %15 rutubet grubunda ise Gurau (2004)'ya yakın ve bir miktar düşük değerler elde edilmiştir. Anadolu Kestanesi'nde; tüm rutubet gruplarında Erdin ve Bozkurt (2013)'tan düşük, %12 rutubet grubunda Ulusoy (2011)'a yaklaşık eşit ve bir miktar düşük, %8 rutubet grubunda Ay ve Şahin (2002)'den düşük, diğer rutubet gruplarında ise Ay ve Şahin (2002)'den daha yüksek değerler elde edilmiştir. Sarıçam'da %8 rutubet grubunda, Erdin ve Bozkurt (2013) ve As vd. (2001) ile Öktem (1994)'den yüksek, %12 ve %15 rutubet gruplarında ise bunlardan daha düşük değerler elde edilmiştir. Doğu Ladini'nde tüm rutubet gruplarında, Erdin ve Bozkurt (2013) ile Gurau (2004)'dan düşük, %12 rutubet grubunda tüm literatür değerlerinden düşük, %8 ve %15 rutubet gruplarında ise Tiryaki (2012) ve Ulusoy (2011)'a eşit, Akyüz (1997) ve Berkel (1970)'e ise yaklaşık eşit ve bir miktar yüksek değerler elde edilmiştir.

Çalışmada elde edilen hava kuru yoğunluk değerleri (Tablo 8), Tablo 83'teki değerler ile karşılaştırıldığında; Doğu Kayını'nda Malkoçoğlu (1994) ile yaklaşık eşit, Demirci (2019), Pelit ve Sönmez (2015), Berkel (1941 ve 1970)'den daha yüksek, diğer çalışmalardan ise daha düşük yoğunluk değerleri elde edilmiştir. Anadolu Kestanesi'nde; Erdin ve Bozkurt (2013), Berkel (1970) ile Ay ve Şahin (2002)'den daha düşük, diğer çalışmalardan ise daha yüksek değerler elde edilmiştir. Sarıçam'da; Akyıldız ve Malkoçoğlu (2001)'e yaklaşık eşit, Demirci (2019), Erdin ve Bozkurt (2013) ile Aydın ve Aydın (2018)'den daha düşük, diğer çalışmalardan ise daha yüksek değerler elde edilmiştir. Doğu

Ladini'nde; Tiryaki (2012), Ulusoy (2011) ve Malkoçoğlu ve Özdemir (2006) ile yaklaşık eşit, diğer çalışmalardan ise daha düşük değerler elde edilmiştir. Bunlara göre, yoğunluklarda Doğu Kayını, Anadolu Kestanesi, Sarıçam ve Doğu Ladini'nde literatürle uyumlu sonuçlar ortaya konulabilir.

Çalışmada elde edilen yıllık halka genişlikleri (Tablo 6), Tablo 83'teki değerler ile karşılaştırıldığında; Doğu Kayını'nda Güler ve Bektaş (2000), Pojouh (1974) ve Gürsu (1960)'dan yüksek, diğer çalışmalardan ise daha düşük değerler elde edilmiştir. Anadolu Kestanesi'nde; %15 rutubet grubunda, Ulusoy (2011) ile Malkoçoğlu ve Özdemir (2006)'den düşük, diğer rutubet gruplarında ise bu çalışmalara göre daha yüksek değerler elde edilmiştir. Sarıçam'da; tüm rutubet gruplarında, İrdem (2019), Pamuk (2019) ve Dündar (2005)'den yüksek, Mankowski vd. (2020) ile Malkoçoğlu ve Özdemir (2006)'den düşük değerler çıkmıştır. Vitosyte vd. (2015)'e göre ise; %15 rutubet grubunda daha yüksek, %12 rutubet grubunda ise daha düşük değerler elde edilmiştir. Doğu Ladini'nde; tüm rutubet gruplarında Vitosyte vd. (2015), Akyüz (2004) ve Akyüz (1997)'den yüksek, %8 ve %12 rutubet gruplarında Tiryaki (2012) ve Ulusoy (2011)'den düşük ve %12 rutubet grubunda Malkoçoğlu ve Özdemir (2006)'den düşük değerler elde edilmiştir.

Literatürde; ağaç türü odun yoğunlukları ile anatomik yapılarının işlenme özelliklerini oldukça etkilediği, yoğunluk artışının ise yüzey pürüzlülüğünü azalttığı belirtilmektedir. Yoğunluğu yüksek ağaç türü odunları işlemede daha düzgün yüzeyler gösterse de bazı halkalı traheli türlerin anatomik yapılarına göre düşük yoğunluktaki iğne yapraklı ağaç türlerinden daha yüksek pürüzlülük değerleri gösterdiği ortaya konulmuştur. Ağaç türlerinde, yıllık halkalardaki ilkbahar-yaz odunu oranı da yoğunluğu etkilemekte olup, yaz odunu katılım oranı arttıkça yoğunluk da artmaktadır. Aynı zamanda, yüzey kalitesinin odun yoğunluğu artışından olumlu etkilendiği; bunun yanında yüzey pürüzlülüğünün ise, odunların anatomik yapısı (yapraklı ağaç odunlarındaki trahe oluşumları) ile ilişkili olduğu ve bu tür odunların yoğunluğunun yüksek olmasına rağmen düşük yoğunluktaki iğne yapraklı ağaç odunlarından daha yüksek pürüzlülük değerleri gösterdiği ortaya konulmaktadır (Davim, 2011; Bozkurt ve Erdin, 2011; Malkoçoğlu ve Özdemir, 2006; Murmanis vd., 1998; Stewart, 1975; Davis, 1962). Çalışmada; literatüre göre Doğu Ladini ve Sarıçam odun yoğunluklarının düşük olması yüzey kalitesini azaltması ve pürüzlülüğü arttırması bakımından işlemeyi olumsuz, Doğu Kayını ve Anadolu Kestanesi odun yoğunluklarının yüksek olmasının ise yüzey kalitesini arttırması ve pürüzlülüğü azaltması bakımından işlemeyi olumlu yönde etkileyebileceği ortaya konulabilir. Aynı ağaç türü

odunlarında, rutubet grupları arasındaki yoğunluk farklılıklarının yaz odunu katılım oranından ve yetiştirme yeri koşulları vb.'den kaynaklanabileceği söylenebilir.

Yapraklı ağaç odunlarında hızlı büyüyen türler hariç YHG arttıkça, yoğunluklar artmaktadır. YHG ile yoğunluk ilişkisi, dağınık traheli Doğu Kayını odununda az, halkalı traheli Anadolu Kestanesi odununda ise daha fazla etkili olmaktadır (Berkel, 1970). Bunlara göre; Kayında %8 rutubet grubunda YHG en fazla, yoğunluk az; %12 rutubet grubunda YHG en az, yoğunluk en fazla ve %15 rutubet grubunda ise YHG ve yoğunluk orta değerlerdedir. Bu durumun Anadolu Kestanesi odununda da yaklaşık aynı olduğu ortaya konulabilir. Yapraklı ağaçlarda, YHG ile yoğunluk arasında istatistiksel olarak ilişki olmadığı görülmüştür. Bu durum; gruplardaki örneklerin sayısı ve heterojen yapıda olmalarına bağlanabilir.

İğne yapraklı ağaç odunlarında YHG arttıkça, yoğunluklar azalmaktadır. Yaz odunu tabakası belirgin olan türlerde bu ilişki zayıftır. Çam gibi ağaç türleri, çok dar yıllık halkalarda da düşük yoğunluklar göstermektedir. Genellikle, çamda YHG 1.5 -2,0 mm'ye kadar arttıkça, yoğunluk da artmakta ve daha geniş yıllık halkalarda azalma görülmektedir. (Bozkurt ve Erdin, 2011; Merev, 2003; Berkel, 1970). Hızlı ve yavaş büyüyen Norveç Ladini ağaç türü odununun işlenmesi konulu bir çalışmada en düzgün yüzeylerin hızlı büyüyen ağaç odunlarında elde edildiği belirtilmiştir (Triboulot vd., 1991). Çalışmada, sadece %8 ve %15 rutubet gruplarında Sarıçam odununda YHG ile tam kuru yoğunluklar arasında istatistiksel olarak ilişki çıkmıştır. Buna göre; YHG arttıkça yoğunluğun azaldığı görülmüştür. Bunların dışındaki diğer rutubet gruplarında her iki ağaç türünde YHG ile tam kuru yoğunluklar arasında ilişki olmadığı görülmüş olup, bu durum; yapraklı ağaç türü odunlarında olduğu gibi örnek sayısının az ve yoğunluk dağılımı bakımından homojen olmamasına, ya da ağaç türleri genetik özellikleri ile yetiştirme yeri koşullarına bağlanabilir.

4.2. Yüzey Pürüzlülükleri

4.2.1. Ağaç Türü Odun Kesitleri

Kesitlere ait pürüzlülük değerleri LPRK'de 5.45 μm , LDTK'de 9.21 μm , LPTK'de 11.09 μm ve LDEK'de 11.10 μm olarak elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre, en pürüzsüz yüzeyler LPRK'da, en pürüzlü yüzeyler ise LDEK'da ortaya çıkmıştır.

Yapılan çalışmalarda kesiş yönünün yüzey pürüzlülüğünü etkilediği belirtilmektedir (Sütçü ve Karagöz, 2013; Söğütlü, 2010; Örs ve Demirci, 2003; Örs ve Gürleyen, 2002). Hazır vd. (2018), Doğu Karadeniz Göknarı odununda en düşük pürüzlülük değerlerini teğet kesitlerde elde etmişlerdir. Sütçü (2013), en düşük pürüzlülük değerlerini yapraklı ağaç türlerinde liflere paralel yönde, iğne yapraklı ağaç türünde ise liflere dik yönde işlemede elde etmiştir. Diğer bir çalışmada (Karagöz vd., 2011) ise; Doğu Kayını, Sarıçam ve Uludağ Göknarı'nda radyal kesitlerdeki yüzey pürüzlülüğünün teğet kesitlere göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

Liflere dik yönde işlemede teğet kesitlerdeki yüzey pürüzlülüğünün liflere paralel yöne göre daha düşük çıkmasının, liflere dik yönde bıçağa karşı gösterilen direncin daha yüksek ve parçalanmanın daha az olmasından kaynaklandığı ortaya konulmaktadır (Malkoçoğlu, 2018a; Lemaster ve Stewart, 1994). Teğet kesitlerde radyal kesite göre daha yüksek pürüzlülük değerlerinin elde edilmesinde; teğet kesitlerin radyal kesitlere göre yıllık halkaların daha geniş ve heterojen, radyal kesitlerin ise daha dar ve homojen bir yapı göstermesi etkili olabilir. Ayrıca; işlemlerde teğet kesitlerde kesici uç kısmı, radyal kesitlerde ise kesici yanal kısmının kesişe katılmasının da etkili olabileceği belirtilebilir.

4.2.2. Devir ve Besleme Hızları

Devirlere ait yüzey pürüzlülüğü değerleri 10000 d/dk, 14000 d/dk, 18000 d/dk ve 22000 d/dk'da sırasıyla 10.76 μm , 9.34 μm , 8.61 μm ve 8.09 μm olarak; besleme hızlarına ait yüzey pürüzlülüğü değerleri ise 3 m/dk., 5 m/dk. ve 7 m/dk.'da sırasıyla 7.81 μm , 9.18 μm ve 10.64 μm olarak bulunmuştur. Bunlara göre, yüksek devir ve düşük besleme hızlarında daha düzgün yüzeyler elde edilmiştir.

Literatürde; Lübnan Sediri, Doğu Karadeniz Göknarı, Doğu Kayını, Sarıçam ve Avrupa Melezi ağaç türü odunlarında yapılan çalışmalarda devir ve besleme hızlarındaki artış yüzey pürüzlülüğü arttırmıştır (Hazır ve Özcan, 2019; Hazır ve Koç, 2019; Hazır vd., 2018; Sofuoğlu, 2016; Koç vd., 2015; Aghakhani vd., 2013; Rawangwong vd., 2011). Bu kapsamda çalışmada literatür ile uyumlu sonuçlar elde edildiği ortaya konulabilir.

Yüksek devirlerde veya kesme hızlarında yonga kalınlığı ve kesiş izi uzunluğu azaldığından, odundaki parçalanma azalmakta ve daha düzgün yüzeyler elde edildiği belirtilmektedir. Bunların yanında; çok yüksek besleme hızlarında, yonga kalınlığı ve kesiş izi uzunluğu artmakta ve daha pürüzlü yüzeyler elde edilmektedir (Malkoçoğlu, 2018a;

Sögütlü, 2010; Škaljić vd., 2009; Keturakis ve Juodeikienė, 2007; Efe vd., 2003). Ayrıca; yüksek devir ve düşük besleme hızında, bıçağın daha çok kesişe katılması sonucu kesiş izi uzunluğu azalmakta ve birim uzunluktaki kesici izi sayısı artmaktadır. Böylece; daha düzgün yüzeyler elde edilmekte, ancak bıçağın körelmesi olumsuz yönde etkilenmekte, yani artmaktadır. Bunlara göre; birim uzunlukta ($S_z \cong 25$ mm) uygun kesici izi sayısı veya kesiş izi uzunlukları önerilmektedir (Malkoçoğlu, 2018b; Leitz, 2018; Kurtoğlu, 2005; Davim, 2011).

4.2.3. Kesiş Derinlikleri

Kesiş derinliğine ait yüzey pürüzlülüğü değerleri 8 mm., 10 mm. ve 12 mm.'de sırasıyla 8.94 μ m, 9.18 μ m ve 9.5 μ m olarak bulunmuştur. Buna göre, kesiş derinliği arttıkça yüzey pürüzlülüğü de artmıştır.

Yapılan çalışmalarda; kesiş genişliği azaldıkça daha düzgün yüzeyler elde edilmiştir (Sütçü ve Karagöz, 2013; Darmawan, 2011; Su ve Wang, 2002). Sütçü (2013), kesiş derinliğinin ladin odununda pürüzlülüğü etkileyen en önemli faktör olduğu, bunun yanında kesiş genişliği etkisinin önemli olmadığı belirtmiştir. Bunda, düşük kesiş genişliği seçilmesinin etkili olduğu söylenebilir. MDF üzerine yapılan bazı çalışmalarda ise kesiş derinliği ve genişliği arttıkça pürüzlülüğünün arttığı belirtilmiştir (Bal ve Gündeş, 2020; Bal ve Dumanoğlu, 2019; Bal, 2018; Sütçü ve Karagöz, 2012). Başka bir çalışmada ise; 0.5 mm kesiş derinliğinde besleme hızının yüzey pürüzlülüğünü etkilemediği ortaya konulmuştur (Deus vd., 2015). Yüzey pürüzlülüğü ve işlem süresi bakımından kesiş derinliğinin bıçak çapının %50'sini geçmemesi ve besleme hızının 3-5 m/dk. olması önerilmiştir (Bal, 2018). Sofuoğlu (2016)'da ise optimal işleme koşulları 2 mm, 4 mm ve 6 mm işleme derinliklerinden 4 mm'de elde edilmiştir. Bu kapsamda, çalışmada elde edilen sonuçlar genellikle literatürle uyumludur. Çalışmada; bir miktar yüksek pürüzlülük değerleri elde edilmesi, kesiş miktarlarının literatüre göre daha fazla olmasına dayandırılabilir.

4.2.4. Ağaç Türleri

Ağaç türlerine ait tüm kesitlerde en düzgün yüzeyler sırasıyla; LDTK'da Sarıçam, Doğu Ladini, Doğu Kayını ve Anadolu Kestanesi'nde; LPTK'da Sarıçam, Doğu Kayını,

Doğu Ladini ve Anadolu Kestanesi'nde; LDEK'da Doğu Kayını, Anadolu Kestanesi Sarıçam ve Doğu Ladini'nde; LPRK'da ise Sarıçam, Doğu Kayını, Anadolu Kestanesi ve Doğu Ladini'nde elde edilmiştir. Kesitlerdeki yüzey pürüzlülük değerleri ağaç türlerine göre kendi içlerinde farklılık göstermiştir. Bunlara göre, yüzey pürüzlülük değerlerinin en düşükten en yükseğe değişimden en az Sarıçam, en fazla ise Doğu Kayını ağaç türü odununun etkilendiği görülmüştür.

Yapılan çalışmalarda; Sütçü ve Karagöz (2013), en düzgün yüzeyleri sırasıyla Ceviz, Kayın ve Kestane ağaç türlerinde, Koç vd. (2015) ise MDF, Ayos ağacı ve Kayın'da elde etmişlerdir. Coşereanu ve Cismaru (2014); Adi Dişbudak odununda Ihlamur ağaç odununa göre daha düzgün yüzeyler belirlemiştir. Planyalama işlemlerinde Tiryaki (2012); teget kesitlerde, Doğu Ladini'nde Doğu Kayını'na göre daha düzgün yüzeyler elde etmiştir. Ulusoy (2011); en düzgün yüzeyleri sırasıyla Doğu Ladini, Doğu Kayını ve Anadolu Kestanesi'nde elde etmiştir.

Çalışmada; elde edilen pürüzlülük değerlerine bunlarla karşılaştırıldığında, tüm kesitlerde genellikle daha yüksek değerler elde edilmiştir. Bunun nedenleri olarak; daha yüksek kesiş miktarlarında çalışılması ve rutubet miktarlarındaki farklılıklar belirtilebilir. Tüm kesitlerde Sarıçam'da Doğu Ladini'nden daha düzgün yüzeyler elde edilmesi, yoğunluğunun daha yüksek olmasına bağlanabilir. Doğu Kayını'nda Anadolu Kestanesi'nden daha düzgün yüzeyler elde edilmiştir. Bu durum; Doğu Kayını'nın dağınık traheli ve Anadolu Kestanesi'nin ise halkalı traheli olması yanında, Doğu Kayını odununun daha yüksek yoğunlukta olmasından kaynaklanabilir. LDTK ve LPTK'de en pürüzlü yüzeylerin Anadolu Kestanesi'nde elde edilmesi, anatomisine bağlı büyük boyutlu trahelerden kaynaklanan yapısının etkili olmasına bağlanabilir. LPTK'de LDTK'lere göre pürüzlülüğün daha yüksek çıkması; işlemede liflere paralel yöndeki lif sapmalarının ve parçalanmanın liflere dik yöne göre daha fazla olmasından kaynaklanabileceği belirtilebilir.

Enine kesitlerin işlenmesinde; iğne yapraklı ağaç türü odunlarında yapraklı ağaç türlerine göre daha pürüzlü yüzeyler elde edildiği belirtilmektedir (Koch 1964; Davis 1962). Bu durum, Sarıçam ve Doğu Ladini odunlarının daha düşük yoğunlukta boşluklu yapısı yanında daha çok yapraklı ağaç odunlarının boşluklu yapılarını oluşturan trahe elemanlarına dayandırılabilir. Yoğunluğu yüksek odunlarda daha düzgün yüzeyler elde edilmesi bakımından sonuçların literatürle uyumluluk gösterdiği ortaya konulabilir.

4.2.5. Rutubet Miktarları

Ağaç türleri rutubet miktarlarına göre; tüm kesitlere ait en düşük pürüzlülük değerleri sırasıyla %8 (8.79 μm), %12 (8.86 μm), ve %15 (10.01 μm)’te elde edilmiştir. En düşük pürüzlülük değerleri; %12 rutubette kesici uç kısımlarına ait kesitlerde (LDTK ve LPTK) ve %8 rutubette kesici yanal kısımlarına ait kesitlerde (LPEK ve LPRK) elde edilmiştir.

Literatürde; odun ve odun kökenli malzemelerin CNC freze makinesinde işlenmesinde, rutubetin etkisi üzerine yapılan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Genellikle; ağaç malzemelerin düşük rutubetlerde daha iyi işlendiği ve daha düzgün yüzeyler oluşturduğu belirtilmektedir. Yüksek rutubette işlemede odunun parçalanması ve yonga hacim artış oranı daha fazla olup, işlemede yüzey kalitesini olumsuz etkilemektedir. İşlemede, rutubet miktarının yüzey kalitesine etkisi ağaç türlerine göre farklılık göstermektedir. Genellikle; yoğunluğu yüksek ağaç türü odunlarının düşük yoğunluklardaki odunlara göre rutubet artışından daha az etkilendiği ortaya konulmaktadır. (Malkoçoğlu vd., 2018; Stewart, 1980; Kurtoğlu, 1981; Davis, 1962; Koch, 1964). Çalışmada; genellikle literatürle uyumlu sonuçlar elde edilmiştir. Ancak; rutubete bağlı pürüzlülük değerlerindeki farklılıkların çok düşük olması yanında, bunların farklı homojenlik gruplarında bulunması odunun heterojen yapısına bağlı işleme etkileşimlerine bağlanabilir. Aynı zamanda; yüzey pürüzlülüğünde rutubet grupları ve ağaç türü odun örnekleri arasındaki yoğunluk farklılıklarından da kaynaklanabileceği belirtilebilir.

4.3. Kesme Güçleri

4.3.1. İşleme Yönleri

İşleme yönüne ait kesme gücü değerleri; LDTK/LDEK’de 7.17 kW, LPTK/LPRK’da ise 7.39 kW olarak bulunmuştur. Buna göre, liflere paralel yönde işlemede liflere dik yönde işlemeye göre kesme gücü daha yüksek çıkmıştır.

Literatürde; liflere dik yönde işlemede kesme kuvvetlerinin, rutubet miktarından, kesim derinliğinden ve kesme açısından etkilendiği ortaya konulmaktadır. Ağaç malzemelerin işlenmesinde; liflere dik yönde, liflere paralel yöne göre daha fazla dirençle karşılaşmakta ve bu da kesme gücünü arttırmaktadır (Durkovic vd., 2018; Malkoçoğlu, 2018b; Naylor ve Hackney, 2013; McKenzie, 1961). Bunların yanında; liflere dik yöndeki direnç her ne kadar

yüksek olsa da liflere paralel yönde işlemede çalışmada yüksek değerler elde edilmesi, parçalanmaya bağlı yonga hacim artışının (kabarma faktörünün) bıçak geometrisinde sıkışmaya yol açarak kesme gücünde daha fazla etkili olması ile açıklanabilir.

4.3.2. Devir ve Besleme Hızları

Devirlere ait kesme gücü değerleri 10000 d/dk, 14000 d/dk, 18000 d/dk ve 22000 d/dk'da sırasıyla 7.15 kW, 7.22 kW, 7.33 kW ve 7.42 kW olarak; besleme hızlarına ait kesme gücü değerleri ise 3 m/dk., 5 m/dk. ve 7 m/dk.'da sırasıyla 7.16 kW, 7.28 kW ve 7.39 kW olarak bulunmuştur. Bunlara göre, devir ve besleme hızı arttıkça kesme gücü de artmıştır.

Literatürde, besleme hızı ve devir arttıkça kesme gücünün arttığı ortaya konulmuştur (Koleda vd., 2019; Kubs vd., 2017; Sedlecky ve Gasparik, 2017; Oliaei vs Karpat, 2016; Kubs vd., 2016; Barcik vd., 2010; Gürleyen ve Subaşı, 2009; Aguilera ve Martin, 2001). Bu kapsamda; literatürle uyumlu sonuçlar elde edildiği belirtilebilir. Bunların yanında, Gümişi Akçaağaç (*Acer saccharum*) odununun işlenmesinde besleme hızı ve kesiş derinliği arttıkça spesifik enerji tüketiminin (birim hacimdeki yonga miktarının uzaklaştırılması için gerekli enerji miktarı-W/cm³) azaldığı belirtilmiştir (Su ve Wang, 2002). Besleme hızının azalması ile işlem süresinin artmasına bağlı olarak toplam enerji tüketiminin (Wh) arttığı ortaya konulmuştur (Bal ve Dumanoglu, 2019). Literatürde kesme gücü ile ilgili farklı sonuçlarla karşılaşılmış olup, bunların ölçüm parametrelerinin farklı olması, kullanılan kesici türü ve geometrisi ile işlem süresi vb.'den kaynaklanmış olabileceği belirtilmektedir (Darmawan, 2011; Barcik vd., 2010; Su ve Wang, 2002).

4.3.3. Kesiş Derinlikleri

Kesiş derinliğine ait kesme gücü değerleri 8 mm., 10 mm. ve 12 mm.'de sırasıyla 7.17 kW, 7.26 kW ve 7.40 kW olarak bulunmuştur. Buna göre, kesiş derinliği arttıkça, kesme gücü de artmıştır.

Yapılan çalışmalarda; kesiş derinliği arttıkça, kesme gücünün de arttığı ortaya konulmuştur (Özşahin ve Singer, 2019a; Durkovic vd., 2018; Krauss vd., 2016; Tiryaki vd., 2016; Mandlic vd., 2011; Racasan, 2011; Mendoza, 1988). Salca (2015); Adi Kızılağaç odununun dikey freze makinesinde 1-5 mm kesiş derinliklerinde işlenmesinde, kesme

gücünün, 30 mm'den sonraki kesiş genişliklerinde arttığını belirtmiştir. Kesiş derinliği işlemede oldukça etkili olup, yonga kalınlığı ve buna bağlı odunun parçalanmasını arttırması yanında kesici geometrisindeki boşlukları doldurarak zorlamalara neden olmaktadır. Bunlara göre; çalışma sonuçlarının literatürle uyumlu olduğu belirtilebilir.

4.3.4. Ağaç Türleri

Ağaç türlerine ait kesme gücü değerleri düşükten yükseğe sırasıyla; LDTK/LDEK'de Sarıçam, Anadolu Kestanesi, Doğu Ladini ve Doğu Kayını'nda; LPTK/LPRK'da ise Sarıçam, Doğu Ladini, Anadolu Kestanesi ve Doğu Kayını'nda elde edilmiştir.

Genellikle ağaç türü odun yoğunluk artışı, kesme gücünü de arttırmıştır. Sarıçam'a ($0,499 \text{ gr/cm}^3$) göre daha düşük yoğunlukta olan Doğu Ladini ($0,418 \text{ gr/cm}^3$) odununda kesme gücünün daha yüksek olmasının, Doğu Ladini odununun daha sert budaklı karakteristik yapısından kaynaklanabileceği belirtilebilir (Ross, 2010; Berkel, A. 1970; Kollman ve Cote, 1968).

Yapılan diğer çalışmalarda yoğunluğu yüksek ağaç malzemelerin genellikle yüzey kaliteleri bakımından daha iyi işlendiği; ancak, yoğunluk arttıkça kesme gücünün de arttığı belirtilmektedir (Davim, 2011; Eyma vd., 2004; Davis, 1962; Mendoza, 1988). Gürleyen ve Subaşı (2009); anatomik özellikler üzerinde durarak en düşük kesme gücü değerlerini sırasıyla Doğu Kayını (0.660 gr/cm^3), Adi Dişbudak (0.690 gr/cm^3), Yalancı Akasya (0.760 gr/cm^3) ve Sapsız Meşe'de (0.690 gr/cm^3) elde etmişlerdir. Aguilera ve Martin (2001); Avrupa Kayını odununun işlenmesinde, Avrupa Ladini'ne göre daha yüksek kesme gücü değerleri belirlemişlerdir. Sedlecky ve Gasparik (2017); en düşük kesme gücü değerlerini sırasıyla Doğu Ladini ahşap levhası (0.432 gr/cm^3), yapay kaplamalı MDF (0.730 gr/cm^3) ve ham MDF'de (0.750 gr/cm^3) elde etmişlerdir. Kesme gücü farklılıklarında ağaç türü odununun heterojen yapısı ve doğal karakteristiğine bağlı özelliklerinin (silisyum, reçine vd. ekstraktif maddeler, budak oluşumları, lif sapmaları vb.) etkili olduğu belirtilebilir. Yoğunluklar, parçalanmada etkili olup, düşük yoğunluktaki odunlar daha fazla parçalanmakta ve kesme gücünü atırmacı yönde etki etmektedir. Bu kapsamda, çalışmada literatürle uyumlu sonuçlar elde edildiği ortaya konulabilir.

4.3.5. Rutubet Miktarları

Rutubet miktarlarına ait kesme gücü değerleri; %8'de 7.18 kW, %12'de 7.30 kW ve %15'te 7.36 kW olarak bulunmuştur. Bu değerlere göre, rutubet artışı kesme gücünü arttırmıştır. Ancak, Anadolu Kestanesi odununda liflere dik yönde işlemede en yüksek kesme gücü %12 rutubette (7.211 kW) elde edilmiştir.

Genellikle güç gereksinimi; besleme hızı, kesiş derinliği, odun yoğunluğu ve rutubet miktarı arttıkça artmaktadır. Farklı odun türlerinin işlenmesinde yoğunluk, odun anatomisi ve rutubet miktarı önemli bir yer tutmaktadır. Rutubet miktarının kesme kuvveti ve kesme gücüne etkisi karmaşık olup, ağaç türü odunlarının anatomik yapısı, işleme koşulları ve kesici geometrisine bağlı olarak önemli farklılıklar göstermektedir. Bazı çalışmalarda rutubet miktarı ile kesme kuvveti arasında doğrusal olmayan bir ilişki olduğu ve kesme gücünün %5-30 rutubet miktarlarında arttığı, daha yüksek rutubet miktarlarında ise azaldığı belirtilmektedir (Nasir ve Cool, 2018; Porankiewicz vd., 2011; Lemaster ve Stewart, 1994). Buna karşın Axelsson vd. (1993); rutubet miktarı ile kesme kuvveti arasında doğrusal bir ilişki olduğunu, ağaç türü ve kesiş yönü ile ağaç malzeme sıcaklığının kesme kuvvetini etkilediğini belirtmişlerdir.

Rutubet, odunun sertliğini etkilemekte ve rutubet arttıkça odun sertliği azalmaktadır. İşlemede bıçak basıncıyla odun içerisinde sıkışan su liflerin parçalanmasını da arttırmaktadır. Bu da, yonganın birim hacmini arttırarak, bıçak boşluklarında sıkışmaya neden olarak kesme gücünü ve bıçağın keskinliğini olumsuz etkilemektedir. Aynı zamanda; odun viskoelastik bir malzeme olduğu için rutubeti arttıkça, daha fazla enerji absorbe edebilmektedir. Ayrıca, rutubetin etkisi yoğunluk artışı ile artmakta ve kesme gücünü de arttırmaktadır (Malkoçoğlu, 2018a; Koch 1964; Davis 1962; Stewart, 1980; Stewart 1974). Bu bakımdan, çalışmada kesme gücü-rutubet ilişkisinde literatürle uyumlu sonuçlar elde edildiği belirtilebilir.

4.4. Yapay Sinir Ağlarına Ait Yüzey Pürüzlülüğü ve Kesme Gücü Değerleri ile Kesiş İzi Uzunlukları

Literatürde YSA kullanılarak elde edilen MAPE ve RMSE hata oranları Tablo 84'te belirtilmiştir.

Tablo 84. Literatürde YSA ile elde edilen hata oranları

Çalışmalar	Konu	MAPE eğitim	MAPE test	RMSE eğitim	RMSE test
Özşahin ve Singer, 2019a	KG	4,075	7,533	0,009	0,027
Tiryaki vd., 2014	YP (Ra)	2,59	3,93	1,21	1,78
Tiryaki vd., 2016	YP (Ra)	0,322	1,150	0,015	0,052
Iskra ve Hernández, 2009	YP (Ra)	18,3	21,4	1,82	1,88
Tiryaki vd., 2017	YP (R _g)	1,62	2,65	3,65	6,48
Tiryaki vd., 2017	KG	1,42	2,51	0,03	0,05

Çalışmada; yüzey pürüzlülüğünde elde edilen MAPE ve RMSE hata oranları sırasıyla, 2,246-12,466 ile 0,257-1,770 aralığında, kesme gücünde ise sırasıyla, 0,318-3,018 ile 0,031-0,248 aralığında elde edilmiştir. Bu değerler Tablo 84'le karşılaştırıldığında, MAPE ve RMSE hata oranlarının yüzey pürüzlülüğü ve kesme gücünde sadece Iskra ve Hernández (2009)'den düşük, diğer çalışmalarla ise aynı aralıklarda değerler elde edilmiştir.

Ağaç türü odunlarına ait YSA verilere göre sabit kesiş derinlikleri ve rutubet miktarlarında, daha düşük kesme gücü ile daha düzgün yüzeyler elde edilebileceği ortaya konulmuştur. Bunlara ait işleme koşulları:

- Doğu Kayını'nda, LDTK'de en yüksek kapasitede %8 ve %12 rutubet miktarı ile diğer tüm verilerde 9 mm ve 11 mm kesiş derinlikleri ve %8 ve %10 rutubet miktarlarında; LPTK'de en yüksek kapasitede 11 mm kesiş derinliği ve %8, %12 ve %15 rutubet miktarı ile diğer tüm verilerde 9-12 mm kesiş derinlikleri ve %8 ve %10 rutubet miktarlarında; LDEK'de tüm verilerde 8 mm kesiş derinliği ve %10 rutubet miktarında; LPRK'de ise en yüksek kapasitede ve diğer tüm verilerde %8 ve %10 rutubet miktarı ile en yüksek kapasitede 8, 10 ve 12 mm kesiş derinliklerinde elde edilmiştir. Ayrıca, tüm verilerde LDTK'de %10 rutubet miktarında ve LPTK'de 10 mm kesiş derinliğinde yüksek kapasitede daha düşük kesme gücü ile ortalama bir yüzey kalitesi elde edilebileceği ortaya konulabilir.
- Anadolu Kestanesi'nde, LDTK'de en yüksek kapasitede 8-12 mm kesiş derinlikleri ve %12 rutubet miktarı ile diğer tüm verilerde 10 mm ve 11 mm kesiş derinlikleri ve %12 ve %15 rutubet miktarlarında; LPTK'de en yüksek kapasitede 11 mm ve 12 mm kesiş derinlikleri ile diğer tüm verilerde 8 mm, 9 mm ve 12 mm kesiş derinlikleri ve %8 ve %15 rutubet miktarlarında; LDEK'de en yüksek kapasitede 8-12 mm kesiş derinlikleri ve %8, %10 ve %15 rutubet miktarları ile diğer tüm verilerde 8 mm ve 10 mm kesiş derinlikleri ve %8-15 rutubet miktarlarında; LPRK'de ise tüm verilerde 8 mm, 10 mm ve 12 mm kesiş derinlikleri ile %10 ve

%15 rutubet miktarında elde edilmiştir. Ayrıca, LDTK’de tüm verilerde 11 mm kesiş derinliğinde yüksek kapasitede daha düşük kesme gücü ile ortalama bir yüzey kalitesi elde edilebileceği ortaya konulabilir.

- Doğu Ladini’nde, LDTK’de en yüksek kapasitede %8-15 rutubet miktarları ve diğer tüm verilerde 9-12 mm kesiş derinlikleri ile %8 ve %15 rutubet miktarlarında; LPTK’de en yüksek kapasitede 12 mm kesiş derinliği ile diğer tüm verilerde 8 mm ve 11 mm kesiş derinlikleri ve %15 rutubet miktarında; LDEK’de en yüksek kapasitede 11 mm ve 12 mm kesiş derinlikleri ve %8 rutubet miktarı ile diğer tüm verilerde 9 mm ve 10 mm kesiş derinlikleri ve %8 ve %12 rutubet miktarlarında; LPRK’de ise en yüksek kapasitede 8 mm ve 12 mm kesiş derinlikleri ve %15 rutubet miktarı ile diğer tüm verilerde 8 mm, 10 mm ve 12 mm kesiş derinlikleri ve %15 rutubet miktarında elde edilmiştir.
- Sarıçam’da, LDTK ve LPTK’de en yüksek kapasitede ve diğer tüm verilerde %10 rutubet miktarı dışındaki tüm koşullarda; LDEK’de en yüksek kapasitede 8 mm, 10 mm ve 11 mm kesiş derinlikleri ile diğer tüm verilerde 11 mm ve 12 mm kesiş derinlikleri ve %8-15 rutubet miktarlarında; LPRK’de ise en yüksek kapasitede 8 mm, 9 mm, 11 mm ve 12 mm kesiş derinlikleri ve %10 ve %12 rutubet miktarları ile diğer tüm verilerde 10 mm kesiş derinliği ve %8 rutubet miktarında elde edilmiştir.

Yapay sinir ağları sonuçlarına göre genellikle en düzgün yüzeyler ve en yüksek kesme gücü değerleri sırasıyla, LDTK’de Sarıçam ve Anadolu Kestanesi ağaç türü odunlarında; LPTK’de Sarıçam ve Doğu Kayını ağaç türü odunlarında; LDEK’de Doğu Kayını ve Anadolu Kestanesi ağaç türü odunlarında; LPRK’de Sarıçam ve Doğu Kayını ağaç türü odunlarında elde edilmiştir. Kesitlere göre en pürüzlü yüzeyler ise LDTK ve LPTK’de Anadolu Kestanesi’nde, LDEK ve LPRK’de Doğu Ladini’nde elde edilmiştir.

Yüksek devir ve orta besleme hızlarında optimum pürüzlülük değerleri elde edilse de güç tüketiminin bir miktar arttığı, ancak kesiş derinliklerinin azaltılarak daha düşük devirlerde ve düşük kesme gücü ile ortalama pürüzlülük değerleri elde edilebileceği görülmüştür. Aynı zamanda, yüksek kesme gücünde her zaman daha düzgün yüzeyler elde edilemeyeceği, kesiş derinliği ve rutubet miktarlarının tüm kesitlerde yüzey kalitesinde etkili olduğu ortaya konulmuştur.

Orta veya düşük devirlerde ya da bir miktar kesme gücü artışı ile yüksek devir ve besleme hızlarında da optimal yüzey pürüzlülüğü elde edilebilmiştir.

Kesim derinliklerinin 0,5 mm'lik artışı ile optimal yüzey pürüzlülüklerinde artış olmasa da kesme gücü değerleri bir miktar artmıştır.

Genellikle, kesim izi uzunluğunun azalması ile kesme gücünün arttığı ve yüzey pürüzlülüklerinin azaldığı görülmüştür. Ancak, düşük kesim izi uzunluklarında da devirlerdeki artışa karşın kesim derinliği ve rutubet miktarlarının etkisi ile daha pürüzlü yüzeyler de elde edilmiştir. Bununla birlikte, eşit kesim izi uzunluklarının olduğu bazı işleme koşullarında farklı kesme gücü değerlerinde yaklaşık eşit yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir.



5. SONUÇLAR

5.1. Yoğunluklar

Tam kuru yoğunluklar; %8 rutubet grubunda Doğu Kayını'nda 0.608 gr/cm³, Anadolu Kestanesi'nde 0.516 gr/cm³, Doğu Ladini'nde 0.424 gr/cm³ ve Sarıçam'da 0.504 gr/cm³; %12 rutubet grubunda Doğu Kayını'nda 0.639 gr/cm³, Anadolu Kestanesi'nde 0.477 gr/cm³, Doğu Ladini'nde 0.393 gr/cm³ ve Sarıçam'da 0.469 gr/cm³; %15 rutubet grubunda Doğu Kayını'nda 0.627 gr/cm³, Anadolu Kestanesi'nde 0.494 gr/cm³, Doğu Ladini'nde 0.417 gr/cm³ ve Sarıçam'da 0.475 gr/cm³ olarak elde edilmiştir. Tüm ağaç türlerinde, tam kuru yoğunluk değerleri rutubet gruplarına göre kendi içlerinde 2 HG'de toplanmıştır.

Hava kurusu yoğunluklar, Doğu Kayını'nda 0.669 gr/cm³, Anadolu Kestanesi'nde 0.516 gr/cm³, Sarıçam'da 0.499 gr/cm³ ve Doğu Ladini'nde 0.418 gr/cm³ olarak elde edilmiştir. Ağaç türlerine ait yoğunluk değerleri %0.01 önem düzeyinde anlamlı bir farklılık göstermiştir.

Mevcut rutubetlerdeki yoğunluk değerleri, %8, %12 ve %15 rutubet miktarlarında olmak üzere; Doğu Kayını'nda sırasıyla, 0,632 gr/cm³ (r=%10,24), 0,671 gr/cm³ (r=%12,50) ve 0,649 gr/cm³ (r=%10,21), Anadolu Kestanesi'nde sırasıyla, 0,547 gr/cm³ (r=%11,17), 0,515 gr/cm³ (r=%12,86) ve 0,524 gr/cm³ (r=%11,44), Doğu Ladini'nde sırasıyla, 0,446 gr/cm³ (r=%10,35), 0,421 gr/cm³ (r=%12,96) ve 0,441 gr/cm³ (r=11,26) ile Sarıçam'da 0,528 gr/cm³ (r=%10,39), 0,497 gr/cm³ (r=%12,63) ve 0,499 gr/cm³ (r=%10,74) olarak elde edilmiştir. Mevcut rutubetlerdeki yoğunluk değerleri (δ_r), rutubet gruplarına göre, her ağaç türünde kendi aralarında 2 HG'de toplanmıştır.

5.2. Yıllık Halka Genişlikleri

Ağaç türleri ortalama yıllık halka genişlikleri %8, %12 ve %15 rutubet grupları için sırasıyla Doğu Kayını'nda 1,768 mm, 1,569 mm ve 1,665 mm; Anadolu Kestanesi'nde 3,046 mm, 3,256 mm ve 1,802 mm; Doğu Ladini'nde 3,139 mm, 2,698 mm ve 3,723 mm; Sarıçam'da ise 1,483 mm, 1,590 mm ve 1,097 mm olarak elde edilmiştir. Ağaç türlerinde,

rutubet gruplarına göre YHG değerleri; Anadolu Kestanesi ve Sarıçam'da 2 HG'de, Doğu Ladini'nde ise 3 HG'de toplanmıştır. Doğu Kayını'nda YHG değerleri aynı HG'de çıkmıştır.

5.3. Yüzey Pürüzlülükleri

Yapılan analizler sonucunda; tüm faktörler ve bunların etkileşimleri anlamlı çıkmıştır. Bu kapsamda öncelikle kesitler ile devir, besleme hızı, kesiş derinliği ve rutubet miktarı ilişkileri ayrı ayrı ortaya konulmuştur. Bunların yanında, kesitler-ağaç türü, kesitler-rutubet miktarı, kesitler-devir, kesitler-besleme hızı, kesitler-kesiş derinliği, kesitler-besleme hızı-devir ile kesitler-ağaç türü-rutubet miktarı ilişkileri incelenmiştir.

Sonuç olarak; kesitlere ait yüzey pürüzlülüğü değerleri LPRK, LDTK, LPTK ve LDEK'da sırasıyla 5.45 μm , 9.21 μm , 11.09 μm ve 11.10 μm olarak elde edilmiştir. En düşük yüzey pürüzlülüğü LPRK'de çıkmıştır. En düşük yüzey pürüzlülüğü LPRK'de çıkmıştır. Duncan testi sonuçlarına göre; LPRK ile LDTK farklı, LPTK ile LDEK ise aynı HG'de olmak üzere, değerler 3 HG'de toplanmıştır.

Devirlere ait yüzey pürüzlülüğü değerleri 10000 d/dk, 14000 d/dk, 18000 d/dk ve 22000 d/dk'da sırasıyla 10.76 μm , 9.34 μm , 8.61 μm ve 8.09 μm olarak elde edilmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre; devirler, 4 farklı HG'de toplanmıştır. Ağaç malzemelerin işlenmesinde; devir arttıkça daha düzgün yüzeyler elde edilmiştir.

Besleme hızlarına ait yüzey pürüzlülüğü değerleri 3 m/dk., 5 m/dk. ve 7 m/dk.'da sırasıyla 7.81 μm , 9.18 μm ve 10.64 μm olarak elde edilmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre; besleme hızları, 3 farklı HG'de toplanmıştır. Besleme hızının artması yüzey pürüzlülüğünü de arttırmıştır.

Kesiş derinliğine ait yüzey pürüzlülüğü değerleri; 8 mm., 10 mm. ve 12 mm.'de sırasıyla 8.94 μm , 9.18 μm ve 9.5 μm olarak elde edilmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre; kesiş derinlikleri, 3 farklı HG'de toplanmıştır. Kesiş derinliğinin artması yüzey pürüzlülüğünü arttırmıştır.

Ağaç Türlerine ait yüzey pürüzlülüğü değerleri; Sarıçam'da 8.38 μm , Doğu Kayını'nda 8.41 μm , Anadolu Kestanesi'nde 9.84 μm ve Doğu Ladini'nde 10.26 μm olarak elde edilmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre; Sarıçam ve Doğu Kayını aynı, Anadolu Kestanesi ve Doğu Ladini farklı olmak üzere, değerler 3 HG'de toplanmıştır.

Rutubet miktarlarına ait yüzey pürüzlülüğü değerleri; %8, %12 ve %15'te sırasıyla 8.86 μm , 8.79 μm ve 10.01 μm olarak elde edilmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre; rutubet

miktarları, 3 farklı HG’de toplanmıştır. Buna göre, tüm kesitlerde en düzgün yüzeyler %12 rutubette elde edilmiştir.

Kesitler-ağaç türü etkileşimine göre yüzey pürüzlülük değerleri; LDTK, LPTK, LDEK ve LPRK için sırasıyla Doğu Kayını’nda 9.74 μm , 10.79 μm , 8.31 μm ve 4.78 μm ; Anadolu Kestanesi’nde 11.31 μm , 12.45 μm , 10.12 μm ve 5.57 μm ; Doğu Ladini’nde 8.31 μm , 12.06 μm , 13.63 μm ve 7,02 μm ve Sarıçam’da 7.68 μm , 9.2 μm , 12.31 μm ve 4.53 μm olarak elde edilmiştir. Yapılan Duncan testi sonuçlarında; ağaç türlerine göre kesitlere ait pürüzlülük değerleri 4 farklı HG’de yer almıştır. Kesitlerde; en düzgün yüzeyler sırasıyla LPRK, LDTK, LPTK ve LDEK’de elde edilmiştir. Bunlara göre, ağaç türlerinde en düzgün ve en pürüzlü yüzeyler LDTK ve LPTK’de sırasıyla Sarıçam ve Anadolu Kestanesi’nde, LDEK’de Doğu Kayını ve Doğu Ladini’nde, LPRK’de ise Sarıçam ve Doğu Ladini’nde elde edilmiştir.

Kesitler-kesiş derinliği etkileşimine göre en düzgün yüzeyler; LDTK, LPTK ve LPRK’de 8 mm kesiş derinliğinde, LDEK’de ise 10 mm kesiş derinliğinde olmak üzere sırasıyla, 8.78 μm 10.82 μm , 5.17 μm ve 10.92 μm olarak elde edilmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre; kesiş derinlikleri, LDTK ve LPRK’de 3 HG’de; LPTK ve LDEK’de ise 8 mm ve 10 mm aynı, 12 mm farklı olmak üzere 2 HG’de yer almıştır.

Kesitler-rutubet miktarı etkileşimine göre en düzgün yüzeyler; LDTK, LPTK ve LDEK’de %12 rutubet miktarında, LPRK’de ise %8 rutubet miktarında olmak üzere sırasıyla; 8.52 μm , 10.47 μm , 10.74 μm ve 4.97 μm olarak elde edilmiştir.

Kesitler-devir etkileşimine göre en düzgün yüzeyler; LDTK, LPTK, LDEK ve LPRK’de 22000 d/dk devirde sırasıyla; 8.01 μm , 10.07 μm , 9.45 μm ve 4.93 μm olarak elde edilmiştir. Buna göre tüm kesitlerde en yüksek devirde daha düzgün yüzeyler elde edilmiştir.

Kesitler-besleme hızı etkileşimine göre en düzgün yüzeyler; LDTK, LPTK, LDEK ve LPRK’de 3 m/dk besleme hızında sırasıyla; 7.90 μm , 9.37 μm , 9.18 μm ve 4.92 μm olarak elde edilmiştir.

Kesitler- ağaç türü-rutubet miktarı etkileşimine göre en düzgün yüzeyler; %8 rutubette Sarıçam’da LDTK, LPTK ve LPRK’te sırasıyla 7.23 μm , 8.87 μm ve 4.36 μm ; LPTK’de ise, Anadolu Kestanesi’nde 9.68 μm olarak elde edilmiştir.

Kesitler- devir- besleme hızı etkileşiminde en düzgün yüzeyler; 22000 d/dk devir ve 3 m/dk. besleme hızında LDTK, LPTK ve LDEK’de sırasıyla 6.98 μm , 8.59 μm ve 7.58 μm ; LPRK’de ise 18000 d/dk devir ve 3 m/dk. besleme hızında 4.42 μm olarak elde edilmiştir.

En pürüzlü yüzeyler ise; 10000 d/dk devir ve 7 m/dk. besleme hızında LDTK, LPTK, LDEK ve LPRK'de sırasıyla 12.68 μm , 14.99 μm , 16.19 μm ve 6.79 μm olarak elde edilmiştir.

Kesitler- kesiş derinliği-devir etkileşimine göre en düzgün yüzeyler; LDTK, LDEK ve LPRK'de 22000 d/dk devir ve 8 mm kesiş derinliğinde sırasıyla; 7.80 μm , 9.35 μm ve 4.76 μm olarak elde edilmiştir. LPTK'de ise 10 mm kesiş derinliğinde 9.70 μm çıkmıştır.

Kesitler- kesiş derinliği-besleme hızı etkileşimine göre en düzgün yüzeyler; 8 m/dk besleme hızı ve 8 mm kesiş derinliğinde, LDTK, LPTK, LDEK ve LPRK'de sırasıyla 7.46 μm , 9.06 μm , 8.88 μm ve 4.76 μm olarak elde edilmiştir.

Kesitler- kesiş derinliği-rutubet miktarı etkileşimine göre en düzgün yüzeyler; LDTK ve LPTK'de 8 mm kesiş derinliği ve %12 rutubet miktarında sırasıyla 8.01 μm ve 10.12 μm olarak elde edilmiştir. LDEK ve LPRK'de ise en düzgün yüzeyler %8 rutubette ve sırasıyla; 10 mm kesiş derinliğinde 9.84 μm ve 8 mm kesiş derinliğinde 4.92 μm çıkmıştır.

Kesitler-rutubet miktarı- devir etkileşimine göre en düzgün yüzeyler; LDTK, LPTK ve LDEK'de 22000 d/dk devir ve %12 rutubet miktarında sırasıyla 7.04 μm , 8.85 μm ve 9.02 μm olarak elde edilmiştir. LPRK'de ise en düzgün yüzey, aynı devirde ve %8 rutubet miktarında 4.63 μm çıkmıştır.

Kesitler-rutubet miktarı- besleme hızı etkileşimine göre en düzgün yüzeyler; LDTK'de %12 rutubet miktarında, LPTK, LDEK ve LPRK'de %8 rutubet miktarında olmak üzere sırasıyla, 7.19 μm , 8.81 μm , 8.41 μm ve 4.59 μm olarak elde edilmiştir.

Genel olarak en düzgün yüzeyler; LDTK'de, 22000 d/dk devir, 3 m/dk. besleme hızı, 8 mm. kesiş derinliği ve %12 rutubet koşullarında Doğu Kayını'nda 5.76 μm , Doğu Ladini ve Sarıçam'da 4.34 μm olarak bulunmuştur. Anadolu Kestanesi'nde ise en düzgün yüzeyler; 10000 d/dk devir, 3 m/dk. besleme hızı, 8 mm. kesiş derinliği ve %8 rutubet koşullarında 8.05 μm olarak elde edilmiştir. LPTK'de ise, Doğu Kayını'nda 22000 d/dk devir, 3 m/dk. besleme hızı, 10 mm. kesiş derinliği ve %12 rutubet koşullarında 6.59 μm ; Anadolu Kestanesi'nde 14000 d/dk devir, 3 m/dk. besleme hızı, 10 mm. kesiş derinliği ve %8 rutubet koşullarında 6.05 μm ; Doğu Ladini'nde 18000 d/dk devir, 3 m/dk. besleme hızı, 8 mm. kesiş derinliği ve %12 rutubet koşullarında 5.97 μm ; Sarıçam'da ise 22000 d/dk devir, 3 m/dk. besleme hızı, 10 mm. kesiş derinliği ve %8 rutubet koşullarında 5.12 μm olarak elde edilmiştir. Genel olarak LDEK'de en düzgün yüzeyler; Doğu Kayını'nda 22000 d/dk devir, 3 m/dk. besleme hızı, 10 mm. kesiş derinliği ve %12 rutubet koşullarında 4.48 μm ; Anadolu Kestanesi'nde 18000 d/dk devir, 3 m/dk. besleme hızı, 8 mm. kesiş derinliği ve %8 rutubet koşullarında 4.94 μm ; Doğu Ladini'nde 22000 d/dk devir, 3 m/dk. besleme hızı, 10 mm.

kesiş derinliği ve %8 rutubet koşullarında 5.86 μm ; Sarıçam'da ise 18000 d/dk devir, 5 m/dk. besleme hızı, 10 mm. kesiş derinliği ve %8 rutubet koşullarında 4.70 μm olarak elde edilmiştir. Genel olarak LPRK'de en düzgün yüzeyler; Doğu Kayını'nda 18000 d/dk devir, 3 m/dk. besleme hızı, 12 mm. kesiş derinliği ve %8 rutubet koşullarında 3.00 μm ; Anadolu Kestanesi'nde 18000 d/dk devir, 3 m/dk. besleme hızı, 10 mm. kesiş derinliği ve %8 rutubet koşullarında 2.90 μm ; Doğu Ladini'nde 18000 d/dk devir, 7 m/dk. besleme hızı, 10 mm. kesiş derinliği ve %8 rutubet koşullarında 3.49 μm ; Sarıçam'da ise 22000 d/dk devir, 5 m/dk. besleme hızı, 10 mm. kesiş derinliği ve %8 rutubet koşullarında 2.95 μm olarak elde edilmiştir.

Genel olarak en pürüzlü yüzeyler; LDTK'de 10000 d/dk devir ve 7 m/dk. besleme hızında Doğu Kayını'nda 12 mm. kesiş derinliği ve %12 rutubet koşullarında 13.61 μm , Anadolu Kestanesi'nde 8 mm. kesiş derinliği ve %15 rutubet koşullarında 15.38 μm , Doğu Ladini'nde 12 mm. kesiş derinliği ve %8 rutubet koşullarında 15.64 μm ve Sarıçam'da 10 mm. kesiş derinliği ve %12 rutubet koşullarında 14.44 μm olarak elde edilmiştir. LPTK'de ise en pürüzlü yüzeyler 10000 d/dk devir ve 7 m/dk. besleme hızında Doğu Kayını'nda 10 mm. kesiş derinliği ve %8 rutubet koşullarında 15.41 μm , Doğu Ladini'nde 8 mm. kesiş derinliği ve %8 rutubet koşullarında 21.47 μm ve Sarıçam'da 10 mm. kesiş derinliği ve %12 rutubet koşullarında 18.54 μm olarak elde edilmiştir. Anadolu Kestanesi'nde ise LPTK'de en pürüzlü yüzey 22000 d/dk devir ve 7 m/dk. besleme hızında, 12 mm. kesiş derinliği ve %8 rutubet koşullarında 18.89 μm olarak bulunmuştur. Genel olarak LDEK'de en pürüzlü yüzeyler; Doğu Kayını'nda 14000 d/dk devir, 7 m/dk. besleme hızı, 8 mm. kesiş derinliği ve %8 rutubet koşullarında 14.34 μm ; Anadolu Kestanesi'nde 10000 d/dk devir, 7 m/dk. besleme hızı, 8 mm. kesiş derinliği ve %8 rutubet koşullarında 22.91 μm ; Doğu Ladini'nde 10000 d/dk devir, 7 m/dk. besleme hızı, 10 mm. kesiş derinliği ve %12 rutubet koşullarında 23.45 μm ; Sarıçam'da ise 10000 d/dk devir, 7 m/dk. besleme hızı, 12 mm. kesiş derinliği ve %15 rutubet koşullarında 4.70 μm olarak elde edilmiştir. Genel olarak LPRK'de en pürüzlü yüzeyler 10000 d/dk devir, 7 m/dk. besleme hızında; Doğu Kayını'nda 12 mm. kesiş derinliği ve %12 rutubet koşullarında 8.00 μm ; Anadolu Kestanesi, Doğu Ladini ve Sarıçam'da 10 mm. kesiş derinliği ve %12 rutubet koşullarında sırasıyla 8.16 μm , 14.78 μm ve 2.95 μm olarak elde edilmiştir.

5.4. Kesme Gücü

CNC freze makinesinde; ağaç türü odunlarının çeşitli koşullarda işlenmesine ait verilerin analizleri sonucu, çoğunlukla tüm faktörlerin etkisi ve bunların etkileşimleri anlamlı çıkmıştır. Bu kapsamda, işlemede kesme gücüne ait etkileşimler incelendiğinde şu sonuçlar ortaya konulabilir:

Kesitlere ait kesme gücü değerleri LDTK ve LDEK’de 7.168 kW, LPTK ve LPRK’de ise 7.388 kW çıkmıştır. Duncan testi sonuçlarına göre; kesitlere ait kesme gücü değerleri 2 HG’de toplanmıştır. Buna göre, kesitlerdeki kesme gücü, liflere paralel işlemede liflere dik yöne göre daha yüksek çıkmıştır.

Devirlere ait kesme gücü değerleri, 10000 d/dk, 14000 d/dk, 18000 d/dk ve 22000 d/dk’da sırasıyla; 7.15 kW, 7.22 kW, 7.33 kW ve 7.42 kW olarak elde edilmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre; devirlere ait kesme gücü değerleri 4 HG’de yer almıştır. Devir artışı ile ağaç malzemelerin işlenmesinde kesme gücü artmıştır.

Besleme hızlarına ait kesme gücü değerleri, 3 m/dk., 5 m/dk. ve 7 m/dk.’da sırasıyla; 7.16 kW, 7.28 kW ve 7.39 kW olarak elde edilmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre; besleme hızlarına ait kesme gücü değerleri 3 HG’de yer almıştır. Besleme hızının artması kesme gücünü arttırmıştır.

Kesiş derinliğine ait kesme gücü değerleri, 8 mm., 10 mm. ve 12 mm.’de sırasıyla; 7.17 kW, 7.26 kW ve 7.40 kW olarak elde edilmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre; kesiş derinliklerine ait kesme gücü değerleri 3 HG’de yer almıştır. Kesiş derinliğinin artması kesme gücünü arttırmıştır.

Ağaç türlerine ait kesme gücü değerleri, Duncan testi sonuçlarına göre 4 farklı HG’de toplanmış olup; Sarıçam’da 7.230 kW, Doğu Ladini’nde 7.254 kW, Anadolu Kestanesi’nde 7.263 kW ve Doğu Kayını’nda 7.365 kW olarak elde edilmiştir. Buna göre en yüksek kesme gücü Doğu Kayını’nda, en düşük kesme gücü ise Sarıçam’da çıkmıştır.

Rutubet miktarlarına ait kesme gücü değerleri %8, %12 ve %15’te sırasıyla 7.18 kW, 7.30 kW ve 7.36 kW olarak elde edilmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre; rutubet miktarlarına ait kesme gücü değerleri 3 HG’de yer almıştır. Buna göre, tüm kesitlerde genel olarak rutubet artışı kesme gücünü arttırmıştır.

Kesitler- ağaç türü etkileşimine göre kesme gücü değerleri; LDTK/LDEK’de Sarıçam’da 7.139 kW, Anadolu Kestanesi’nde 7.164 kW, Doğu Ladini’nde 7.166 kW ve Doğu Kayını’nda 7.202 kW; LPTK/LPRK’de ise Sarıçam’da 7.321 kW, Doğu Ladini’nde

7.343 kW, Anadolu Kestanesi'nde 7.362 kW ve Doğu Kayınında 7.528 kW olarak elde edilmiştir. Ağaç türü odunlarının liflere paralel yönde işlenmesinde liflere dik yöne göre kesme gücü daha yüksek bulunmuştur. Duncan testi sonuçlarına göre; ağaç türlerine ait değerler, LDTK ve LDEK'de Sarıçam, Anadolu Kestanesi ve Doğu Ladini aynı, Doğu Kayını ise farklı olmak üzere 2 HG'de yer almıştır. LPTK ve LPRK'de ise ağaç türlerine ait değerler; Sarıçam ve Doğu Ladini aynı, Anadolu Kestanesi ve Doğu Kayını ise farklı olmak üzere 3 HG'de yer almıştır.

Kesitler- kesiş derinliği etkileşimine göre en düşük kesme gücü değerleri; LDTK ve LDEK ile LPTK ve LPRK'de 8 mm kesiş derinliğinde sırasıyla, 7.077 kW ve 7.272 kW olarak elde edilmiştir. Kesitlerde kesiş derinliği arttıkça kesme gücü artmıştır.

Kesitler- rutubet miktarı etkileşimine göre en düşük kesme gücü değerleri; LDTK ve LDEK ile LPTK ve LPRK'de %8 rutubet miktarında sırasıyla, 7.067 kW ve 7.397 kW olarak elde edilmiştir. Kesitlerde rutubet miktarı arttıkça, kesme gücü de artmıştır.

Kesitler- devir etkileşimine göre en düşük kesme gücü değerleri; LDTK ve LDEK ile LPTK ve LPRK'de 10000 d/dk devirde sırasıyla, 7.058 kW ve 7.240 kW olarak elde edilmiştir. Kesitlerde devir arttıkça, kesme gücü de artmıştır.

Kesitler- besleme hızı etkileşimine göre en düşük kesme gücü değerleri; LDTK ve LDEK ile LPTK ve LPRK'de 3 m/dk besleme hızında sırasıyla, 7.086 kW ve 7.237 kW olarak elde edilmiştir. Kesitlerde besleme hızı arttıkça, kesme gücü de artmıştır.

Kesitler-besleme hızı-devir etkileşiminde en düşük kesme gücü değerleri; 10000 d/dk devir ve 3 m/dk. besleme hızında LDTK ve LDEK'de 6.99 kW, LPTK ve LPRK'de ise 7.12 kW olarak elde edilmiştir. Liflere dik işlemede lifler yönüne göre devir ve besleme hızı azaldıkça kesme gücü de azalmıştır.

Kesitler- ağaç türü- rutubet miktarı etkileşimine göre en düşük kesme gücü; LDTK ve LDEK'de %8 rutubet miktarında Doğu Kayını'nda 6.924 kW, LPTK ve LPRK'de ise %12 rutubet miktarında Sarıçam'da 7.27 kW olarak elde edilmiştir.

Kesitler- kesiş derinliği-ağaç türü etkileşimine göre; LDTK ve LDEK'de en düşük ve en yüksek kesme gücü değerleri, Doğu Kayını'nda 8 mm. kesiş derinliğinde 7.000 kW ve 12 mm. kesiş derinliğinde 7.382 kW olarak belirlenmiştir. LPTK/LPRK'de ise; en düşük ve en yüksek kesme gücü Sarıçam'da 8 mm. kesiş derinliğinde 7.230 kW ve Doğu Kayını'nda 12 mm. kesiş derinliğinde 7.724 kW olarak elde edilmiştir.

Kesitler- kesiş derinliği-devir etkileşimine göre; LDTK ve LDEK ile LPTK ve LPRK'de en düşük kesme gücü değerleri, 10000 d/dk devir ve 8 mm. kesiş derinliğinde

sırasıyla, 6.980 kW ve 7.129 kW çıkmıştır. Kesitlerde, devirler ve kesiş derinlikleri arttıkça, kesme gücü de artmıştır.

Kesitler- kesiş derinliği-besleme hızı etkileşimine göre; LDTK ve LDEK ile LPTK ve LPRK'de en düşük kesme gücü değerleri, 3 m/dk besleme hızı ve 8 mm. kesiş derinliğinde sırasıyla, 7.017 kW ve 7.150 kW çıkmıştır. Kesitlerde, besleme hızları ve kesiş derinlikleri arttıkça, kesme gücü de artmıştır.

Kesitler- kesiş derinliği-rutubet miktarı etkileşimine göre; LDTK ve LDEK ile LPTK ve LPRK'de en düşük kesme gücü değerleri, %8 rutubet miktarında ve 8 mm. kesiş derinliğinde sırasıyla, 6.992 kW ve 7.221 kW olarak elde edilmiştir. Kesitlerde, rutubet miktarı ve kesiş derinlikleri arttıkça, kesme gücü de artmıştır.

Kesitler- rutubet miktarı- devir etkileşimine göre; LDTK ve LDEK ile LPTK ve LPRK'de en düşük kesme gücü değerleri, %8 rutubet miktarında ve 10000 d/dk devirde sırasıyla, 6.932 kW ve 7.109 kW olarak elde edilmiştir. Kesitlerde, rutubet miktarı ve devirler arttıkça, kesme gücü de artmıştır.

Kesitler- rutubet miktarı- besleme hızı etkileşimine göre; LDTK ve LDEK ile LPTK ve LPRK'de en düşük kesme gücü değerleri, %8 rutubet miktarında ve 10000 d/dk devirde sırasıyla, 7.005 kW ve 7.162 kW olarak elde edilmiştir. Kesitlerde, rutubet miktarı ve besleme hızları arttıkça, kesme gücü de artmıştır.

Genel olarak kesme gücü değerleri; LDTK'de Doğu Kayını'nda en düşük 10000 d/dk devir, 5 m/dk. besleme hızı, 8 mm. kesiş derinliği ve %8 rutubet koşullarında 6.60 kW, en yüksek ise 18000 d/dk devir, 7 m/dk. besleme hızı, 12 mm. kesiş derinliği ve %15 rutubet koşullarında 7.90 kW olarak; Anadolu Kestanesi'nde en düşük 14000 d/dk devir, 3 m/dk. besleme hızı, 12 mm. kesiş derinliği ve %8 rutubet koşullarında 6.86 kW, en yüksek ise 22000 d/dk devir, 7 m/dk. besleme hızı, 12 mm. kesiş derinliği ve %12 rutubet koşullarında 7.67 kW olarak; Doğu Ladini'nde en düşük 10000 d/dk devir, 3 m/dk. besleme hızı, 10 mm. kesiş derinliği ve %12 rutubet koşullarında 6.85 kW, en yüksek ise 18000 d/dk devir, 7 m/dk. besleme hızı, 12 mm. kesiş derinliği ve %15 rutubet koşullarında 7.67 kW olarak; Sarıçam'da en düşük 10000 d/dk devir, 3 m/dk. besleme hızı, 8 mm. kesiş derinliği ve %8 rutubet koşullarında 6.83 kW, en yüksek ise 14000 d/dk devir, 7 m/dk. besleme hızı, 10 mm. kesiş derinliği ve %15 rutubet koşullarında 7.64 kW olarak elde edilmiştir.

LPTK'de genel olarak kesme gücü değerleri; Doğu Kayını'nda en düşük 10000 d/dk devir, 3 m/dk. besleme hızı, 8 mm. kesiş derinliği ve %8 rutubet koşullarında 6.95 kW, en yüksek ise 18000 d/dk devir, 7 m/dk. besleme hızı, 12 mm. kesiş derinliği ve %15 rutubet

koşullarında 8.38 kW olarak; Anadolu Kestanesi'nde en düşük 14000 d/dk devir, 3 m/dk. besleme hızı, 10 mm. kesiş derinliği ve %15 rutubet koşullarında 6.94 kW, en yüksek ise 22000 d/dk devir, 7 m/dk. besleme hızı, 12 mm. kesiş derinliği ve %12 rutubet koşullarında 8.14 kW olarak; Doğu Ladini'nde en düşük 10000 d/dk devir, 3 m/dk. besleme hızı, 8 mm. kesiş derinliği ve %12 rutubet koşullarında 6.94 kW, en yüksek ise 22000 d/dk devir, 7 m/dk. besleme hızı, 12 mm. kesiş derinliği ve %8 rutubet koşullarında 7.96 kW olarak; Sarıçam'da en düşük 10000 d/dk devir, 3 m/dk. besleme hızı, 12 mm. kesiş derinliği ve %8 rutubet koşullarında 6.89 kW, en yüksek ise 22000 d/dk devir, 7 m/dk. besleme hızı, 12 mm. kesiş derinliği ve %15 rutubet koşullarında 7.82 kW olarak elde edilmiştir.

LDEK'de genel olarak kesme gücü değerleri; Doğu Kayını'nda en düşük 10000 d/dk devir, 5 m/dk. besleme hızı, 8 mm. kesiş derinliği ve %8 rutubet koşullarında 7.60 kW, en yüksek ise 22000 d/dk devir, 7 m/dk. besleme hızı, 12 mm. kesiş derinliği ve %15 rutubet koşullarında 7.90 kW olarak; Anadolu Kestanesi'nde en düşük 14000 d/dk devir, 3 m/dk. besleme hızı, 12 mm. kesiş derinliği ve %8 rutubet koşullarında 6.86 kW, en yüksek ise 22000 d/dk devir, 7 m/dk. besleme hızı, 12 mm. kesiş derinliği ve %12 rutubet koşullarında 7.67 kW olarak; Doğu Ladini'nde en düşük 10000 d/dk devir, 3 m/dk. besleme hızı, 10 mm. kesiş derinliği ve %12 rutubet koşullarında 6.85 kW, en yüksek ise 18000 d/dk devir, 7 m/dk. besleme hızı, 12 mm. kesiş derinliği ve %15 rutubet koşullarında 7.67 kW olarak; Sarıçam'da en düşük 10000 d/dk devir, 3 m/dk. besleme hızı, 8 mm. kesiş derinliği ve %8 rutubet koşullarında 6.83 kW, en yüksek ise 14000 d/dk devir, 7 m/dk. besleme hızı, 10 mm. kesiş derinliği ve %15 rutubet koşullarında 7.64 kW olarak elde edilmiştir.

LPRK'de genel olarak kesme gücü değerleri; Doğu Kayını'nda en düşük 10000 d/dk devir, 3 m/dk. besleme hızı, 8 mm. kesiş derinliği ve %8 rutubet koşullarında 6.95 kW, en yüksek ise 18000 d/dk devir, 7 m/dk. besleme hızı, 12 mm. kesiş derinliği ve %15 rutubet koşullarında 8.38 kW olarak; Anadolu Kestanesi'nde en düşük 14000 d/dk devir, 3 m/dk. besleme hızı, 10 mm. kesiş derinliği ve %15 rutubet koşullarında 6.94 kW, en yüksek ise 22000 d/dk devir, 7 m/dk. besleme hızı, 12 mm. kesiş derinliği ve %12 rutubet koşullarında 8.14 kW olarak; Doğu Ladini'nde en düşük 10000 d/dk devir, 3 m/dk. besleme hızı, 8 mm. kesiş derinliği ve %12 rutubet koşullarında 6.94 kW, en yüksek ise 22000 d/dk devir, 7 m/dk. besleme hızı, 12 mm. kesiş derinliği ve %8 rutubet koşullarında 7.96 kW olarak; Sarıçam'da en düşük 10000 d/dk devir, 3 m/dk. besleme hızı, 12 mm. kesiş derinliği ve %8 rutubet koşullarında 6.89 kW, en yüksek ise 22000 d/dk devir, 7 m/dk. besleme hızı, 12 mm. kesiş derinliği ve %15 rutubet koşullarında 7.82 kW olarak elde edilmiştir.

5.5. Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları sonuçlarına göre; MAPE ve RMSE hata oranları sırasıyla, Doğu Kayını'nda; yüzey pürüzlülüğünde 2,372-9,992 ve 0,257-1,109 arasında, kesme gücünde ise 0,650-3,018 ve 0,061-0,248 arasında, Anadolu Kestanesi'nde; yüzey pürüzlülüğünde 2,246-8,995 ve 0,278-1,770 arasında, kesme gücünde ise 0,505-1,630 ve 0,046-0,162 arasında, Doğu Ladini'nde; yüzey pürüzlülüğünde 3,506-12,466 ve 0,518-1,483 arasında, kesme gücünde ise 0,318-1,252 ve 0,031-0,104 arasında, Sarıçam'da; yüzey pürüzlülüğünde 3,992-9,701 ve 0,372-1,170 arasında, kesme gücünde ise 0,408-1,255 ve 0,037-0,118 arasında elde edilmiştir.

Optimal işleme koşulları sabit kesiş derinlikleri ve rutubet miktarlarına göre; Doğu Kayını'nda Ek-1-4'te, Anadolu Kestanesi'nde Ek-5-8'de, Doğu Ladini'nde Ek-9-12'de ve Sarıçam'da Ek-13-16'da ayrıntılı olarak belirtilmiştir. Bu sonuçlara göre optimal işleme koşulları; genellikle orta ve yüksek devirlerde, düşük, orta ve yüksek besleme hızları ve kesiş derinlikleri ile düşük ve orta rutubet miktarında elde edilmiştir.

Kesiş izi uzunluklarına ait optimal işleme koşulları; Doğu Kayını'nda 0,151-0,183 mm, Anadolu Kestanesi'nde 0,090-0,211 mm, Doğu Ladini'nde 0,079-0,203 mm ve Sarıçam'da 0,083-0,211 mm aralığındaki değerlerde elde edilmiştir. En yüksek kapasitedeki optimal işleme koşulları ise; Doğu Kayını'nda 0,167-0,250 mm, Anadolu Kestanesi'nde 0,159-0,318 mm, Doğu Ladini'nde 0,175-0,250 mm ve Sarıçam'da 0,184-0,219 mm. aralığındaki değerlerde elde edilmiştir.

6. ÖNERİLER

CNC makineler, orman ürünleri endüstrisinde küçük, orta ve büyük ölçekli işletmelerde en basitinden en gelişmişine kadar aynı amaçlarda kullanılabilir. Bunlar işlevsel olarak çok farklı tip ve özelliklerde olup; üretimde kalite, kapasite, ekonomiklik ve verimlilik bakımından yüksek esnekliğe sahiptirler. Odun ve odun kökenli malzemelerin işlenmesinde uygulamada genellikle devir ve besleme hızları ana etkenler olarak göz önünde bulundurulmaktadır. Bunlar; basit makinelerde genellikle düşük ve dar aralıklarda, gelişmiş makinelerde ise yüksek ve geniş aralıklardadır. Makinelerin mobilya, doğrama, ahşap yapılar vb. endüstrilerdeki çok amaçlı üretimlerde kullanımlarında genellikle sabit veya dar aralıklardaki devir ve besleme hızları uygulanmaktadır. CNC makinelerde bunlar geniş bir aralıkta otomatik ve duyarlı bir şekilde ayarlanabilmekte olup, optimal işleme koşullarının kolaylıkla uygulanabileceği yapıdadırlar.

Ağaç malzemelerin işlenmesinde yüzey kalitesini etkileyen faktörler; ağaç malzemelerin yapısı ve özellikleri, makinelerin ayarları ile kesici aletlerin yapısı ve mekaniği olarak belirtilmektedir. Literatüre göre heterojen yapıdaki odun ve odun kökenli malzemelerin işlenmesi en zor ve karmaşık etkenler ortaya konulmaktadır. Bu bakımdan işlemede ağaç türü odunları anatomik yapıları, fiziksel ve mekanik özelliklerine dayalı bilimsel veriler öncelikli olmak üzere, makine ve kesici alet üretici (teorik, kataloglar vb.) bilgileri ile bunların etkileşimleri de göz önünde bulundurulmalıdır.

Çalışma sonuçlarına göre; orman ürünleri mobilya, doğrama, ahşap yapı vb. endüstriyel üretimlerde kalite için yüksek devir ve düşük besleme, kapasite için yüksek devir ve besleme hızları önerilebilir. Bunların yanında düşük enerji giderleri için ise, düşük devir ve besleme hızları uygulanması ortaya konulabilir. Yoğunluğu ve rutubeti yüksek odunlarda düşük, yoğunluğu ve rutubeti düşük odunlarda ise yüksek devir ve besleme hızı seçilmelidir. Bu durum; belirtilen optimizasyon tablolarına ait değerler öncelikli olmak üzere, işleme koşulları ile birlikte düşünülmelidir.

Ahşap levhaların işlenmesinde kesitlerde elde edilen yüzey pürüzlülüğü ve kesme gücü değerleri göz önünde bulundurulmalıdır. Ürün kalitesinin olumsuz etkileneceği durumlarda gerekirse işleme koşulları (devir ve besleme hızları, kesiş genişliği ve derinlikleri ile odun rutubeti vb.) iyileştirilmelidir.

İşlemede odun yoğunluğu da kesici geometrisi ve seçiminde yüzey kalitesi, kesici dayanımı ve ekonomikle ilişkilidir. Odun yoğunluğu aynı ağaç türü odunlarında, özellikle yükselti olmak üzere farklı yetiştirme yeri özelliklerine göre farklı ve geniş bir aralıkta değişiklik gösterebilmektedir. Kesici geometrisi yoğunluğu yüksek odunlarda az boşluklu yapıda, fazla kesicili ve yüksek kama açılı olmalıdır. Bu bakımdan kesme açıları (ASTM'ye göre) yoğunluğu yüksek odunlar için küçük (10^0), düşük yoğunluklar için ise büyük (20^0) seçilmelidir. Kesici sayısının artışı kesişe daha fazla bıçak katılacağından yüzey pürüzlülüğünü azaltırken kesme gücünü arttıracaktır. Bıçak açıları genellikle sabit ve tek açılı olup, gelişmiş kesici/alet üretici firmaların sabit ve 2 adet veya daha fazla açılı bıçaklarının kullanılması önerilebilir.

İşlemede kesiş miktarları (derinliği veya genişliği) ve odun rutubeti yüzey kalitesi ile enerji tüketiminde diğer önemli etkenler olarak belirtilebilir. İşleme miktarı artışı enerji tüketimini ve odun zayıyatını arttırmakta, yüzey kalitesini ise azaltmaktadır. Rutubet, odunun işlenmesinde en önemli etkenlerden biri olup, lif doyumluğu noktasına ($LDN=28/30$) kadar çalışmasına neden olmaktadır. Bu da hammadde depolanmasından üretim aşamalarına ve ürün kullanımına kadar çatlama, eğilme, renk değişim vb., kalite düşüşleri, yüzey işlem zorlukları ve konstrüksiyonda birleştirme yeri direnç düşüşleri vb. gibi birçok sorunlara yol açmaktadır. Bilindiği gibi odun, üretilecek ürünlerin kullanım yeri koşulları denge rutubet miktarına kadar kurutulmaktadır. İşlemede odun rutubet miktarı LDN'ye kadar arttıkça işleme kalitesi azalmaktadır. Rutubeti düşük odunlarda kesmeye karşı direnç artmakta ve daha az parçalanma/hacim artışı göstermekte, bu da yüzey kalitesini arttırmaktadır.

Çalışmada ağaç türleri odunları kesiş derinlikleri ve rutubet miktarlarına göre yüzey pürüzlülüğü ve kesme gücü değerlerine ait optimal işleme koşulları tabloları Ek 1-16'da belirtilmiştir. İşletmeler, çeşitli üretimlerde ürün kalitesi, kapasitesi, kesme gücü ve enerji tüketimi bakımından bu verilerden yararlanabilecektir. Bunların yanında işlemede önem sırasına göre kesiş genişliği, derinliği, odun yoğunluğu, besleme ve kesme hızları, kesiş izi uzunlukları, rutubetler ve kesici körelmesi vb. koşulların odun ile etkileşimleri göz önünde bulundurulmalıdır.

Kesiş izi uzunluklarına ait aralıklar kereste, doğrama, mobilya vb. üretimler için önerilmekte olup, yüzey kalitesi ile enerji tüketiminde belirleyicidir. Mobilya üretimi için geleneksel ve modern makinelerde kesiş izi uzunlukları 1.3-1.7 mm aralığında uygun görülmektedir. Bu aralıktan düşük miktarlarda yüzey kalitesi ve enerji tüketimi artmakta; ancak, bıçak daha kısa sürelerde körelmektedir. Bunların yanında; bilgisayarlı makinelerin

teknolojik yapısal özelliklerinin düzeyi bakımından, geleneksel ve modern makinelere göre işlemede çok daha düşük miktarlarda kesiş izi uzunlukları uygulanabilmektedir. Belirtilen optimal aralıklardaki kesiş izi uzunluklarının elde edilebileceği işleme koşullarının uygulanması, ekonomik ve verimli üretimler için önerilebilir.

Çeşitli üretimlerdeki ürün konstrüksiyon elemanları bakımından da işleme koşulları göz önünde bulundurulmalıdır. Buna göre daima ve yarı görünür elemanların üretiminde kalite, görünmez elemanlarda ise kapasite göz önüne alınarak uygun işleme koşulları seçimi yapılmalıdır.

CNC makinelerinde işleme yüzey kalitesini etkileyen faktörler bilindiği gibi oldukça fazla olup, bunlardan en önemlisi heterojen yapıdaki odun ve odun kökenli malzemelerdir. Bu bakımdan uygun işleme koşullarının seçiminde teknik eleman/mühendislik değerlendirmesinin yapılması üretim verimliliği yönünden önemli yararlar sağlayacaktır.

Çalışmada elde edilen sonuçların; diğer ağaç türü odunlarının CNC freze ve bilgisayarlı makinelerde işlenmesinde kullanılabileceği önerilebilir.

Çalışma sonuçları literatür ile genellikle uyumlu çıkmıştır. Ancak, bazı uyumsuz sonuçlar da elde edilmiştir. Sonuçlarda örnek ağaç türü kerestelerinin piyasadaki orman ürünleri satıcılarından sağlanması etkili olabilir. Bu bakımdan, örneklerin standartlara uygun olarak orman işletmelerindeki dikili ağaç veya tomruklardan seçiminin uygun olacağı belirtilebilir. Ağaçların veya tomrukların homojenliği öncelikli olmak üzere yoğunluk, yıllık halka genişlikleri, anatomik yapı vb. özellikler göz önünde bulundurulmalıdır.

İşleme koşulları etkenleri/parametrelerinin dar aralıkta tutulması sonuçları daha olumlu etkilemesi bakımından önerilebilir. Bu durumun, çalışmanın daha kapsamlı araştırılmasında etkili olabileceği ortaya konulabilir.

7. KAYNAKLAR

- Acıpayamoğlu, M. M., 2013. CNC Ağaç İşleme Makinelerinde Çok Ölçütlü Seçim, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Aghakhani, M., Khazaeian, A. ve Madhoushi, M., 2013. Different CNC Machining Condition of Paulownia Wood by CNC; Influence on the Abbott Roughness Parameters, Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 28, 2, 291-312.
- Aguilera, A. ve Martin, P., 2001. Machining Qualification of Solid Wood of *Fagus sylvatica* L. and *Picea excelsa* L.: Cutting Forces, Power Requirements and Surface Roughness, Holzals Roh-und Werkstoff, 59, 6, 483-488.
- Aguilera, A., Meausoone, P. J. ve Martin, P., 2000. Wood Material Influence in Routing Operations: the MDF Case, European Journal of Wood and Wood Products, 58, 4, 278-283.
- Akçura, N., 2015. Eğitim Amaçlı Kullanılacak Bir Üç Eksenli Dik İşlem CNC Makinası Dizaynı ve İmalatı, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Akkurt, M., 1996. Bilgisayar Destekli Takım Tezgâhları (CNC) ve Bilgisayar Destekli Tasarım ve İmalat (CAD/CAM) Sistemleri, İstanbul Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Aknouche, H., Outahyon, A., Nouveau, C., Marchal, R., Zerizer, A. ve Butaud, J. C., 2009. Tool Wear Effect On Cutting Forces: In Routing Process of Aleppo Pine Wood, Journal of Materials Processing Technology, 209, 6, 2918-2922.
- Akyıldız, H. ve Malkoçoğlu, A., 2001. Doğu Karadeniz Bölgesinde Yetişen Önemli Bazı Ağaç Odunlarının Vida Tutma Dirençleri, Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 2, 1, 54-60.
- Akyüz, M., 2004. Doğu Ladini (*Picea orientalis* L.)'nin Öz Odunu, Diri Odun, Kabuk Kalınlığı ve Yıllık Halka Genişliği, Doğu Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Yayın, Enstitüler Araştırma Dergisi Serileri.
- Akyüz, M., 1997. Doğu Ladini (*Picea orientalis* L.) Odunun Fiziksel ve Mekanik Özellikleri, Orman Bakanlığı Doğu Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü, DKOYA Yayın No: 3, Trabzon.
- Albert, A., 2010. Understanding CNC Routers, FPInnovations, First Edition, 116p.
- Amana, 2017. Amana Tool Product Catalogue, Industrial Cutting Tools for Wood and Advanced Materials, 120 Carolyn Boulevard Farmingdale, New York, 11735 USA.

- Annamalai, S., 2003. An Investigation of High-Speed Machining on CNC Routers Used for Upholstered Furniture Manufacturing, Master Thesis, Industrial Engineering, North Carolina State University, North Carolina.
- ANSI/ASME B46.1., 1985. Surface Texture (Surface Roughness, Waviness and Lay), American National Standards Institute, USA.
- Arlai, T., Kaewtatip, P. ve Prommul, K., 2003. Influences of Various Working Parameter in Routing Process of Rubber Wood Using Tungsten Carbide Routers, March, Phuket, Thailand, InME-Network National Conference Book, 74-79.
- As, N., Koç, H., Doğu, D., Atik, C., Aksu, B., ve Erdinler, S. 2001. Türkiye'de Yetişen Endüstriyel Öneme Sahip Ağaçların Anatomik, Fiziksel, Mekanik ve Kimyasal Özellikleri, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 51, 1, 71-88.
- Ashley, P. N., 2016. Innovative Use of Computer Numerically Controlled Wood Processing Technology for the Flexible Manufacture of Furniture Towards an Optimal Batch Size on One, Doctoral Dissertation, University of Melbourne, Melbourne.
- ASTM. D 1666., 1989. American Society of the International Association for Testing and Materials, West Conshohocken, United States.
- Autocad, 2014. Fundamentals of CNC Machining: A Practical Guide for Beginners, USA, ISBN 10: 0615500595.
- Axelsson, B. O. M., 1993. Lundberg, A. S., Grönlund, J. A., Studies of the Main Cutting Force at And Near A Cutting Edge, Holz als Roh-und Werkstoff, 51, 1, 43-48.
- Ay, N. ve Şahin, H., 2002. Maçka-Çatak Bölgesi Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) Odununun Bazı Fiziksel Özellikleri, Kafkas Üniversitesi, Artvin Orman Fakültesi Dergisi, 1, 87-95.
- Aydın, İ. ve Çolakoğlu, G., 2003. Odun Yüzeylerinde Pürüzlülük ve Pürüzlülük Ölçüm Yöntemleri, Artvin Orman Fakültesi Dergisi, 1, 2, 92-102.
- Aydın, T. Y. ve Aydın, M., 2018. Comparison of Temperature Dependent Young's Modulus of Oriental Beech (*Fagus orientalis* L.) that Determined by Ultrasonic Wave Propagation and Compression Test. Türkiye Ormancılık Dergisi, 19, 2, 185-191.
- Bağcı, Ö., 2004. CNC Teknik, Değişim Yayınları, 229s, İstanbul.
- Bal, B. C., 2018. CNC Makinelerinin Bazı Ayarlarının Parça İşleme Süresi ve Lif Levhanın Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkileri, Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi, 1, 1, 21-30.

- Bal, B. C. ve Dumanoglu, F., 2019. Surface Roughness and Processing Time of a Medium Density Fiberboard Cabinet Door Processed via CNC Router, and the Energy Consumption of the CNC Router, BioResources, 14, 4, 9500-9508.
- Bal, B. C. ve Gündeş, Z., 2020. Surface Roughness of Medium-Density Fiberboard Processed with CNC Machine, Measurement, 153, 107421.
- Baykan, İ., 1995. Rendelenmiş Masif Mobilya Yüzeylerinde Yüze Pürüzlülüklerine İlişkin Araştırmalar, K.T.Ü., Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Berkel, A., 1970. Ağaç Malzeme Teknolojisi, I. Cilt, İ.Ü. Orman Fakültesi, İstanbul Üniversitesi, Yayın No:147, İstanbul.
- Bonac, T., 1979. Wood Roughness Volume and Depth Estimated from Pneumatic Surface Measurements, Wood Science, 11, 4, 227-232.
- Bozkurt, A. Y. ve Göker, Y., 1987. Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları 3445/388, İstanbul.
- Bozkurt, Y. ve Erdin, N., 2011. Ağaç Teknolojisi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Yayın No:5029, Fakülte Yayın No:445, İstanbul.
- Bozkurt, Y. ve Erdin, N., 1989. Ticarete Önemli Yabancı Ağaçlar, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayın No: 3572, İstanbul.
- Burdurlu, E., Usta, İ., Ulupınar, M., Aksu, B. ve Erarslan T. Ç., 2005. The Effect of the Number of Blades and the Grain Size of Abrasives in Planing and Sanding on the Surface Roughness of European Black Pine and Lombardy Poplar, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 29, 315–321.
- Burdurlu, E. ve Baykan, İ., 1998. Ağaç İşlerinde Kesme Teorisi ve Endüstriyel Mobilya Üretimi Makineleri, H. Ü, Bizim Büro Basımevi, Ankara.
- Castellani, M. ve Rowlands, H., 2008. Evolutionary Feature Selection Applied to Artificial Neural Networks for Wood-Veneer Classification, International Journal of Production Research, 46, 11, 3085-3105.
- Ceylan, İ., 2008. Determination of Drying Characteristics of Timber by Using Artificial Neural Networks and Mathematical Models, Drying Technology, 26, 12, 1469-1476.
- Coşoreanu, C. ve Cismaru, I., 2014. Complex Ornament Machining Process on a CNC Router, Pro Ligno, 10, 1, 22-30.
- Cristóvão, L., 2013. Machining Properties of Wood: Tool Wear, Cutting Force And Tensioning of Blades, Doctoral Dissertation, Luleå Tekniska Universitet, Luleå.
- Csanady, E. ve Magoss, E., 2013. Mechanics of Wood Machining, Department of Wood Engineering, Springer University of West-Hungary Sopron, Hungary.

- Çakmak, A. ve Malkoçoğlu, A., 2017. Mobilya Endüstrisinde CNC Freze Makinelerinde İşlemede Yaygın Olarak Kullanılan Malzemeler, Kesici Takımlar ve İşleme Koşullarının Seçimi ve Önemi, Ağustos, Roma/İtalya, IV. International Multidisciplinary Congress of Eurasia Bildiri Kitabı, 2, 180-191.
- Çalışkan, E. ve Acar, H. H., 2006. Yapay Zekâ Tekniklerinin Odun Hammaddesi Üretiminde Kullanılması Üzerine Bir Değerlendirme, Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 7, 1, 51-59.
- Çelikliay, G., 2000. CAD/CAM Sistemlerinin Seçimi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Çetin Yerlikaya, N., 2010. Kabin Tipi Demonte Mobilya Köşe Birleştirmelerinde Mukavemet Değerleri ve Optimum Delgi Planlarının Araştırılması, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Darmawan, W., Gottlöber, C., Oertel, M., Wagenführ, A. ve Fischer, R., 2011. Performance of Helical Edge Milling Cutters in Planing Wood, European Journal of Wood and Wood Products, 69,4, 565-572.
- Davim, J. P., 2011. Wood Machining, ISTE Ltd and John Wiley Sons, Inc., London.
- Davim, J. P., Clemente V. C. ve Silva, S., 2009. Surface Roughness specs in Milling MDF, the International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 40, 49–55.
- Davis, E. M., 1962. Machining and Related Characteristics of United States Hardwoods, Technical Bulletin No. 1267, US Department of Agriculture.
- Davis, E. M. ve Nelson, H., 1954. Machining Tests of Wood With the Molder, Forest Product Research Society, 561.
- De Deus, P. R., Sampaio Alves, M. C. ve Vieira, F. H. A., 2015. The Quality of MDF Workpieces Machined in CNC Milling Machine in Cutting Speeds, Feedrate and Depth of Cut, Meccanica, 50, 12, 2899-2906.
- Demir, M., Kuncan, M. ve Ertunç, H. M., 2013. 3 Eksenli Mini CNC Freze Tezgâhı Tasarımı ve İmalatı, Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı (TOK), Malatya, 1231-1235.
- Demirci, S., 2013. Effect of the Number of Knives, Feed Rate, and Cutting Depth on Surface Roughness of Some Wood Species Processed with Planer, Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 13, 1, 100-108.
- Demirci, S., 2019. Determination of the Effect of Cutting Direction and Grit Sizes of the Abrasive on Surface Roughness of Scotch Pine (*Pinus sylvestris* L.) And Oriental Beech (*Fagus orientalis* L.) Woods, Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 19, 2, 164-172.

- Demirel, K., 2012. Bilgisayar Kontrollü Dik CNC Freze Tezgâhı Modernizasyonu ve Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Deus, P. R., Alves, M. C., Vieira, F. H. ve Bilesky, L. R., 2018. Analysis of the Cutting Parameters in Front Milling for Medium Density Fiberboard, BioResources, 13, 2, 3404-3410.
- DIN ISO 3366:2000-08., 2000. Coated Abrasives, Abrasive Rolls, Deutsches Institut für Normung Rollen.
- Diñçel, M., 1999. CNC Takım Tezgâhları, Bitirme Tezi, Trakya Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Tekirdağ.
- Ding, D., Pan, Z., Cuiuri, D., Li, H. ve Van Duin, S., 2016. Advanced Design for Additive Manufacturing: 3D Slicing and 2D Path Planning, In New Trends in 3D Printing, InTech.
- Durkovic, M., Mladenović, G., Tanović, L. ve Danon, G., 2018. Impact of Feed Rate, Milling Depth and Tool Rake Angle in Peripheral Milling of Oak Wood on the Cutting Force, Maderas. Ciencia y tecnología, 20, 1, 25-34.
- Dündar, T., 2005. Sarıçam'da Değişik Silvikültürel Müdahalelerin Odunun Teknolojik Özellikleri Üzerine Etkisi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Efe, H. ve Çağatay, K., 2011. Çeşitli Masif Ağaç Malzemelerin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi, Politeknik Dergisi, 14, 1, 55-61.
- Efe, H., Demirci S. ve Kılıç, Y., 2003. Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) Odununun Rendelenmesinde Kesiş Yönü, Bıçak Sayısı, Besleme Hızı ve Kesme Derinliğinin Yüzey Pürüzlüğüne Etkisi, Gazi Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 3, 1, 77-87.
- Effner J., 1997. Choosing Tooling for CNC Routers, Furniture Design and Manufacturing: August: 92-101.
- Elmas, Ç., 2007. Yapay Zeka Uygulamaları, Seçkim Yayıncılık San. ve Tic. A. Ş., ISBN: 978-975-02-0614-6, Ankara.
- Elmas, Ç., 2011. Yapay Sinir Ağları (Kuram, Mimari, Eğitim, Uygulama), Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Erdin, N. ve Bozkurt, Y., 2013. Odun Anatomisi, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayın No: 5145, İstanbul.
- Erdinler, E. S., 2005. CAD Sistemleri ve Türkiye Mobilya Endüstrisinde Uygulanma Etkinliğinin Analizi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Ersoyoğlu, A. S. ve Ünüvar, A., 2008. Serbest Şekilli Yüzeyleerin İşlenmesi İçin Takım Yolu Oluşturulması, J. Fac. Eng. Arch. Selcuk University, 23, 2, 59-70.
- Esteban, L. G., De Palacios, P., Conde, M., Fernandez, F. G., Garca-Iruela, A. ve Gonzalez-Alonso, M., 2017. Application of artificial neural networks as a predictive method to differentiate the wood of *Pinus sylvestris* L. and *Pinus nigra* Arn subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco, Wood Science and Technology, 51, 5, 1249-1258.
- Ettelt, B., 1974. Driving Power for Wood Processing, A Simple Calculation Procedure, Holz' und Kunststoffverarbeitung.
- Eyma, F., Meausoone, P. J. ve Martin, P., 2004. Study of the Properties of Thirteen Tropical Wood Species to Improve the Prediction of Cutting Forces in Mode, B. Annals of Forest Science, 61, 1, 55-64.
- Fitzpatrick, M. ve Smith, K., 2005. Machining and CNC technology, McGraw-Hill, New York.
- Franz, N. C., 1958. An Analysis of the Wood Cutting Process, PhD Thesis, University of Michigan Press, Ann Arbor, USA.
- Funck, J. V., Forrer, J. B., Buttler, D. A., Brunner, C. C. ve Mardstany, A. G., 1992. Measuring Surface Roughness on Wood: A Comparison of Laser Scatter and Stylus Tracing Approaches, The International Society for Optical Engineering, 5, 173-184.
- Gaff, M., 2014. Three-Dimensional Pneumatic Molding of Veneers, BioResources, 9, 3, 5676-5687.
- Gawroński, T., 2013. Optimisation of CNC Routing Operations of Wooden Furniture Parts, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 67, 9-12, 2259-2267.
- Gevrek, F., 2013. Prototip Ü Eksenli CNC Freze Tezgahı Tasarımı ve İmalatı, Yüksek Lisans Tezi, Bozok Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yozgat.
- Goli, G., Fioravanti, M., Marchal, R., Uzielli, L. ve Busoni, S., 2011. Up-Milling And Down-Milling Wood with Different Grain Orientations: The Cutting Forces Behaviour, European Journal of Wood and Wood Products, 68, 4, 385-395.
- Gonçalves, R. ve Neri, A. C., 2005. Orthogonal Cutting Forces in Juvenile and Mature *Pinus taeda* Wood. Scientia Agricola, 62, 4, 310-318.
- Gottlober, C., Wagenfuhr, A., Robenack, K., Ahmed, D. ve Eckhardt, S., 2016. Strategies, Concepts and Approaches to Avoid Cuttermarks on Wooden Workpiece Surfaces, Wood Material Science & Engineering, 11, 3, 147-155.
- Gurau, L., 2004. The Roughness of Sanded Wood Surfaces, PhD. Thesis, Brunel University, London.

- Gurau, L., 2009. Separation of Wood Anatomy from the Evaluation of Processing Roughness of Sanded Oak Surfaces, International Conference Wood Science and Engineering in the Third Millennium, ICWSE, 209-218.
- Güler, C. ve Bektaş, İ., 2000. Andırın Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.) Odununda Elastiklik Özellikler ile Yoğunluk Arasındaki İlişki. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 3, 2, 51-57.
- Gürleyen, L., 1998. Mobilyada Kullanılan Masif Ağaç Malzemelerde Yüzey Düzgünlüğünün Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Anabilim Dalı, Ankara.
- Gürleyen, L. ve Subaşı, S., 2009. Rendeleme İşleminde Ağaç Malzemelerin Enerji Tüketim Maliyetlerine Etkisi, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 24, 2.
- Gürsu, İ., 1960. Tokat Mıntıkası Kayınlarının Teknik Vasıfları Üzerinde Yapılan Bir Çalışma, OAE Dergisi, 6, 1, 30-41.
- Haykin, S., 1999. Neural Networks: A Comprehensive Foundation (2nd edition), Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Hazır, E. ve Koç, K. H., 2019. Optimization of Wood Machining Parameters in CNC Routers: Taguchi Orthogonal Array Based Simulated Angling Algorithm, Maderas. Ciencia y Tecnología, 21, 4.
- Hazır, E. ve Özcan, T., 2019. Response Surface Methodology Integrated with Desirability Function and Genetic Algorithm Approach for the Optimization of CNC Machining Parameters, Arabian Journal for Science and Engineering, 44, 3, 2795-2809.
- Hazır, E., Erdinler, E. S. ve Koç, K. H., 2018. Optimization of CNC Cutting Parameters Using Design of Experiment (DOE) and Desirability Function, Journal of Forestry Research, 29, 5, 1423-1434.
- Hazır, E. ve Koç, K. H., 2016. Optimization of Wood Surface Machining Parameters in CNC routers: Response Surface Methodology (RSM) Approach, International Journal of Scientific Research Engineering Technology, 5, 10.
- Hebb, D., 1949, The Organization of Behavior A Neuro psychological Theory, John Wiley & Sons, New York.
- Helfrick, A. D. ve Cooper, W. D., 1990. Modern Electronic Instrumentation and Measurement Techniques, Englewood Cliffs, NJ 07.632, Prentice Hall.
- Hernandez, R. E. ve Cool, J., 2008. Effects of Cutting Parameters on Surface Quality of Paper Birch Wood Machined Across the Grain With Two Planing Techniques, Holz als Roh-und Werkstoff, 66, 2, 147-154.
- Herzog, T. A., 2000. How to Buy a CNC Router, Accu-Router Inc. TN.

- Hoff, K., Fisher, N., Miller, S. ve Webb, A., 1997. Sources of Competitiveness for Secondary Wood Products Firms: A Review of Literature and Research Issues, Forest Products Journal, 47,2, 31-37.
- HOMAG, 2015. Machines Catalog, Holzbearbeitungssysteme AG, Homagstraße 3–5, 72296 Schopfloch, Germany.
- Hopfield, J. J., 1982. Neural Networks and Physical Systems with Emergent Collective Computational Abilities, *Proceeding of the National Academy of Science of the United States of America*. 79, 8, 2554-2558.
- Hrnjica, S. ve Hodžić, A., 2017. The Use of CNC Machines in Development of Modern Furniture, *Inovation School Sprungbrett, International Students Conference, Biel*.
- Iskra, P. ve Hernández, R. E., 2012a. Toward A Process Monitoring of CNC Wood Router. Sensor Selection and Surface Roughness Prediction, Wood Science and Technology, 46, 1-3, 115-128.
- Iskra, P. ve Hernández, R. E., 2012b. Analysis of Cutting Forces in Straight-Knife Peripheral Cutting of Wood, Wood and Fiber Science, 44, 2, 134-144.
- Iskra, P. ve Hernández, R. E., 2009. The Influence of Cutting Parameters on the Surface Quality of Routed Paper Birch and Surface Roughness Prediction Modeling, Wood and Fiber Science, 41, 1, 28-37.
- Ispas, M. ve Racasan, S., 2017. Study Regarding the Influence of the Tool Geometry and Feed Rate on the Drilling Quality of MDF Panels, ProLigno, 13, 4, 174-180.
- İlhan, R., Burdurlu, E. ve Baykan, İ., 1990. Ağaç İşlerinde Kesme Teorisi ve Mobilya Endüstrisi Makineleri, *Bizim Büro Basımevi, Ankara*.
- İrdem, C., 2019. Elmacık Dağı ve Yakın Çevresinin Dendroklimatolojik ve Dendrojeomorfolojik Yöntemlerle Analizi, *Doktora Tezi, Karabük Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Karabük*.
- Jakub, S. ve Martino, N., 2005, Wood Surface Roughness-What is it?, *Rosenheim Workshop, BOKU University of Natural Sources and Applied Life Sciences, 29-30 September, Vienna, Austria*.
- Jovic, S., Golubovic, Z. ve Stojanovic, J., 2017. Wood Bonding Strength Sensitivity Estimation and Power Consumption Prediction in Wood Machining Process By Artificial Intelligence Method, Sensor Review, 37, 4, 444-447.
- Kant, G. ve Sangwan, K. S., 2014. Prediction and Optimization of Machining Parameters for Minimizing Power Consumption and Surface Roughness in Machining, Journal of Cleaner Production, 83, 151-164.
- Kaplan, L., Kvietskova, M. S. ve Sedlecký, M., 2018. Effect of the Interaction between Thermal Modification Temperature and Cutting Parameters on the Quality of Oak Wood, BioResources, 13, 1, 1251-1264.

- Karabey, Ö., 2016. Prototip 3 Eksenli CNC Freze Tasarımı ve Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.
- Karagöz İşleyen, Ü., 2019. Determination of Machining Parameters Affecting Surface Roughness of MDF Using the Taguchi and RSM Methods, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 21, 2, 1-10.
- Karagöz, Ü. ve Karamanoğlu, M., 2019. The Influence of Machining Parameters on Surface Roughness of MDF in Milling Operation, BioResources, 14, 2, 3266-3277.
- Karagöz, Ü., Akyıldız, M. H. ve İşleyen, O., 2011. Effect of Heat Treatment on Surface Roughness of Thermal Wood Machined By CNC, ProLigno, 7, 4.
- Karagöz, Ü., 2010. Ahşap Malzemenin CNC ile İşlenmesinde Yüzey Kalitesini Etkileyen İşleme Parametrelerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Kariuki, L. W., Nyakoe, G. N. ve Ikua, B. W., 2014. Generation and Optimization of Pocket Milling Tool Paths-A Review, In Proceedings of Sustainable Research and Innovation Conference, 129-133.
- Kaya, M., 2016. Ahşap CNC İşleme Makinelerinde Takım Yolu ve Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kaygısız, H., 2010. Eğitim Amaçlı Üç Eksenli Masaüstü CNC Freze Tasarımı ve Prototipi, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- Kazlauskas, D., Jankauskas, V., Bendikienė, R., Keturakis, G. ve Mačėnaitė, L., 2017. Wear of Cemented Tungsten Carbide (WC) Router Cutters During Oak Wood Milling, Mechanics, 23, 3, 469-472.
- Keturakis, G. ve Juodeikienė, I., 2007. Investigation of Milled Wood Surface Roughness, Material and Science, 13, 1.
- Kılıç, M., Hızıroğlu, S. ve Burdurlu, E., 2006. Effect of Machining on Surface Roughness of Wood, Building and Environment, 41, 8, 1074-1078.
- Kim, B. H. ve Choi, B. K., 2002. Machining Efficiency Comparison Direction-Parallel Tool Path With Contour-Parallel Tool Path, Computer-Aided Design, 34, 2, 89-95.
- Kistler, G., 2019. Analyzing and Optimizing Cutting Processes: Cutting Force Measurements in Research and Development, Katalogue, Kistler Group, Germany.
- Kivimaa, E., 1950. Cutting Force in Wood-Working, The State Institute for Technical Research, Julkaisu 18 Publication, Helsinki.

- Kminiak, R., 2019. The Effect of Selected Factors on the Milled Surface Quality of Native Sycamore Maple Wood and Thermally Modified Sycamore Maple Wood, Innovation in Woodworking Industry and Engineering Design, 1, 105-112.
- Koch, P., 1972. Utilization of the Southern Pines: Processing Volume 2, Machining, Agricultural Handbook SFES-AH-420. Asheville, NC: USDA-Forest Service, Southern Forest Experiment Station, 735-1619.
- Koch, P., 1964. Wood Machining Processes; A Volume in the Wood Processing Series, The Ronald Press Company, New York.
- Koç, K. H., Erdinler, E. S., Hazır, E. ve Öztürk, E., 2015. Effect of CNC Application Parameters on Wooden Surface Quality, June 7-12, USA Grand Teton National Park, Proceedings of the 58th International Convention of Society of Wood Science and Technology.
- Koç, K. H., 1993. Bilgisayar Destekli Üretim ve Orman Ürünleri Sanayiinde Uygulaması, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Koleda, P., Barčík, Š., Svoreň, J., Naščák, L. ve Dobřík, A., 2019. Influence of Cutting Wedge Treatment on Cutting Power, Machined Surface Quality, and Cutting-Edge Wear When Plane Milling Oak Wood, BioResources, 14, 4, 9271-9286.
- Kollmann, F. F., Kuenzi, E. W. ve Stamm, A. J., 2012. Principles of Wood Science and Technology II: Wood Based Materials, Springer Science and Business Media.
- Kollman, F. ve Cote, W. A., 1968. Principles of Wood Science and Technology I: Solid Wood, Springer-Verlag, Berlin.
- Kopecký Z., Peršín, M. ve Zbieč, M., 2006. Energy Conditions of Compacted Wood, Ann Wars Agric Univ SGGW-AR, For Wood Technology, 58, 424-429.
- Krauss, A., Piernik, M. ve Pinkowski, G., 2016. Cutting Power During Milling of Thermally Modified Pine Wood, Wood Industry/Drvna Industrija, 67,3.
- Krimpenis, A. A. ve Chrysikos, M., 2019. 3D Parametric Design and CNC Manufacturing of Custom Solid Wood Electric Guitars Using CAD/CAM Technology, Wood Material Science and Engineering, 14, 2, 66-80.
- Kubš, J., Gašparík, M., Gaff, M., Kaplan, L., Čekovská, H., Ježek, J. ve Štícha, V., 2017. Influence of Thermal Treatment on Power Consumption During Plain Milling of Lodgepole Pine (*Pinus contorta* subsp. murrayana). BioResources, 12, 1, 407-418.
- Kubš, J., Gaff, M. ve Barčík, Š., 2016. Factors Affecting the Consumption of Energy During the Milling of Thermally Modified and Unmodified Beech Wood, BioResources, 11, 1, 736-747.

- Kúdela, J., Javorek, L. ve Mrenica, L., 2016. Influence of Milling and Sanding on Beech Wood Surface Properties. Part I. Surface Morphology, Annals of Warsaw Agricultural University, Forestry and Wood Technology, 95, 148-153.
- Kurtoğlu, A., 2005. Ağaç İşleme Tekniği ve Makineleri Ders Notları, İ.Ü Orman Fakültesi, İstanbul.
- Kurtoğlu, A., 1981. Odunun İşlenme Özellikleri, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 31, 2, 179-199.
- Kvietková, M., Gaff, M., Gašparík, M., Kaplan, L. ve Barčík, Š., 2015. Surface Quality of Milled Birch Wood After Thermal Treatment At Various Temperatures, BioResources, 10, 4, 6512-6521.
- Laurenzi, W., 2011. Optimization Software for the Milling Processes of Wood, Pro Ligno, 7, 105-110.
- Leitz, 2018. Precision tables by Leitz, The Leitz-Lexicon Edition 7, GmbH Co. KG., Germany.
- Lemaster, R. L. ve Stewart, J. S., 1994. Wood Machining and Tooling Research Programs Research Summary, Raleigh, NC., North Carolina State University Wood and Paper Science Dept., Proceedings of the 3rd International Symposium Book.
- Lihra, T. ve Ganey, S., 1999. Machining Properties of Eastern Species and Composite Panels, Forintek Canada Corporation Western Region, 2665 East Mall. Canadian Forest Service, Project No. 2306, s62.
- Lupupa, C., 2019. The Impact of A Three Axis Computer Numerical Control (CNC) Shaping Machine On Designing, The International Journal of Multi-Disciplinary Research, Lusaka, Zambia.
- Malkoçoğlu, A., 1994. Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) Odununun Teknolojik Özellikleri, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Malkoçoğlu, A. ve Özdemir, T., 1999. Yüzey Pürüzlülüğü Araştırmalarının Tarihi Gelişimi, Mobilya Dekorasyon Dergisi, 32, 60-68.
- Malkoçoğlu, A., 2001. Ağaç Malzeme Yüzey İşlemleri Ders Notları (Yayınlanmamış), KTÜ Orman Fakültesi, Trabzon.
- Malkoçoğlu, A. ve Özdemir, T., 2006. The Machining Properties of Some Hardwoods And Softwoods Naturally Grown in Eastern Black Sea Region of Turkey, Journal of Materials Processing Technology, 173, 3, 315-320.
- Malkoçoğlu A., 2007. Machining Properties And Surface Roughness of Various Wood Species Planed In Different Conditions, Building and Environment, 42, 2562-2567.

- Malkoçoğlu, A., 2017. Ağaç Malzeme İşleme Teknolojisi Ders Notları (Yayınlanmamış), KTÜ Orman Fakóltesi, Trabzon.
- Malkoçoğlu, A., akmak, A. ve Kurtoğlu, A., 2018. Drilling Bits and Operations Used in Drilling Machines in Furniture Industry, International Forest Products Congress, September, Trabzon, Proceedings Book, 995-1005.
- Malkoçoğlu, A., 2018a. Ahşap İşleme Teknolojisi Ders Notları (Yayınlanmamış), KTÜ Orman Fakóltesi, Trabzon.
- Malkoçoğlu, A., 2018b. Mobilya Endüstrisi Ders Notları (Yayınlanmamış), KTÜ Orman Fakóltesi, Trabzon.
- Mandić, M., Todorović, N., Popadić, R. ve Danon, G., 2011. Influence of Wood Properties and Technological Parameters of Processing on Cutting Power in Milling of Thermally Modified Beechwood, Glasnik řumarskog fakulteta, 104, 109-124.
- Mankowski, P., Burawska-Kupniewska, I., Krzosek, S. ve Grzeskiewicz, M., 2020. Influence of Pine (*Pinus sylvestris* L.) Growth Rings Width on the Strength Properties of Structural Sawn Timber. BioResources, 15, 3, 5402-5416.
- Marcano-Cedeño, A., Quintanilla-Domínguez, J. ve Andina, D., 2009. Wood Defects Classification Using Artificial Metaplasticity Neural Network, In Industrial Electronics August, Book of 35th Annual Conference of IEEE, 3422-3427.
- Marchal, R., Mothe, F., Denaud, L. E., Thibaut, B. ve Bleron, L., 2009. Cutting Forces in Wood Machining–Basics and Applications in Industrial Processes, A Review: Wood Machining-Micromechanics And Fracture, COST Action E35.
- McKenzie, W. M., 1961. Fundamental Analysis of the Wood-Cutting Process, Doctoral Thesis, University of Michigan Department of Wood Technology, Michigan.
- Meausoone, P-J. ve Perrin L., 2004. Effects of Diamond Tool Edge Direction Angle on Cutting Forces and Tool Wear During Milling of Medium Density Fiberboard and Particleboard, Vienna, Austria, Proceedings of the 2nd International Symposium on Wood Machining: Properties of Wood and Wood Composites Related to Machining, 399-407.
- Meausoone, P-J., Aguilera, A. ve Martin, P., 2000. Couple Tool Material Method for Cutting Conditions, A New Approach of Optimization, Properties of Wood and Wood Composites Related to Wood Machining, Vienna, Austria, Proceedings of the International Symposium on Wood Machining, 105-116.
- Mendoza B. A., 1988. The Effect of Density and Some Machining Variables on Power Consumption and Planing Quality of Coconut (*Cocos nucifera* L.) Lumber, Journal of Forest Products Research and Development Institute, 17, 37-66.

- Merev, N., 2003. Odun Anatomisi ve Odun Tanıtımı, KTÜ, Orman Fak., KTÜ Genel Yayın No: 210. Fak. Yayın No:32, Trabzon.
- Mitutoyo, SJ-301, 2001. Surface Roughness Tester, User's Manual, Mitutoyo Corporation, Japan.
- Montgomery, D.C., Peck, E.A. ve Vining, G. G., 2012. Introduction to Linear Regression Analysis, John Wiley and Sons, New York.
- Mori, M., 1970. An Analysis of Cutting Work in Peripheral Milling of Wood II: The Cutting Force, Power and Energy Requirements in Up-Milling Parallel to Wood Grain, *Mokuza Gakkaischi*, 16, 1-9.
- Murmanis, L., River, B. H. ve Stewart, H. A., 1998. Surface and subsurface characteristics related to abrasive-planing conditions, *Wood and Fiber Science* 18, 1, 107-117.
- Nacar, M., 2012. Meslek Yüksek Okulları Teknik Eğitim ve Mühendislik Fakülteleri, Elektrik-Elektronik Ölçme Tekniği, Ofset Matbaacılık, Ankara.
- Nasir, V. ve Cool, J., 2018. A Review on Wood Machining: Characterization, Optimization, And Monitoring of the Sawing Process, *Wood Material Science and Engineering*, 1-16.
- Naylor, A. ve Hackney, P., 2013. A Review of Wood Machining Literature With A Special Focus on Sawing, *BioResources*, 8, 5, 3122-3135.
- Naylor, A., Hackney, P., Perera, N. ve Clahr, E., 2012. A Predictive Model for the Cutting Force in Wood Machining Developed Using Mechanical Properties, *Bioresources*, 7, 3, 2883-2894.
- Oliaei, S. N. B. ve Karpat, Y., 2016. Influence of Tool Wear on Machining Forces and Tool Deflections During Micro Milling, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 84, 9, 1963-1980.
- Overby, A., 2011. CNC Machining Handbook: Building, Programming, and Implementation, McGraw-Hill/TAB Electronics, New York.
- Owusu, F. W., Boakye, F. ve Zorve, G., 2015. Timber Species From Afram Arm of the Volta Lake in Ghana: Planning And Sanding Properties, *Journal of Horticulture and Forestry*, 7, 4, 84-93.
- Örs, Y. ve Demirci, S., 2003. Akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) ve Meşe (*Quercus petraea* L.) Odunlarında Yüzey Düzgünlüğüne Kesiş Yönü ve Zımparalamanın Etkisi, *Politeknik Dergisi*, 6, 2, 491-495.
- Örs Y. ve Gürleyen, L., 2002. Ağaç Malzemede Yüzey Düzgünlüğüne, Rendelemeye Kesiş Yönü, Bıçak Sayısı ve Çeşidinin Etkileri, *Politeknik Dergisi*, 5, 4, 335-339.
- Örs, Y. ve Keskin, H., 2001. Ağaç Malzeme Bilgisi, Atlas Yayın Dağıtım, No:183, Ankara.

- Örs, Y. ve Baykan İ., 1999. The Effect of Planning And Sanding on Surface Roughness of Massive Wood, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23, 577-582.
- Özan, Z. E., Onat, S. M. ve Aydemir, D., 2017. Sarıçam ve Uludağ Göknaarı Odunlarının Bazı Özellikleri Üzerine Termal Muamelenin Etkileri, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 19, 1, 187-193.
- Özşahin, Ş., 2013. Optimization of Process Parameters in Oriented Strand Board Manufacturing With Artificial Neural Network Analysis, European Journal of Wood and Wood Products, 71, 6, 769-777.
- Özşahin, Ş. ve Aydın, İ., 2014. Prediction of the Optimum Veneer Drying Temperature For Good Bonding in Plywood Manufacturing By Means of Artificial Neural Network, Wood Science and Technology, 48,1, 59-70.
- Özşahin, Ş. ve Singer, H., 2019a. Development of an Artificial Neural Network Model to Minimize Power Consumption in the Milling of Heat-Treated and Untreated Wood, Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 19, 3, 317-328.
- Özşahin, Ş. ve Singer, H., 2019b. Odun Yüzey Pürüzlülüğü Tahmininde Bir Yapay Sinir Ağı Modelinin Kullanılması, Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 7, 3, 1764-1777.
- Özşahin, Ş. ve Singer, H., 2019c. Odunun Yüzey Pürüzlülüğünün ve Adezyon Direncinin Yapay Sinir Ağları ile Tahmini, Politeknik Dergisi, 22, 4, 889-900.
- Öztemel, E., 2012. Yapay Sinir Ağları, Papatya Yayıncılık Eğitim, İstanbul.
- Palmqvist, J., 2003. Parallel and Normal Cutting Forces in Peripheral Milling of Wood, Holz als roh-und Werkstoff, 61, 6, 409-415.
- Pamuk, G., 2019. Sarıçam Meşçerelerinde Yapılan Ökse Otu Mekanik Mücadelesinin Çap Artımına Olan Etkisi: Kılıçkaya Orman İşletme Şefliği Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin.
- Pastacı, H., 2003. Elektrik ve Elektronik Ölçmeleri, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Nesil Matbaacılık, İstanbul.
- Pelit, H. ve Sönmez, A., 2015. Termo-Mekanik Yoğunlaştırma ve Isıl İşlemin Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.) Odununun Bazı Fiziksel Özelliklerine Etkisi, Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 3, 1, 1-14.
- Perkins, R. W., 1978. Woodcutting Tools and Machines, Mark's Standard Handbook for Mechanical Engineers, 8th Ed., McGraw-Hill Book Company, 13-80, New York.
- Peters, C. ve Cumming, D.S., 1970. Measuring Wood Surface Smoothness, A Review, Forest Product Journal, 20, 12, 40-43.
- Pojouh, P., 1974. Qualite Du Bois De Fagus Orientalis De l'elbourz-İran Revue Forestiere Française 6, 464-471.

- Porankiewicz, B., 2014. Wood Machining Investigations: Parameters to Consider For Thorough Experimentation, BioResources, 9, 1, 4-7.
- Porankiewicz, B., Axelsson, B., Grönlund, A. A. ve Marklund, B., 2011. Main and Normal Cutting Forces By Machining Wood of *Pinus Sylvestris*, BioResources, 6, 4, 3687-3713.
- Pourtahmasi, K., Lotfiomran, N., Bräuning, A. ve Parsapajouh, D., 2011. Tree-Ring Width and Vessel Characteristics of Oriental Beech (*Fagus orientalis*) Along An Altitudinal Gradient in the Caspian Forests, IAWA journal, 32, 4, 461-473.
- Prommul, K., Kaewtatip P. ve Arlai T., 2004. Investigation on the Influences of Cutting Parameters in CNC Machining of Rubber Wood with Integration of Neural Networks, Vienna, Austria: July 5–7, Proceedings of the 2nd International Symposium on Wood Machining, 123-129.
- PS 20-20., 2020. American Softwood Lumber Standard, Voluntary Product Standard, National Institute of Standards and Technology, Walter Copan, NIST Director and Undersecretary of Commerce for Standards and Technology.
- Raju, K., Janardhana, G. R., Kumar, P. N. ve Rao, V., 2011. Optimization of Cutting Conditions For Surface Roughness in CNC End Milling, Int. J Precis Eng Manuf, 12, 383–391.
- Ramanakoto, M. F., Andrianantenaina, A. N., Ramanantoandro, T. ve Eyma, F., 2016. Visual and Visuo-Tactile Preferences of Malagasy Consumers for Machined Wood Surfaces For Furniture: Acceptability Thresholds for Surface Parameters, European Journal of Wood and Wood Products, 75, 5, 825-837.
- Ratnasingam, J., Ma, T. P. ve Perkins M. C., 1999. Productivity in Wood Machining Processes; A Question of Simple Economics, Holz Als Roh-und Werkstoff, 57, 51-56.
- Ratnasingam, J. ve Scholz, F., 2004. Optimizing the Abrasive Sanding Process of Rubberwood (*Hevea brasiliensis*), Holz als Roh-und Werkstoff, 62, 6, 411-418.
- Ratnasingam J. ve Scholz F., 2007. Characterizing Surface Defects in Machine-Planing of Rubberwood (*Hevea brasiliensis*), Holz als Roh-und Werkstoff, 65, 325-327.
- Rawangwong, S., Chatthong J., Rodjananugoon, J. ve Boonchouytan, W., 2011. A Study of Proper Conditions in Face Milling Palmyra Palm Wood By Computer Numerical Controlled Milling Machine, Silpakorn U Science and Tech J., 5, 2, 33-39.
- Sağiroğlu, Ş., Beşdok, E. ve Erler, M., 2003. Mühendislikte Yapay Zekâ Uygulamaları-1: Yapay Sinir Ağları, Ufuk Kitap Kırtasiye Yayıncılık Tic. ve Ltd. Şti., Kayseri.

- Sakarya, N. ve Göloğlu, C., 2006. Taguchi Yöntemi ile Cep İşlemede Kullanılan Takım Yolu Hareketlerinin ve Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkilerinin Belirlenmesi, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 21, 4, 603-611.
- Salca, E. A., 2015. Optimization of Wood Milling Schedule: A Case Study, ProLigno, 11, 4, 525-530.
- Sandkvist, F., 2013. Optimization of Paper Pulp Production Using Artificial Neural Networks And Simulated Annealing, Bachelor Thesis, Department of Theoretical Physics, Lund University, Sweden.
- SCM., 2016. Machines Catalog, Group Spa, via Casale 450-47826 Villa Verucchio, Rimini, Italy.
- Sedlecký, M. ve Gašparík, M., 2017. Power Consumption During Edge Milling of Medium-Density Fiberboard and Edge-Glued Panel, BioResources, 12, 4, 7413-7426.
- Sevim Korkut, D., 2005. Toplam Bakım Yönetimi ve Orman Ürünleri İşletmesinde Uygulanması, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Sieminsky, R. ve Skarzynska, A., 1989. Surface Roughness of Different Species of Wood After Sanding, Forest Products Journal, 23-25.
- Skalijic, N., Lucic, R. B., Cavlovic, A. ve Obucina, M., 2009. Effect of Feed Speed and Wood Species on Roughness of Machined Surface, Drvna Industrija, 60, 4, 229-234.
- Skapura, M. D., 1995. Building Neural Networks, Addison, Wesley.
- Smith, T. G., 2013. CNC Machining Technology: Volume 3: Part Programming Techniques. Springer Science and Business Media.
- Smith, T. G., 1996. An Experimental Investigation of the Power Requirements for High Speed CNC Router Spindles, Masters Thesis, Department of Wood and Paper Science, North Carolina State University, Raleigh.
- Sofuoğlu, S. D., 2008. Bazı Yerli Ağaç Türü Odunlarının İşlenme Özelliklerinin Yüzey Kalitesi Üzerine Etkileri, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, İstanbul.
- Sofuoğlu, S. D., 2012. Ağaç Malzemenin İşlenmesinde Yüzey Kalitesi, Orman Mühendisliği Dergisi, 12-15.
- Sofuoğlu, S. D. ve Kurtoğlu, A., 2014. Some Machining Properties of 4 Wood Species Grown In Turkey, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 38, 3, 420-427.

- Sofuoğlu, S. D., 2015a. Using Artificial Neural Networks to Model the Surface Roughness of Massive Wooden Edge-Glued Panels Made of Scotch Pine (*Pinus sylvestris* L.) in A Machining Process With Computer Numerical Control, BioResources, 10, 4, 6797-6808.
- Sofuoğlu, S. D., 2015b. Determination of Optimal Machining Parameters of Massive Wooden Edge-Glued Panels Made of European Larch (*Larix decidua* mill.) Using Taguchi Design Method, BioResources, 10, 4, 7772-7781.
- Sofuoğlu, S. D., 2016. Determination of Optimal Machining Parameters of Massive Wooden Edge Glued Panels Which is Made of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Using Taguchi Design Method, European Journal of Wood and Wood Products, 75, 1, 33-42.
- Souza, A. J., Jeremias, T. D., Gonzalez, A. R. ve Amorim, H. J., 2019. Assessment of Melamine-Coated MDF Surface Finish After Peripheral Milling Under Different Cutting Conditions, European Journal of Wood and Wood Products, 77, 4, 559-568.
- Söğütlü, C., 2005. Bazı Faktörlerin Zımparalanmış Ağaç Malzeme Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi, Politeknik Dergisi, 8, 4.
- Söğütlü, C., 2010. Rendeleme İşleminde Bazı Faktörlerin Toros Sediri Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi, Politeknik Dergisi, 13, 3, 177-181.
- Sözen, A., Arcaklioğlu, E., Özalp, M. ve Çağlar, N., 2005. Forecasting Based On Neural Network Approach of Solar Potential in Turkey, Renewable Energy, 30, 7, 1075-1090.
- Stewart, H. A., 1974. Comparison of Factors Affecting Power for Abrasive and Knife Planing of Hardwoods, Forest Product Journal, 24, 3, 31-34.
- Stewart, H. A., 1975. Knife Planing Across the Grain Can Be Applied To Hardwoods, Research Note NC-196. St. Paul, MN: US Dept. of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station, USA.
- Stewart, H.A., 1976. Abbrasive Planing Across the Grain With Higher Grit Numbers Can Reduce Finish, Forest Products Journal, 20, 4, 49-51.
- Stewart, H. A., 1980. Some Surfacing Defects and Problems Related to Wood Moisture Content, Wood and Fiber Science, 12, 3, 175-182.
- Stewart, H. A., Murmari L. ve River B. H., 1986. Surface and Subsurface Characteristics Related To Abrasive-Planing Conditions, Wood and Fiber Science, 18, 1, 107-117.
- Stumbo, D. A., 1963. Surface Texture Measurement Methods, Forest Product Journal, 13, 299-304.

- Su, W. C. ve Wang, Y., 2002. Effect of the Helix Angle of Router Bits on Chip Formation And Energy Consumption During Milling of Solid Wood, Journal of Wood Science, 48, 2, 126-131.
- Suh, S. H., Kang, S. K., Chungi D. H. ve Straud, I., 2008. Theory and Design of CNC Systems, Springer-Verlag London.
- Supadarattanawong, S. ve Rodkwan, S., 2006. An Investigation of the Optimal Cutting Conditions in Parawood (*Heavea brasiliensis*) Machining Process on A CNC Wood Router, Kasetsart Journal, 40, 311-319.
- Susnjara, K. J., 1998. Furniture Manufacturing in the New Millennium and the Furniture Fabrication Factory, Thermwood Corporation, Old Buffaloville Rd. Dale, Indiana.
- Sütçü, A. ve Karagöz, Ü., 2012. Effect of Machining Parameters on Surface Quality After Face Milling of MDF, Wood Research, 57, 2, 231-240.
- Sütçü, A., 2013. Investigation of Parameters Affecting Surface Roughness in CNC Routing Operation on Wooden EGP, BioResources, 8, 1, 795-805.
- Sütçü, A. ve Karagöz, Ü., 2013. The Influence of Process Parameters in the Surface Roughness in Aesthetic Machining of Wooden Edge-Glued Panels (EGPs), BioResources, 8, 4, 5435-5448.
- Szymani, R., 2004. Solid Wood Processing/Machining, Encyclopedia of Forest Sciences, Edited by Jeff Burley, Julian Evans and John Youngquist, Academic Press, Elsevier Ltd, London, 1308-1313.
- Taylor, J. B., Carrano, A. L. ve Lemaster, R. L., 1999. Quantification of Process Paramererers in a Wood Sanding Operation, Forest Products Journal, 49, 5, 41-46.
- Tiryaki, S., 2012. Bazı Ağaç Türü Odunlarının İşlenmesinde Güç Tüketiminin ve Yüzey Pürüzlülüğünün Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Tiryaki, S., Malkoçoğlu, A. ve Özşahin, Ş., 2014. Using Artificial Neural Networks For Modeling Surface Roughness of Wood in Machining Process, Construction and Building Materials, 66, 329-335.
- Tiryaki S., Malkoçoğlu A. ve Özşahin Ş., 2016. Artificial Neural Network Modeling to Predict Optimum Power Consumption in Wood Machining, Drewno, 59, 109-125.
- Tiryaki, S., Özşahin Ş. ve Aydın A., 2017. Employing Artificial Neural Networks for Minimizing Surface Roughness and Power Consumption in Abrasive Machining of Wood, European Journal of Wood and Wood Products, 75, 347-358.
- Toker, R., 1960. Batı Karadeniz Sarıçamının Teknik Vasıfları ve Kullanım Yerleri Hakkında Araştırmalar, Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Ankara.

- Tratar, J., Pusavec, F. ve Kopac, J., 2014. Tool Wear in Terms of Vibration Effects in Milling Medium-Density Fibreboard with An Industrial Robot, Journal of Mechanical Science and Technology, 28, 11, 4421-4429.
- Triboulot, P., Kremer, P., Martin, P. ve Leban J. M., 1991. Planing of Norway Spruce With Very Varied Ring Width, Holz Als Roh und Werkstoff, 49, 5, 181-184.
- TS 6956 EN ISO 4287., 2004. Geometrik Mamul Özellikleri (GMÖ), Yüzey Yapısı: Profil Metodu-Terimler, Tarifler ve Yüzey Yapısı Parametreleri, TSE, Ankara.
- TS 971., 1988. Yüzey Pürüzlülüğü-Parametreler ve Pürüzlülük Tespiti Kuralları, TSE, Ankara.
- Tschätsch H. ve Reichelt A., 2009. Cutting Force Measurement in Machining: Applied Machining Technology, Springer, Berlin.
- Tumanski, S., 2006. Principles of Electrical Measurement, CRC press, Taylor & Francis Group 6020 Broken Sound Parkway, New York.
- Turgut, S., 2010. CNC Takım Tezgâhları İçin Kullanılan Parça Programlarının Doğrulanması ve Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ulay, G., 2011. Yat Mobilyası Üreten Bir İşletmede Geleneksel Üretim Sistemi ile Bilgisayar Destekli Üretim Sisteminin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.
- Ulusoy, H., 2011. Bazı Ağaç Türü Odunlarının Anatomik Yapıları ve İşlenme Özelliklerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- UNIDO, 1989. Furniture and Joinery Industries for Developing Countries, United Nations, Industrial Development Organization, Vienna.
- URL-1., http://h3news1.kais.kyoto-u.ac.jp/projects/info/Rough-sk_ku/e-index.html, Evaluation of Surface Roughness of Machined Wood Surface Using Skewness and Kurtosis. Erişim Tarihi: 5 Şubat 2021.
- Vančo, M., Mazán, A., Barčík, Š., Rajko, L., Koleda, P., Vyhnáliková, Z. ve Safin, R. R., 2017. Impact of Selected Technological, Technical, and Material Factors on the Quality of Machined Surface at Face Milling of Thermally Modified Pine Wood, BioResources, 12, 3, 5140-5154.
- Vitosyte, J., Ukvalbergienė, K. ve Keturakis, G., 2015. Wood Surface Roughness: An Impact of Wood Species, Grain Direction and Grit Size, Materials Science, 21, 2, 255-259.
- Vlasov, G., D., Kulikov, A. A. ve Radionov S., V., 1968. Technology of Woodworking. Higher School Publishing House, Moscow.

- Vortex, 2016. Vortex Tool Catalogue, Inc 5605 E. Jelinek Avenue, Schofield WI 54476, USA.
- Weck, M., 1998. Why Don't Machine Tools Cut Faster, Manufacturing Engineering, Germany.
- Wengert, G., 1998. Rx for Wood Machining Defects: Wood processing, Department of Forestry, University of Wisconsin-Madison, Woodweb, Virginia.
- Woodson G. E ve Koch P., 1970. Tool Forces and Chip Formation In Orthogonal Cutting of Loblolly Pine, U.S.
- Yao, T. X. ve Boh, T. K., 2019. Energy Reduction By Optimizing Sharpness Angle and Feed Per Knife in Wood Planing Operation, International Journal of Agriculture, 8, 40-47.
- Youssef, H. A. ve El-Hofy, H., 2008, Machining Technology: Machine Tools and Operations, CRC Press.
- Zhang, G., Patuwo, B. E. ve Hu, M. Y., 1998. Forecasting with Artificial Neural Networks: the State of the Art, International Journal of Forecasting, 14, 35-62.

8. EKLER

Ek-1. Doğu Kayını ağaç türü odununda LDTK'ye ait optimal işleme koşulları ve kesiş izi uzunlukları

Tüm Veriler- Kesiş Derinliği Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	22000	3	8	12	5,451	7,217	0,068	Min.	10000	3	8	9	11,737	6,450	0,150
Opt.	14000	5	8	11	9,731	6,809	0,179	Opt.	19000	5,5	8	11	9,406	6,953	0,145
Maks.	10000	5,25	8	10	12,793	6,584	0,263	Maks.	22000	7	8	15	10,822	7,388	0,159
Min.	22000	3	9	12	5,657	7,339	0,068	Min.	10000	3	9	10	13,097	6,586	0,150
Opt.	15000	5,5	9	12	9,854	7,148	0,183	Opt.	19000	4,25	9	11	8,449	7,062	0,112
Maks.	10000	6	9	10	13,654	6,638	0,300	Maks.	22000	7	9	14	10,775	7,578	0,159
Min.	22000	3	10	13	5,774	7,689	0,068	Min.	10000	3	10	10	14,166	6,758	0,150
Opt.	16000	5,5	10	9	9,906	7,002	0,172	Opt.	19000	5	10	11	8,986	7,193	0,132
Maks.	10000	6,75	10	10	14,202	6,765	0,338	Maks.	22000	7	10	15	9,470	7,746	0,159
Min.	22000	3,25	11	12	5,983	7,415	0,074	Min.	10000	3	11	9	9,481	6,919	0,150
Opt.	17000	5,5	11	12	9,995	7,555	0,162	Opt.	15000	3,25	11	12	6,994	7,302	0,108
Maks.	10000	7	11	10	14,633	6,951	0,350	Maks.	22000	7	11	14	9,667	7,857	0,159
Min.	22000	3,25	12	12	6,102	7,379	0,074	Min.	10000	3	12	9	9,520	6,991	0,150
Opt.	18000	6	12	12	10,239	7,125	0,167	Opt.	16000	3,75	12	12	8,152	7,382	0,117
Maks.	10000	7	12	11	15,129	7,164	0,350	Maks.	22000	7	12	14	11,171	7,900	0,159
Tüm Veriler- Rutubet Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	22000	3	9	8	7,942	6,982	0,068	Min.	10000	3,75	8	8	9,683	6,375	0,188
Opt.	18000	5,75	9	8	9,412	7,079	0,160	Opt.	16000	3	9,5	8	8,298	6,942	0,094
Maks.	10000	7	11,5	8	12,221	6,760	0,350	Maks.	22000	7	12	8	10,094	7,118	0,159
Min.	22000	3	9	10	8,026	7,002	0,068	Min.	10000	3,25	8	10	11,424	6,477	0,163
Opt.	16000	5,5	10	10	10,334	7,036	0,172	Opt.	19000	6	9	10	10,225	6,962	0,158
Maks.	10000	7	12	10	15,042	7,078	0,350	Maks.	22000	7	12	10	11,326	7,184	0,159
Min.	22000	3	9	12	5,957	7,339	0,068	Min.	10000	3	8	12	9,346	6,949	0,150
Opt.	19000	6	11,5	12	9,165	7,552	0,158	Opt.	15000	5,5	10	12	9,619	7,329	0,183
Maks.	10000	6,25	12	12	13,543	7,421	0,313	Maks.	22000	7	11	12	8,767	7,633	0,159
Min.	21000	3	8	15	7,455	7,153	0,071	Min.	13000	3	8	15	7,861	7,032	0,115
Opt.	19000	5,75	10,5	15	10,438	7,607	0,151	Opt.	17000	6	10	15	10,645	7,361	0,176
Maks.	12000	6,75	12	15	13,155	7,567	0,281	Maks.	22000	7	12	15	11,133	7,870	0,159

Ek-1'in devamı

En Yüksek Kapasitede - Kesiş Derinliği Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	22000	7	8	12	8,662	7,284	0,159	Min.	10000	7	8	9	11,737	6,450	0,350
Opt.	17000	7	8	11	10,732	7,245	0,206	Opt.	16000	7	8	13	11,084	7,240	0,219
Maks.	10000	7	8	14	11,815	7,212	0,350	Maks.	22000	7	8	15	10,822	7,388	0,159
Min.	22000	7	9	12	8,079	7,460	0,159	Min.	10000	7	9	9	12,858	6,591	0,350
Opt.	19000	7	9	10	10,912	6,947	0,184	Opt.	19000	7	9	11	10,080	7,077	0,184
Maks.	11000	7	9	14	13,831	7,249	0,318	Maks.	22000	7	9	15	9,824	7,552	0,159
Min.	22000	7	10	12	8,060	7,597	0,159	Min.	10000	7	10	9	13,405	6,792	0,350
Opt.	17000	7	10	9	11,137	7,020	0,206	Opt.	18000	7	10	11	10,724	7,200	0,194
Maks.	10000	7	10	15	15,073	7,353	0,350	Maks.	22000	7	10	15	9,254	7,741	0,159
Min.	22000	7	11	12	8,767	7,633	0,159	Min.	10000	7	11	9	13,499	6,976	0,350
Opt.	18000	7	11	11	11,374	7,276	0,194	Opt.	15000	7	11	11	12,187	7,235	0,233
Maks.	10000	7	11	14	14,743	7,484	0,350	Maks.	22000	7	11	13	9,233	7,854	0,159
Min.	22000	7	12	13	9,650	7,891	0,159	Min.	10000	7	12	10	15,042	7,078	0,350
Opt.	15000	7	12	11	11,842	7,128	0,233	Opt.	13000	7	12	11	13,578	7,251	0,269
Maks.	10000	7	12	15	15,152	7,653	0,350	Maks.	22000	7	12	14	11,111	7,885	0,159
En Yüksek Kapasitede - Rutubet Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	22000	7	9,5	8	9,813	7,026	0,159	Min.	10000	7	8	8	11,605	6,498	0,350
Opt.	15000	7	10	8	10,793	6,985	0,233	Opt.	16000	7	9,5	8	10,675	6,934	0,219
Maks.	10000	7	11,5	8	12,430	7,090	0,350	Maks.	22000	7	12	8	10,094	7,118	0,159
Min.	22000	7	8,5	10	10,307	6,933	0,159	Min.	10000	7	8	10	11,549	6,493	0,350
Opt.	18000	7	9,5	10	11,211	7,006	0,194	Opt.	16000	7	9,5	10	11,695	6,960	0,219
Maks.	10000	7	12	10	15,042	7,078	0,350	Maks.	22000	7	12	10	11,326	7,184	0,159
Min.	22000	7	9,5	12	7,974	7,540	0,159	Min.	10000	7	8,5	12	10,937	7,032	0,350
Opt.	17000	7	12	12	11,003	7,563	0,206	Opt.	18000	7	8,5	12	9,535	7,228	0,194
Maks.	10000	7	12	12	13,464	7,444	0,350	Maks.	22000	7	11	12	8,767	7,633	0,159
Min.	19000	7	8	15	10,719	7,348	0,184	Min.	11000	7	8	15	11,151	7,116	0,318
Opt.	16000	7	10,5	15	11,297	7,620	0,219	Opt.	16000	7	9	15	10,907	7,227	0,219
Maks.	10000	7	12	15	13,152	7,653	0,350	Maks.	22000	7	12	15	11,133	7,870	0,159

Ek-2. Doğu Kayını ağaç türü odununda LPTK'ye ait optimal işleme koşulları ve kesiş izi uzunlukları

Tüm Veriler - Kesiş Derinliği Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	22000	3	8	10	7,369	7,199	0,068	Min.	10000	4,5	8	10	13,996	6,676	0,225
Opt.	17000	5,5	8	12	10,825	7,407	0,162	Opt.	14000	6,75	8	8	12,243	7,287	0,241
Maks.	10000	6,25	8	14	14,544	6,841	0,313	Maks.	22000	7	8	14	9,564	7,821	0,159
Min.	22000	3	9	10	7,427	7,441	0,068	Min.	10000	5,5	9	10	14,834	6,781	0,275
Opt.	21000	5,5	9	9	10,615	7,568	0,131	Opt.	19000	4,5	9	9	9,981	7,398	0,118
Maks.	10000	6,25	9	15	15,357	6,896	0,313	Maks.	22000	7	9	14	9,662	7,884	0,159
Min.	22000	3	10	11	7,550	7,616	0,068	Min.	10000	3	10	11	12,659	6,818	0,150
Opt.	15000	4,5	10	13	10,569	7,579	0,150	Opt.	18000	4,75	10	10	9,789	7,530	0,132
Maks.	10000	6,5	10	14	15,739	7,051	0,325	Maks.	22000	6,5	10	15	8,948	8,047	0,148
Min.	20000	3	11	11	7,802	7,767	0,075	Min.	10000	3	11	11	12,689	6,924	0,150
Opt.	19000	5,75	11	13	10,706	7,987	0,151	Opt.	16000	3	11	12	8,297	7,657	0,094
Maks.	11000	7	11	15	15,225	7,347	0,318	Maks.	22000	6,75	11	15	8,848	8,163	0,153
Min.	22000	3	12	11	7,893	7,630	0,068	Min.	10000	3,75	12	10	10,078	7,081	0,188
Opt.	19000	6,25	12	10	10,978	7,876	0,164	Opt.	19000	3,5	12	12	8,806	7,720	0,092
Maks.	11000	7	12	15	14,616	7,469	0,318	Maks.	22000	7	12	15	9,378	8,232	0,159
Tüm Veriler - Rutubet Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	15000	3	9,5	8	8,241	7,271	0,100	Min.	10000	4	8	8	11,835	6,942	0,200
Opt.	20000	5	8	8	10,778	7,377	0,125	Opt.	17000	3,5	10	8	9,142	7,348	0,103
Maks.	10000	6,5	11	8	13,197	7,216	0,325	Maks.	22000	7	12	8	11,344	7,642	0,159
Min.	22000	3	10	10	7,115	7,613	0,068	Min.	10000	4,5	8	10	13,996	6,676	0,225
Opt.	17000	5,5	10	10	11,113	7,497	0,162	Opt.	15000	3	11	10	10,241	7,332	0,100
Maks.	10000	5,75	12	10	14,859	6,788	0,288	Maks.	22000	7	12	10	9,489	8,152	0,159
Min.	22000	3	10	12	7,139	7,575	0,068	Min.	10000	3	8	12	10,925	7,056	0,150
Opt.	17000	5,25	8,5	12	10,086	7,500	0,154	Opt.	16000	3,5	11	12	8,342	7,673	0,109
Maks.	10000	7	12	12	13,980	7,783	0,350	Maks.	22000	6,5	12	12	9,698	8,187	0,148
Min.	22000	3	8,5	15	9,164	7,332	0,068	Min.	10000	4	8	15	11,815	7,348	0,200
Opt.	19000	6,5	9,5	15	11,135	7,613	0,171	Opt.	16000	4,75	9,5	15	11,206	7,625	0,148
Maks.	10000	7	12	15	12,713	7,947	0,350	Maks.	22000	7	12	15	12,636	8,103	0,159

Ek-2'nin devamı

En Yüksek Kapasitede - Kesik Derinliği Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	22000	7	8	11	9,354	7,810	0,159	Min.	11000	7	8	10	14,347	6,825	0,318
Opt.	18000	7	8	9	11,648	7,408	0,194	Opt.	17000	7	8	8	11,889	7,420	0,206
Maks.	10000	7	8	14	14,499	6,827	0,350	Maks.	22000	7	8	14	9,564	7,821	0,159
Min.	22000	7	9	11	9,514	7,861	0,159	Min.	10000	7	9	11	14,155	7,015	0,350
Opt.	17000	7	9	12	11,421	7,503	0,206	Opt.	19000	7	9	9	11,340	7,565	0,184
Maks.	10000	7	9	15	14,894	7,092	0,350	Maks.	22000	7	9	14	9,662	7,884	0,159
Min.	22000	7	10	12	9,404	8,019	0,159	Min.	10000	7	10	10	13,854	7,061	0,350
Opt.	19000	7	10	9	11,844	7,573	0,184	Opt.	18000	7	10	10	11,232	7,659	0,194
Maks.	10000	7	10	14	15,521	7,156	0,350	Maks.	22000	7	10	15	9,669	8,025	0,159
Min.	22000	7	11	11	9,464	8,161	0,159	Min.	10000	7	11	10	13,117	7,047	0,350
Opt.	16000	7	11	13	11,873	7,926	0,219	Opt.	18000	7	11	10	11,871	7,732	0,194
Maks.	11000	7	11	15	15,225	7,347	0,318	Maks.	22000	7	11	15	9,337	8,163	0,159
Min.	22000	7	12	11	9,378	8,232	0,159	Min.	10000	7	12	9	11,740	7,114	0,350
Opt.	18000	7	12	8	12,125	7,438	0,194	Opt.	17000	7	12	12	13,980	7,783	0,206
Maks.	12000	7	12	15	14,581	7,569	0,292	Maks.	21000	7	12	15	9,605	8,237	0,167
En Yüksek Kapasitede - Rutubet Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	22000	7	9	8	11,316	7,635	0,159	Min.	10000	7	8	8	12,942	7,089	0,350
Opt.	17000	7	11	8	12,172	7,494	0,206	Opt.	16000	7	8,5	8	11,880	7,437	0,219
Maks.	12000	7	12	8	13,050	7,271	0,292	Maks.	22000	7	9,5	8	11,344	7,642	0,159
Min.	22000	7	8	10	9,256	8,122	0,159	Min.	10000	7	8	10	14,499	6,827	0,350
Opt.	16000	7	9,5	10	12,291	7,466	0,219	Opt.	16000	7	10	10	12,893	7,465	0,219
Maks.	14000	7	11	10	14,815	7,255	0,250	Maks.	22000	7	12	10	9,489	8,152	0,159
Min.	22000	7	8,5	12	9,243	8,095	0,159	Min.	10000	7	8	12	12,813	7,269	0,350
Opt.	15000	7	10	12	10,986	7,996	0,233	Opt.	18000	7	9	12	10,979	7,863	0,194
Maks.	10000	7	12	12	13,980	7,783	0,350	Maks.	22000	7	12	12	9,974	8,184	0,159
Min.	19000	7	10	15	11,235	7,816	0,184	Min.	10000	7	8	15	11,815	7,348	0,350
Opt.	17000	7	11	15	11,791	7,968	0,206	Opt.	15000	7	10	15	11,368	7,719	0,233
Maks.	10000	7	12	15	12,713	7,947	0,350	Maks.	22000	7	12	15	12,636	8,103	0,159

Ek-3. Doğu Kayını ağaç türü odununda LDEK'ye ait optimal işleme koşulları ve kesiş izi uzunlukları

Tüm Veriler - Kesiş Derinliği Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	22000	3	8	11	4,697	7,265	0,068	Min.	11000	5,5	8	10	17,636	6,629	0,250
Opt.	17000	6,8	8	11	8,642	7,206	0,199	Opt.	18000	3,8	8	9	7,795	7,104	0,104
Maks.	11000	5,8	8	10	17,828	6,632	0,261	Maks.	22000	7	8	15	8,855	7,270	0,159
Min.	22000	3	9	11	4,679	7,265	0,068	Min.	11000	5,5	9	10	16,582	6,682	0,250
Opt.	18000	6,5	9	11	8,024	7,216	0,181	Opt.	17000	6,3	9	10	9,923	7,122	0,184
Maks.	13000	7	9	10	16,830	6,685	0,269	Maks.	22000	7	9	15	9,326	7,307	0,159
Min.	22000	3,3	10	11	4,682	7,265	0,074	Min.	11000	5	10	11	12,655	6,751	0,227
Opt.	17000	3	10	9	7,603	7,086	0,088	Opt.	17000	6	10	10	8,802	7,146	0,176
Maks.	12000	6,5	10	11	15,108	6,779	0,271	Maks.	21000	7	10	15	9,179	7,512	0,167
Min.	22000	5,3	11	10	4,732	7,262	0,119	Min.	12000	4	11	10	11,466	6,806	0,167
Opt.	16000	3,3	11	10	7,406	7,098	0,102	Opt.	18000	6	11	10	7,634	7,201	0,167
Maks.	13000	6,8	11	11	12,019	6,919	0,260	Maks.	21000	6,8	11	15	9,440	8,853	0,161
Min.	22000	5,8	12	10	5,337	7,228	0,131	Min.	12000	5,3	12	11	11,528	6,816	0,219
Opt.	19000	3,5	12	8	7,972	7,066	0,092	Opt.	19000	3,3	12	12	6,155	7,260	0,086
Maks.	12000	6,8	12	12	14,042	7,145	0,281	Maks.	22000	6,8	12	14	6,619	8,897	0,153
Tüm Veriler - Rutubet Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	22000	4	9,5	8	6,909	7,136	0,091	Min.	11000	5,5	8	8	12,429	6,747	0,250
Opt.	17000	3	8	8	9,537	6,958	0,088	Opt.	18000	5,3	11	8	10,434	6,951	0,146
Maks.	12000	6,3	11	8	14,865	6,797	0,260	Maks.	22000	7	11	8	9,295	7,149	0,159
Min.	22000	4,8	10	10	4,697	7,264	0,108	Min.	11000	5,5	8	10	17,636	6,629	0,250
Opt.	19000	6,8	11	10	8,836	7,200	0,178	Opt.	15000	4,3	9	10	8,482	7,040	0,142
Maks.	11000	5,8	11	10	17,828	6,632	0,261	Maks.	22000	6,8	9,5	10	4,700	7,264	0,153
Min.	21000	3	9,5	12	4,685	7,265	0,071	Min.	11000	5,8	12	12	13,021	6,870	0,261
Opt.	17000	5,5	8	12	6,249	7,242	0,162	Opt.	16000	6,3	10	12	7,163	7,229	0,195
Maks.	12000	6,8	12	12	14,042	7,145	0,281	Maks.	22000	7	12	12	6,399	7,637	0,159
Min.	18000	3	8,5	15	6,339	7,589	0,088	Min.	10000	5,8	9,5	15	9,044	7,202	0,288
Opt.	14000	6,3	11	15	9,494	7,356	0,223	Opt.	13000	5,8	11	15	8,890	7,359	0,221
Maks.	11000	7	12	15	9,890	8,344	0,318	Maks.	21000	7	11	15	9,345	9,074	0,167

Ek-3'ün devamı

En Yüksek Kapasitede- Kesiş Derinliği Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	21000	7	8	12	6,134	7,220	0,167	Min.	13000	7	8	9	17,319	6,656	0,269
Opt.	18000	7	8	11	9,554	7,166	0,194	Opt.	14000	7	8	11	11,009	7,072	0,250
Maks.	12000	7	8	14	17,538	6,658	0,292	Maks.	22000	7	8	14	6,146	7,243	0,159
Min.	22000	7	9	12	7,211	7,228	0,159	Min.	12000	7	9	10	16,727	6,646	0,292
Opt.	18000	7	9	10	9,433	7,172	0,194	Opt.	17000	7	9	12	10,945	7,073	0,206
Maks.	13000	7	9	14	16,830	6,685	0,269	Maks.	22000	7	9	15	9,326	7,307	0,159
Min.	22000	7	10	11	7,417	7,240	0,159	Min.	13000	7	10	10	13,123	6,813	0,269
Opt.	19000	7	10	11	10,443	6,932	0,184	Opt.	17000	7	10	11	10,472	7,092	0,206
Maks.	12000	7	10	15	14,775	6,813	0,292	Maks.	22000	7	10	15	9,383	7,515	0,159
Min.	22000	7	11	11	7,538	7,245	0,159	Min.	12000	7	11	8	11,070	6,890	0,292
Opt.	18000	7	11	10	9,283	7,176	0,194	Opt.	17000	7	11	12	8,876	7,269	0,206
Maks.	13000	7	11	14	12,016	6,931	0,269	Maks.	21000	7	11	15	9,510	8,851	0,167
Min.	22000	7	12	12	7,499	7,637	0,159	Min.	12000	7	12	8	11,081	6,890	0,292
Opt.	16000	7	12	12	9,642	7,400	0,219	Opt.	14000	7	12	13	10,070	8,056	0,250
Maks.	12000	7	12	14	13,960	7,642	0,292	Maks.	22000	7	12	14	6,477	9,646	0,159
En Yüksek Kapasitede - Rutubet Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	21000	7	8,5	8	8,620	7,119	0,167	Min.	13000	7	8	8	14,403	6,757	0,269
Opt.	16000	7	9,5	8	11,063	6,890	0,219	Opt.	18000	7	9	8	10,661	6,908	0,194
Maks.	12000	7	12	8	14,450	6,766	0,292	Maks.	22000	7	11	8	9,295	7,149	0,159
Min.	22000	7	11	10	7,767	7,219	0,159	Min.	12000	7	8	10	17,538	6,628	0,292
Opt.	17000	7	9,5	10	11,146	7,065	0,206	Opt.	17000	7	11	10	11,539	7,001	0,206
Maks.	11000	7	12	10	17,636	6,629	0,318	Maks.	22000	7	12	10	7,846	7,229	0,159
Min.	22000	7	9	12	4,947	7,319	0,159	Min.	10000	7	8	12	10,978	7,082	0,350
Opt.	16000	7	9,5	12	8,481	7,209	0,219	Opt.	17000	7	11	12	8,848	7,238	0,206
Maks.	13000	7	12	12	12,880	7,589	0,269	Maks.	21000	7	12	12	9,115	7,765	0,167
Min.	22000	7	8,5	15	8,753	7,525	0,159	Min.	11000	7	9	15	8,945	7,203	0,318
Opt.	15000	7	9,5	15	9,057	7,216	0,233	Opt.	19000	7	11	15	9,394	7,411	0,184
Maks.	13000	7	12	15	9,804	7,681	0,269	Maks.	21000	7	12	15	9,608	8,784	0,167

Ek-4. Doğu Kayını ağaç türü odununda LPRK'ye ait optimal işleme koşulları ve kesiş izi uzunlukları

Tüm Veriler- Kesiş Derinliği Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	20000	4	8	11	2,926	7,271	0,100	Min.	10000	4	8	9	6,232	6,858	0,200
Opt.	14000	5,5	8	13	4,534	7,353	0,196	Opt.	13000	5	8	10	5,120	7,326	0,192
Maks.	10000	7	8	10	7,719	7,183	0,350	Maks.	19000	7	8	14	4,140	7,780	0,184
Min.	18000	3	9	12	2,836	7,356	0,083	Min.	10000	3,75	9	9	6,265	6,967	0,188
Opt.	17000	4,75	9	10	4,685	7,464	0,140	Opt.	15000	4,5	9	10	5,077	7,451	0,150
Maks.	10000	7	9	10	8,058	7,378	0,350	Maks.	20000	7	9	14	3,977	7,961	0,175
Min.	19000	3	10	12	3,174	7,567	0,079	Min.	10000	4	10	8	6,295	7,058	0,200
Opt.	16000	4,5	10	9	4,769	7,447	0,141	Opt.	14000	4,75	10	10	4,583	7,586	0,170
Maks.	10000	7	10	10	8,192	7,501	0,350	Maks.	20000	7	10	14	4,400	8,123	0,175
Min.	19000	3	11	13	3,402	7,813	0,079	Min.	10000	4,25	11	8	6,564	7,110	0,213
Opt.	14000	5	11	10	4,862	7,604	0,179	Opt.	14000	3,5	11	12	4,207	7,697	0,125
Maks.	11000	7	11	10	8,224	7,588	0,318	Maks.	20000	7	11	14	4,787	8,213	0,175
Min.	17000	3	12	8	3,557	7,310	0,088	Min.	10000	4,25	12	8	6,573	7,140	0,213
Opt.	14000	4	12	11	4,920	7,745	0,143	Opt.	16000	5,5	12	10	5,207	7,765	0,172
Maks.	10000	6,5	12	11	8,351	7,664	0,325	Maks.	21000	7	12	15	4,509	8,275	0,167
Tüm Veriler - Rutubet Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	18000	3	8	8	3,288	7,047	0,083	Min.	10000	4,25	8	8	6,227	6,873	0,213
Opt.	17000	6	8,5	8	4,750	7,419	0,176	Opt.	17000	3,75	10,5	8	3,802	7,328	0,110
Maks.	13000	7	10,5	8	7,043	7,300	0,269	Maks.	22000	7	10,5	8	5,679	7,638	0,159
Min.	22000	5,25	8	10	3,257	7,468	0,119	Min.	10000	3,75	8	10	5,962	6,877	0,188
Opt.	16000	4,75	9,5	10	5,104	7,543	0,148	Opt.	13000	4,5	10	10	4,321	7,513	0,173
Maks.	11000	7	11	10	8,224	7,588	0,318	Maks.	16000	7	12	10	4,390	7,900	0,219
Min.	18000	3	9	12	2,836	7,356	0,083	Min.	10000	4	8	12	5,428	7,007	0,200
Opt.	15000	4,75	9,5	12	4,349	7,930	0,158	Opt.	14000	5,25	10	12	4,557	7,673	0,188
Maks.	10000	4,75	12	12	7,602	7,625	0,238	Maks.	20000	7	12	12	4,474	8,214	0,175
Min.	17000	4	8	15	3,581	7,471	0,118	Min.	10000	3,5	9,5	15	5,361	7,295	0,175
Opt.	15000	6,75	8	15	4,920	7,362	0,225	Opt.	16000	3,25	10,5	15	4,496	7,636	0,102
Maks.	13000	7	10	15	6,473	7,674	0,269	Maks.	21000	7	12	15	5,487	8,183	0,167

Ek-4'ün devamı

En Yüksek Kapasitede- Kesiş Derinliği Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	22000	7	8	11	3,478	7,735	0,159	Min.	10000	4	8	9	6,232	6,858	0,200
Opt.	16000	7	8	12	5,089	7,550	0,219	Opt.	14000	7	8	10	4,755	7,463	0,250
Maks.	10000	7	8	14	7,719	7,183	0,350	Maks.	19000	7	8	14	4,140	7,780	0,184
Min.	22000	7	9	11	3,702	7,838	0,159	Min.	10000	7	9	8	6,415	7,209	0,350
Opt.	18000	7	9	13	5,239	7,854	0,194	Opt.	14000	7	9	10	5,190	7,621	0,250
Maks.	10000	7	9	14	8,058	7,378	0,350	Maks.	20000	7	9	14	3,977	7,961	0,175
Min.	22000	7	10	11	3,877	8,029	0,159	Min.	10000	7	10	8	6,320	7,267	0,350
Opt.	17000	7	10	12	5,382	7,604	0,206	Opt.	17000	7	10	9	5,037	7,753	0,206
Maks.	10000	7	10	14	8,192	7,501	0,350	Maks.	20000	7	10	15	4,400	8,123	0,175
Min.	22000	7	11	10	3,986	8,055	0,159	Min.	12000	7	11	8	6,952	7,288	0,292
Opt.	19000	7	11	12	5,401	7,739	0,184	Opt.	15000	7	11	13	5,949	7,837	0,233
Maks.	11000	7	11	14	8,224	7,588	0,318	Maks.	20000	7	11	15	4,787	8,213	0,175
Min.	22000	7	12	9	4,053	8,050	0,159	Min.	12000	7	12	8	6,885	7,285	0,292
Opt.	14000	7	12	11	5,420	7,978	0,250	Opt.	15000	7	12	10	4,788	7,867	0,233
Maks.	10000	7	12	13	8,277	7,690	0,350	Maks.	21000	7	12	15	4,509	8,275	0,167
En Yüksek Kapasitede - Rutubet Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	19000	7	9	8	4,110	7,535	0,184	Min.	10000	7	8	8	6,487	7,107	0,350
Opt.	21000	7	9,5	8	5,621	7,612	0,167	Opt.	15000	7	9,5	8	4,278	7,435	0,233
Maks.	13000	7	10,5	8	7,043	7,300	0,269	Maks.	22000	7	11	8	5,679	7,638	0,159
Min.	22000	7	8	10	3,478	7,735	0,159	Min.	10000	7	8,5	10	7,719	7,183	0,350
Opt.	19000	7	9	10	4,390	7,900	0,184	Opt.	15000	7	10	10	4,097	7,708	0,233
Maks.	11000	7	11,5	10	8,224	7,588	0,318	Maks.	21000	7	12	10	4,596	7,908	0,167
Min.	22000	7	9,5	12	4,061	8,128	0,159	Min.	10000	7	8	12	5,335	7,245	0,350
Opt.	14000	7	10	12	4,883	7,802	0,250	Opt.	17000	7	8,5	12	4,729	7,840	0,206
Maks.	10000	7	12	12	6,961	7,747	0,350	Maks.	20000	7	12	12	4,474	8,214	0,175
Min.	20000	7	8	15	4,016	7,488	0,175	Min.	11000	7	8	15	4,862	7,334	0,318
Opt.	15000	7	9,5	15	5,545	7,462	0,233	Opt.	16000	7	10	15	6,375	7,747	0,219
Maks.	12000	7	11,5	15	6,473	7,674	0,292	Maks.	21000	7	12	15	5,487	8,183	0,167

Ek-5. Anadolu Kestanesi ağaç türü odununda LDTK'ye ait optimal işleme koşulları ve kesiş izi uzunlukları

Tüm Veriler- Kesiş Derinliği Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	21000	3	8	9	7,049	7,865	0,071	Min.	11000	3,5	8	11	12,150	6,854	0,159
Opt.	15000	5,25	8	12	10,642	7,029	0,175	Opt.	17000	5,75	8	9	10,614	7,243	0,169
Maks.	10000	7	8	14	15,153	7,108	0,213	Maks.	21000	7	8	13	12,294	8,540	0,167
Min.	20000	3,25	9	8	6,876	7,113	0,081	Min.	12000	3	9	9	9,695	6,868	0,125
Opt.	17000	4,5	9	11	11,245	7,755	0,132	Opt.	17000	5,5	9	11	12,360	7,246	0,162
Maks.	10000	7	9	15	17,630	7,222	0,350	Maks.	20000	6,75	9	14	12,814	8,563	0,169
Min.	22000	3	10	12	7,861	7,190	0,068	Min.	11000	3,5	10	8	10,673	6,854	0,159
Opt.	18000	5,25	10	11	11,701	7,868	0,146	Opt.	16000	5,25	10	12	10,215	7,250	0,164
Maks.	10000	7	10	15	18,950	7,083	0,350	Maks.	22000	7	10	15	13,099	8,527	0,159
Min.	22000	3	11	12	8,117	7,245	0,068	Min.	15000	4,25	11	8	10,848	6,896	0,142
Opt.	18000	3,5	11	11	11,863	7,967	0,097	Opt.	19000	3,75	11	12	9,605	7,269	0,099
Maks.	10000	7	11	15	18,385	7,294	0,350	Maks.	22000	7	11	14	13,098	8,548	0,159
Min.	22000	3	12	12	8,220	7,305	0,068	Min.	16000	3,75	12	8	10,833	6,901	0,117
Opt.	19000	4,5	12	9	12,103	7,234	0,118	Opt.	19000	5	12	9	11,565	7,282	0,132
Maks.	10000	7	12	14	19,669	7,267	0,350	Maks.	22000	7	12	14	13,507	8,561	0,159
Tüm Veriler- Rutubet Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	21000	3	8,5	8	6,673	7,128	0,071	Min.	11000	3	8,5	8	10,842	6,848	0,136
Opt.	19000	4,5	10,5	8	10,687	7,053	0,118	Opt.	17000	5,5	9,5	8	9,528	7,102	0,162
Maks.	10000	7	11	8	15,540	7,056	0,350	Maks.	22000	6,75	11,5	8	9,188	7,457	0,153
Min.	20000	4	8	10	8,431	7,205	0,100	Min.	11000	3,25	8,5	10	14,140	6,921	0,148
Opt.	16000	5,5	9,5	10	13,195	7,080	0,172	Opt.	16000	4,25	8,5	10	10,547	7,660	0,133
Maks.	10000	7	12	10	19,669	7,267	0,350	Maks.	20000	5,75	11	10	12,447	8,564	0,144
Min.	22000	3	8	12	7,397	7,107	0,068	Min.	11000	3,5	8	12	9,931	6,859	0,159
Opt.	18000	5,5	10,5	12	10,255	7,332	0,153	Opt.	16000	4	10	12	9,905	7,199	0,125
Maks.	10000	7	12	12	14,030	7,372	0,350	Maks.	22000	7	12	12	11,147	7,457	0,159
Min.	22000	3	8	15	9,944	7,008	0,068	Min.	12000	3	8	15	11,176	6,949	0,125
Opt.	16000	6,75	9	15	12,562	7,195	0,211	Opt.	19000	4,25	10	15	11,794	7,152	0,112
Maks.	10000	7	12	15	15,223	7,297	0,350	Maks.	22000	7	12	15	13,792	7,390	0,159

Ek-5'in devamı

En Yüksek Kapasitede- Kesiş Derinliği Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	22000	7	8	11	8,865	7,381	0,159	Min.	10000	7	8	8	12,291	7,062	0,350
Opt.	16000	7	8	12	11,473	7,473	0,219	Opt.	19000	7	8	10	9,928	7,327	0,184
Maks.	10000	7	8	15	15,088	7,140	0,350	Maks.	20000	7	8	14	12,496	8,523	0,175
Min.	22000	7	9	11	9,531	7,336	0,159	Min.	13000	7	9	9	13,736	6,980	0,269
Opt.	19000	7	9	12	12,147	7,513	0,184	Opt.	19000	7	9	11	10,366	7,316	0,184
Maks.	10000	7	9	14	17,604	7,075	0,350	Maks.	20000	7	9	15	12,675	8,549	0,175
Min.	22000	7	10	10	9,833	7,363	0,159	Min.	11000	7	10	8	13,326	7,019	0,318
Opt.	16000	7	10	13	12,397	7,616	0,219	Opt.	17000	7	10	11	10,680	7,333	0,206
Maks.	10000	7	10	14	18,950	7,083	0,350	Maks.	22000	7	10	14	12,713	8,500	0,159
Min.	22000	7	11	8	8,940	7,442	0,159	Min.	11000	7	11	8	14,519	7,050	0,318
Opt.	19000	7	11	11	12,603	7,936	0,184	Opt.	16000	7	11	12	11,061	7,327	0,219
Maks.	10000	7	11	15	18,385	7,214	0,350	Maks.	22000	7	11	15	13,098	8,528	0,159
Min.	22000	7	12	8	9,142	7,390	0,159	Min.	12000	7	12	10	14,654	7,076	0,292
Opt.	16000	7	12	13	13,212	7,507	0,219	Opt.	18000	7	12	11	11,440	7,365	0,194
Maks.	11000	7	12	15	19,669	7,267	0,318	Maks.	22000	7	12	15	13,507	8,539	0,159
En Yüksek Kapasitede- Rutubet Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	22000	7	9,5	8	8,940	7,442	0,159	Min.	12000	7	9	8	14,149	6,959	0,292
Opt.	17000	7	10,5	8	11,878	7,133	0,206	Opt.	19000	7	10	8	12,184	7,193	0,184
Maks.	10000	7	11,5	8	15,540	7,056	0,350	Maks.	22000	7	11	8	9,331	7,455	0,159
Min.	18000	7	8	10	10,584	7,118	0,194	Min.	12000	7	9	10	13,736	6,980	0,292
Opt.	17000	7	9,5	10	14,137	7,202	0,206	Opt.	18000	7	10,5	10	14,091	7,519	0,194
Maks.	10000	7	12	10	19,669	7,267	0,350	Maks.	20000	7	11	10	12,675	8,549	0,175
Min.	22000	7	8	12	8,865	7,381	0,159	Min.	12000	7	8	12	10,914	7,093	0,292
Opt.	18000	7	11,5	12	11,061	7,424	0,194	Opt.	17000	7	9	12	10,440	7,296	0,206
Maks.	10000	7	12	12	14,030	7,372	0,350	Maks.	20000	7	12	12	11,147	7,457	0,175
Min.	22000	7	8	15	12,116	7,316	0,159	Min.	13000	7	8	15	12,923	7,171	0,250
Opt.	16000	7	10,5	15	13,404	7,230	0,219	Opt.	18000	7	10	15	12,763	7,268	0,194
Maks.	10000	7	12	15	15,223	7,297	0,350	Maks.	22000	7	12	15	13,792	7,390	0,159

Ek-6. Anadolu Kestanesi ağaç türü odununda LPTK'ye ait optimal işleme koşulları ve kesiş izi uzunlukları

Tüm Veriler- Kesiş Derinliği Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	22000	4	8	8	7,071	7,054	0,100	Min.	10000	3,25	8	9	13,986	6,862	0,163
Opt.	18000	5	8	9	12,167	7,314	0,139	Opt.	17000	5	8	8	11,963	7,255	0,147
Maks.	11000	7	8	15	20,249	7,041	0,318	Maks.	22000	6,75	8	14	14,412	7,656	0,153
Min.	21000	3,5	9	8	7,359	7,070	0,083	Min.	10000	3,5	9	9	11,286	6,926	0,175
Opt.	17000	5,5	9	12	12,232	7,447	0,162	Opt.	17000	5	9	10	10,401	7,314	0,147
Maks.	11000	7	9	14	18,714	7,098	0,318	Maks.	22000	6,75	9	15	14,086	7,739	0,153
Min.	21000	3	10	8	7,665	7,097	0,071	Min.	10000	4,25	10	9	10,531	7,032	0,213
Opt.	17000	3,75	10	11	12,321	7,329	0,110	Opt.	19000	5	10	12	11,503	7,383	0,132
Maks.	11000	6,75	10	15	17,275	7,745	0,307	Maks.	22000	6,5	10	14	13,422	7,798	0,148
Min.	19000	3	11	8	8,368	7,144	0,079	Min.	10000	3,5	11	8	8,502	7,143	0,175
Opt.	16000	5,25	11	12	12,465	7,646	0,164	Opt.	17000	5,25	11	12	12,715	7,453	0,154
Maks.	12000	6,25	11	14	18,081	7,756	0,260	Maks.	22000	6,75	11	15	14,002	7,838	0,153
Min.	21000	3	12	8	9,623	7,211	0,071	Min.	12000	3	12	9	13,254	7,152	0,125
Opt.	16000	4,75	12	12	12,531	7,783	0,148	Opt.	16000	3,75	12	12	11,863	7,516	0,117
Maks.	10000	6,75	12	15	18,747	7,762	0,338	Maks.	22000	6,75	12	14	13,016	7,855	0,153
Tüm Veriler- Rutubet Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	20000	4	8	8	7,071	7,054	0,200	Min.	10000	3,75	9,5	8	9,377	7,024	0,188
Opt.	18000	5	8,5	8	11,500	7,410	0,132	Opt.	17000	4,75	10,5	8	9,069	7,356	0,140
Maks.	11000	6,5	12	8	18,747	7,762	0,148	Maks.	21000	6,75	12	8	17,129	7,772	0,161
Min.	19000	3	8	10	8,031	7,100	0,100	Min.	10000	3,25	8	10	11,986	6,862	0,163
Opt.	18000	5,25	10,5	10	12,070	7,526	0,146	Opt.	17000	5,75	8	10	13,401	7,368	0,169
Maks.	11000	6,25	12	10	20,249	7,041	0,284	Maks.	21000	7	12	10	14,288	7,849	0,167
Min.	18000	3	8	12	9,536	7,023	0,115	Min.	11000	3	8	12	9,751	7,004	0,136
Opt.	16000	5,75	8,5	12	12,403	7,398	0,180	Opt.	17000	5	9,5	12	12,028	7,428	0,147
Maks.	10000	6,25	11,5	12	17,422	7,152	0,313	Maks.	22000	6,25	11,5	12	12,457	7,821	0,142
Min.	22000	3	8	15	11,327	7,248	0,068	Min.	14000	3	8	15	12,884	7,107	0,107
Opt.	17000	5,5	8,5	15	13,307	7,377	0,191	Opt.	19000	5,25	9,5	15	12,740	7,325	0,138
Maks.	11000	7	12	15	16,597	7,360	0,318	Maks.	21000	7	12	15	14,323	7,575	0,167

Ek-6'nın devamı

En Yüksek Kapasitede- Kesiş Derinliği Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	20000	7	8	11	12,270	7,531	0,175	Min.	10000	7	8	9	16,723	7,036	0,350
Opt.	17000	7	8	9	14,762	7,417	0,206	Opt.	16000	7	8	9	15,407	7,384	0,219
Maks.	12000	7	8	15	19,255	7,105	0,292	Maks.	22000	7	8	14	14,460	7,613	0,159
Min.	19000	7	9	9	12,258	7,532	0,184	Min.	10000	7	9	9	16,099	7,070	0,350
Opt.	16000	7	9	9	14,213	7,448	0,219	Opt.	15000	7	9	10	12,901	7,467	0,233
Maks.	12000	7	9	14	17,942	7,167	0,292	Maks.	22000	7	9	15	14,493	7,658	0,159
Min.	19000	7	10	8	12,318	7,551	0,184	Min.	10000	7	10	8	15,168	7,132	0,350
Opt.	15000	7	10	9	13,863	7,476	0,233	Opt.	16000	7	10	10	12,390	7,535	0,219
Maks.	10000	7	10	15	16,592	7,449	0,350	Maks.	22000	7	10	13	14,607	7,706	0,159
Min.	19000	7	11	9	12,532	7,576	0,184	Min.	10000	7	11	8	14,123	7,320	0,350
Opt.	15000	7	11	12	13,563	7,686	0,233	Opt.	17000	7	11	10	12,607	7,612	0,206
Maks.	11000	7	11	14	16,978	7,681	0,318	Maks.	20000	7	11	13	13,895	7,748	0,175
Min.	19000	7	12	9	12,501	7,774	0,184	Min.	10000	7	12	8	15,141	7,511	0,350
Opt.	14000	7	12	11	14,272	7,791	0,250	Opt.	17000	7	12	10	12,794	7,691	0,206
Maks.	10000	7	12	14	17,583	7,693	0,350	Maks.	20000	7	12	12	14,090	7,814	0,175
En Yüksek Kapasitede- Rutubet Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	18000	7	8,5	8	12,642	7,570	0,219	Min.	10000	7	8	8	14,115	7,064	0,350
Opt.	15000	7	9,5	8	14,543	7,438	0,233	Opt.	16000	7	9,5	8	13,880	7,477	0,219
Maks.	12000	7	12	8	17,583	7,693	0,292	Maks.	22000	7	10,5	8	16,196	7,785	0,159
Min.	19000	7	9	10	12,277	7,546	0,184	Min.	10000	7	8	10	16,723	7,036	0,350
Opt.	16000	7	8,5	10	14,370	7,431	0,219	Opt.	15000	7	10	10	12,642	7,515	0,233
Maks.	12000	7	12	10	19,255	7,105	0,292	Maks.	21000	7	12	10	14,969	7,744	0,167
Min.	20000	7	8	12	12,010	7,531	0,175	Min.	10000	7	8	12	16,121	7,183	0,350
Opt.	15000	7	9	12	13,470	7,496	0,233	Opt.	16000	7	10	12	13,087	7,578	0,219
Maks.	10000	7	11,5	12	16,636	7,507	0,350	Maks.	20000	7	12	12	14,090	7,814	0,175
Min.	20000	7	8,5	15	13,181	7,537	0,175	Min.	14000	7	8	15	15,061	7,317	0,250
Opt.	15000	7	9,5	15	14,502	7,333	0,233	Opt.	17000	7	10	15	13,635	7,485	0,206
Maks.	11000	7	11,5	15	16,597	7,360	0,318	Maks.	22000	7	12	15	14,323	7,575	0,159

Ek-7. Anadolu Kestanesi ağaç türü odununda LDEK'ye ait optimal işleme koşulları ve kesiş izi uzunlukları

Tüm Veriler- Kesiş Derinliği Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	22000	3	8	8	5,625	7,187	0,068	Min.	10000	3	8	11	9,211	6,899	0,150
Opt.	19000	5,5	8	10	9,421	7,281	0,145	Opt.	18000	4,75	8	10	6,556	7,176	0,132
Maks.	10000	7	8	15	16,768	7,150	0,350	Maks.	22000	7	8	14	9,671	7,363	0,159
Min.	22000	3	9	8	5,593	7,180	0,068	Min.	10000	3	9	10	9,389	6,887	0,150
Opt.	17000	5,25	9	12	9,425	7,252	0,154	Opt.	18000	5,5	9	10	6,597	7,256	0,153
Maks.	10000	7	9	14	17,252	7,154	0,350	Maks.	22000	7	9	14	9,713	7,361	0,159
Min.	22000	3	10	8	5,590	7,175	0,068	Min.	10000	3	10	9	9,622	6,879	0,150
Opt.	19000	5,5	10	12	9,536	7,289	0,145	Opt.	19000	4,75	10	9	6,337	7,156	0,125
Maks.	10000	7	10	14	17,723	7,159	0,350	Maks.	22000	7	10	13	9,889	7,370	0,159
Min.	22000	3	11	8	5,664	7,175	0,068	Min.	10000	3	11	9	10,084	6,892	0,150
Opt.	17000	6,25	11	8	9,983	7,125	0,184	Opt.	18000	5,5	11	10	6,919	7,170	0,153
Maks.	10000	7	11	14	18,284	7,165	0,350	Maks.	22000	7	11	14	10,323	7,418	0,159
Min.	22000	3	12	8	6,059	7,203	0,068	Min.	10000	3	12	10	9,761	6,941	0,150
Opt.	17000	5,75	12	9	10,435	7,189	0,169	Opt.	18000	5,25	12	10	8,143	7,256	0,146
Maks.	10000	7	12	13	19,455	7,187	0,350	Maks.	22000	7	12	14	10,763	7,481	0,159
Tüm Veriler- Rutubet Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	22000	3	9,5	8	5,587	7,177	0,068	Min.	12000	3	9	8	8,252	6,964	0,125
Opt.	19000	5,25	8,5	8	9,243	7,193	0,138	Opt.	18000	5	10,5	8	8,673	7,107	0,139
Maks.	10000	7	12	8	19,455	7,187	0,350	Maks.	22000	6,75	12	8	10,696	7,327	0,153
Min.	22000	3	8	10	6,225	7,195	0,068	Min.	10000	3	8,5	10	8,907	6,893	0,150
Opt.	18000	5,25	9	10	9,162	7,229	0,146	Opt.	18000	3,25	8,5	10	6,571	7,151	0,090
Maks.	10000	7	12	10	17,039	7,211	0,350	Maks.	22000	6,75	12	10	10,828	7,422	0,153
Min.	22000	3,25	8	12	7,504	7,193	0,074	Min.	10000	3	9,5	12	10,600	6,908	0,150
Opt.	19000	6	10,5	12	9,989	7,327	0,158	Opt.	17000	4,5	10	12	8,624	7,208	0,132
Maks.	10000	7	12	12	17,270	7,369	0,350	Maks.	22000	7	12	12	10,877	7,474	0,159
Min.	22000	3	8	15	7,655	7,185	0,068	Min.	10000	3	9,5	15	9,899	7,001	0,150
Opt.	18000	6,75	9	15	10,030	7,255	0,188	Opt.	19000	3,75	11,5	15	9,063	7,153	0,099
Maks.	10000	7	12	15	15,380	7,270	0,350	Maks.	22000	7	12	15	10,399	7,450	0,159

Ek-7'nin devamı

En Yüksek Kapasitede- Kesiş Derinliği Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	22000	7	8	8	9,662	7,358	0,159	Min.	13000	7	8	8	11,139	7,098	0,269
Opt.	17000	7	8	11	10,728	7,261	0,206	Opt.	19000	7	8	8	10,596	7,219	0,184
Maks.	10000	7	8	15	16,768	7,150	0,350	Maks.	22000	7	8	14	9,671	7,363	0,159
Min.	22000	7	9	9	9,713	7,361	0,159	Min.	14000	7	9	8	10,490	7,096	0,250
Opt.	17000	7	9	11	10,792	7,253	0,206	Opt.	18000	7	9	9	10,648	7,213	0,194
Maks.	10000	7	9	15	17,252	7,154	0,350	Maks.	22000	7	9	14	9,756	7,377	0,159
Min.	22000	7	10	10	9,848	7,369	0,159	Min.	13000	7	10	8	10,651	7,095	0,269
Opt.	16000	7	10	12	11,132	7,280	0,219	Opt.	17000	7	10	10	10,812	7,212	0,206
Maks.	10000	7	10	15	17,723	7,159	0,350	Maks.	22000	7	10	13	9,889	7,370	0,159
Min.	22000	7	11	8	10,163	7,116	0,159	Min.	14000	7	11	8	10,927	7,098	0,250
Opt.	17000	7	11	12	11,463	7,321	0,206	Opt.	18000	7	11	10	11,018	7,257	0,194
Maks.	10000	7	11	15	18,284	7,165	0,350	Maks.	22000	7	11	15	10,323	7,418	0,159
Min.	22000	7	12	8	10,399	7,450	0,159	Min.	13000	7	12	8	11,704	7,122	0,269
Opt.	17000	7	12	11	12,435	7,363	0,206	Opt.	18000	7	12	10	11,972	7,330	0,194
Maks.	10000	7	12	14	19,455	7,187	0,350	Maks.	22000	7	12	14	10,763	7,481	0,159
En Yüksek Kapasitede- Rutubet Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	22000	7	8	8	10,144	7,312	0,159	Min.	13000	7	8,5	8	11,270	7,097	0,269
Opt.	18000	7	9	8	11,704	7,222	0,250	Opt.	18000	7	11,5	8	10,590	7,174	0,194
Maks.	10000	7	12	8	19,455	7,187	0,350	Maks.	22000	7	12	8	10,829	7,327	0,159
Min.	22000	7	8	10	9,816	7,350	0,159	Min.	11000	7	8,5	10	11,346	7,101	0,318
Opt.	18000	7	11	10	11,018	7,257	0,194	Opt.	17000	7	8,5	10	10,755	7,221	0,206
Maks.	10000	7	12	10	17,039	7,211	0,350	Maks.	22000	7	12	10	10,941	7,422	0,159
Min.	22000	7	8	12	9,671	7,363	0,159	Min.	10000	7	8,5	12	11,380	7,119	0,350
Opt.	15000	7	9,5	12	11,270	7,224	0,233	Opt.	17000	7	10	12	10,904	7,284	0,206
Maks.	10000	7	12	12	17,270	7,369	0,350	Maks.	22000	7	12	12	10,877	7,474	0,159
Min.	22000	7	8	15	9,715	7,314	0,159	Min.	10000	7	9	15	12,851	7,105	0,350
Opt.	16000	7	11	15	11,180	7,310	0,219	Opt.	18000	7	8,5	15	10,044	7,271	0,194
Maks.	10000	7	12	15	15,380	7,270	0,350	Maks.	22000	7	12	15	10,399	7,450	0,159

Ek-8. Anadolu Kestanesi ağaç türü odununda LPRK'ye ait optimal işleme koşulları ve kesiş izi uzunlukları

Tüm Veriler- Kesiş Derinliği Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	22000	4	8	10	3,461	7,514	0,091	Min.	10000	3	8	9	6,581	6,953	0,150
Opt.	17000	5,75	8	11	4,830	7,373	0,169	Opt.	19000	4,75	8	11	4,192	7,293	0,125
Maks.	10000	7	8	13	7,324	7,254	0,350	Maks.	22000	7	8	15	4,113	7,537	0,159
Min.	18000	3	9	8	3,669	7,101	0,083	Min.	10000	3	9	10	5,889	6,966	0,150
Opt.	16000	5,25	9	11	6,015	7,286	0,164	Opt.	18000	4,75	9	12	6,738	7,257	0,132
Maks.	10000	6,75	9	12	8,431	7,261	0,338	Maks.	22000	7	9	15	7,040	7,643	0,159
Min.	19000	3	10	8	2,848	7,165	0,079	Min.	10000	3	10	12	6,149	7,001	0,150
Opt.	17000	6,25	10	9	6,419	7,484	0,184	Opt.	16000	5,5	10	9	5,985	7,338	0,172
Maks.	11000	6,75	10	13	8,711	7,299	0,307	Maks.	22000	7	10	15	6,761	7,733	0,159
Min.	19000	3	11	8	2,577	7,212	0,079	Min.	10000	3	11	9	5,817	7,040	0,150
Opt.	15000	5,75	11	9	6,068	7,384	0,192	Opt.	16000	4	11	11	4,968	7,428	0,125
Maks.	10000	7	11	14	8,141	7,322	0,350	Maks.	22000	7	11	14	5,702	7,740	0,159
Min.	20000	3	12	8	2,832	7,248	0,075	Min.	10000	3,25	12	9	6,816	7,149	0,163
Opt.	18000	5,75	12	9	5,631	7,688	0,160	Opt.	19000	3,5	12	12	3,940	7,505	0,092
Maks.	11000	7	12	15	7,421	7,543	0,318	Maks.	22000	6,75	12	14	5,355	7,759	0,153
Tüm Veriler- Rutubet Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	19000	3	9	8	2,577	7,212	0,079	Min.	13000	3,75	8	8	4,175	7,052	0,144
Opt.	16000	6	9	8	5,625	7,404	0,188	Opt.	18000	4,5	10,5	8	5,660	7,315	0,125
Maks.	11000	7	11	8	7,481	7,269	0,318	Maks.	22000	7	12	8	5,596	7,751	0,159
Min.	19000	3	8,5	10	2,972	7,217	0,079	Min.	13000	3	8	10	4,528	7,028	0,115
Opt.	16000	6	9	10	5,619	7,469	0,188	Opt.	17000	3,5	10,5	10	4,706	7,312	0,103
Maks.	10000	7	12	10	7,347	7,656	0,350	Maks.	22000	6,5	12	10	5,355	7,759	0,148
Min.	22000	3,5	8	12	3,496	7,153	0,080	Min.	11000	3	8,5	12	6,559	6,992	0,136
Opt.	16000	4,25	9	12	6,387	7,154	0,133	Opt.	17000	5,25	10	12	7,850	7,368	0,154
Maks.	10000	6,5	11,5	12	8,715	7,277	0,325	Maks.	22000	6,5	12	12	5,596	7,743	0,148
Min.	22000	4	8	15	3,514	7,279	0,091	Min.	10000	3	9	15	5,226	7,006	0,150
Opt.	19000	6	9	15	5,618	7,361	0,158	Opt.	18000	5,75	8,5	15	4,684	7,334	0,160
Maks.	10000	7	12	15	7,270	7,378	0,350	Maks.	22000	7	12	15	6,761	7,733	0,159

Ek-8'in devamı

En Yüksek Kapasitede- Kesiş Derinliği Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	22000	7	8	9	3,461	7,514	0,159	Min.	10000	7	8	8	6,502	7,226	0,350
Opt.	17000	7	8	11	5,083	7,415	0,206	Opt.	16000	7	8	12	5,982	7,437	0,219
Maks.	10000	7	8	13	7,056	7,322	0,350	Maks.	22000	7	8	15	4,113	7,537	0,159
Min.	22000	7	9	10	5,181	7,523	0,159	Min.	10000	7	9	8	7,202	7,233	0,350
Opt.	17000	7	9	11	6,586	7,395	0,206	Opt.	19000	7	9	11	6,061	7,421	0,184
Maks.	10000	7	9	14	8,402	7,275	0,350	Maks.	22000	7	9	15	7,040	7,643	0,159
Min.	22000	7	10	10	5,397	7,622	0,159	Min.	10000	7	10	8	7,360	7,239	0,350
Opt.	17000	7	10	11	6,567	7,555	0,206	Opt.	16000	7	10	11	6,747	7,531	0,219
Maks.	10000	7	10	14	8,443	7,348	0,350	Maks.	22000	7	10	15	6,761	7,733	0,159
Min.	22000	7	11	8	5,363	7,701	0,159	Min.	12000	7	11	8	7,403	7,251	0,292
Opt.	16000	7	11	10	6,549	7,703	0,219	Opt.	18000	7	11	10	6,567	7,528	0,194
Maks.	11000	7	11	14	7,481	7,269	0,318	Maks.	22000	7	11	15	5,702	7,740	0,159
Min.	22000	7	12	8	5,336	7,585	0,159	Min.	10000	7	12	8	6,233	7,518	0,350
Opt.	16000	7	12	8	6,396	7,691	0,219	Opt.	15000	7	12	8	6,571	7,668	0,233
Maks.	10000	7	12	13	7,258	7,654	0,350	Maks.	22000	7	12	14	5,576	7,756	0,159
En Yüksek Kapasitede- Rutubet Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	22000	7	8	8	4,712	7,532	0,159	Min.	10000	7	8	8	6,502	7,226	0,350
Opt.	16000	7	11	8	5,972	7,470	0,219	Opt.	17000	7	10	8	5,767	7,488	0,206
Maks.	11000	7	12	8	7,481	7,269	0,318	Maks.	22000	7	12	8	5,596	7,751	0,159
Min.	22000	7	8	10	3,461	7,514	0,159	Min.	10000	7	8	10	6,248	7,294	0,350
Opt.	18000	7	9,5	10	5,695	7,523	0,194	Opt.	17000	7	10	10	5,717	7,559	0,206
Maks.	11000	7	11,5	10	6,919	7,318	0,318	Maks.	22000	7	12	10	5,576	7,756	0,159
Min.	22000	7	8	12	5,185	7,473	0,159	Min.	10000	7	8,5	12	8,402	7,275	0,350
Opt.	19000	7	10,5	12	7,254	7,681	0,184	Opt.	17000	7	10	12	7,818	7,514	0,206
Maks.	10000	7	12	12	8,681	7,289	0,350	Maks.	22000	7	12	12	5,911	7,740	0,159
Min.	20000	7	8	15	4,335	7,365	0,175	Min.	10000	7	8,5	15	4,677	7,332	0,350
Opt.	17000	7	10	15	6,222	7,604	0,206	Opt.	17000	7	9	15	6,540	7,572	0,206
Maks.	10000	7	12	15	7,233	7,518	0,350	Maks.	22000	7	12	15	6,761	7,733	0,159

Ek-9. Sarıçam ağaç türü odununda LDTK'ye ait optimal işleme koşulları ve kesiş izi uzunlukları

Tüm Veriler- Kesiş Derinliği Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	20000	3	8	11	4,747	7,044	0,075	Min.	10000	3	8	8	7,079	6,832	0,150
Opt.	17000	5,75	8	12	6,937	7,118	0,169	Opt.	18000	5,25	8	11	6,032	7,088	0,146
Maks.	10000	7	8	15	11,775	7,155	0,350	Maks.	22000	7	8	15	7,905	7,363	0,159
Min.	20000	3	9	9	4,734	7,091	0,075	Min.	10000	3	9	8	7,224	6,842	0,150
Opt.	17000	5,75	9	12	7,112	7,145	0,169	Opt.	19000	4,75	9	11	5,555	7,114	0,125
Maks.	10000	7	9	15	12,162	7,195	0,350	Maks.	22000	7	9	15	8,349	7,400	0,159
Min.	22000	3	10	9	4,798	7,195	0,068	Min.	10000	3	10	8	7,379	6,854	0,150
Opt.	19000	5,75	10	13	7,290	7,253	0,151	Opt.	17000	4,75	10	12	6,646	7,141	0,140
Maks.	10000	7	10	15	12,572	7,237	0,350	Maks.	22000	7	10	15	8,833	7,436	0,159
Min.	22000	3	11	8	4,811	7,216	0,068	Min.	10000	3	11	8	7,541	6,868	0,150
Opt.	17000	5	11	13	7,489	7,222	0,147	Opt.	17000	4,75	11	12	6,812	7,170	0,140
Maks.	10000	7	11	15	13,002	7,282	0,350	Maks.	22000	7	11	15	9,347	7,472	0,159
Min.	22000	3	12	10	4,857	7,240	0,068	Min.	10000	3	12	9	7,096	6,882	0,150
Opt.	17000	5,25	12	12	7,689	7,202	0,154	Opt.	17000	4,75	12	12	7,003	7,201	0,140
Maks.	10000	7	12	15	13,443	7,329	0,350	Maks.	22000	7	12	15	9,877	7,507	0,159
Tüm Veriler- Rutubet Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	19000	3	8	8	5,238	7,062	0,079	Min.	10000	3	8	8	7,079	6,832	0,150
Opt.	17000	5,5	9	8	7,113	7,105	0,162	Opt.	18000	3,25	10	8	5,789	7,086	0,090
Maks.	10000	7	12	8	10,672	7,010	0,350	Maks.	22000	7	12	8	6,748	7,423	0,159
Min.	18000	3	8	10	4,743	6,998	0,083	Min.	10000	3	8	10	6,494	6,856	0,150
Opt.	16000	5,75	10	10	6,596	7,075	0,180	Opt.	18000	3,5	11	10	5,265	7,090	0,097
Maks.	10000	7	12	10	12,180	7,092	0,350	Maks.	22000	7	12	10	6,371	7,447	0,159
Min.	22000	3	8	12	4,873	7,127	0,068	Min.	10000	3	8	12	6,319	6,923	0,150
Opt.	17000	6	8,5	12	7,168	7,138	0,176	Opt.	17000	5	9,5	12	6,733	7,136	0,147
Maks.	10000	7	12	12	12,871	7,182	0,350	Maks.	22000	7	12	12	7,098	7,398	0,159
Min.	22000	3	8	15	6,068	7,219	0,068	Min.	10000	3	8	15	7,029	7,021	0,150
Opt.	17000	5,25	11	15	8,345	7,317	0,154	Opt.	18000	4,5	9,5	15	7,246	7,253	0,125
Maks.	10000	7	12	15	13,443	7,329	0,350	Maks.	22000	7	12	15	9,877	7,507	0,159

Ek-9'un devamı

En Yüksek Kapasitede- Kesiş Derinliği Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre							Kesme Gücüne Göre								
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	21000	7	8	10	5,611	7,187	0,167	Min.	12000	7	8	8	8,788	6,965	0,292
Opt.	17000	7	8	13	8,129	7,190	0,206	Opt.	19000	7	8	11	6,638	7,149	0,184
Maks.	10000	7	8	15	11,775	7,155	0,350	Maks.	22000	7	8	15	7,905	7,363	0,159
Min.	22000	7	9	11	5,727	7,252	0,159	Min.	11000	7	9	8	9,576	6,974	0,318
Opt.	17000	7	9	13	8,545	7,224	0,206	Opt.	17000	7	9	12	7,909	7,184	0,206
Maks.	10000	7	9	15	12,162	7,195	0,350	Maks.	22000	7	9	15	8,349	7,400	0,159
Min.	22000	7	10	11	5,823	7,298	0,159	Min.	11000	7	10	8	9,703	6,985	0,318
Opt.	18000	7	10	13	8,688	7,280	0,194	Opt.	19000	7	10	9	6,695	7,230	0,184
Maks.	10000	7	10	15	12,572	7,237	0,350	Maks.	22000	7	10	15	8,833	7,436	0,159
Min.	22000	7	11	11	5,945	7,348	0,159	Min.	10000	7	11	8	10,526	6,996	0,350
Opt.	18000	7	11	13	9,086	7,319	0,194	Opt.	19000	7	11	11	7,037	7,249	0,184
Maks.	10000	7	11	15	13,002	7,282	0,350	Maks.	22000	7	11	15	9,347	7,472	0,159
Min.	22000	7	12	11	6,086	7,403	0,159	Min.	10000	7	12	8	10,672	7,010	0,350
Opt.	18000	7	12	12	9,380	7,371	0,194	Opt.	19000	7	12	10	6,447	7,288	0,184
Maks.	10000	7	12	15	13,443	7,329	0,350	Maks.	22000	7	12	15	9,877	7,507	0,159
En Yüksek Kapasitede- Rutubet Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre							Kesme Gücüne Göre								
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	22000	7	9	8	6,739	7,326	0,159	Min.	11000	7	8	8	8,788	6,965	0,318
Opt.	18000	7	11	8	8,117	7,296	0,194	Opt.	17000	7	9	8	7,334	7,128	0,206
Maks.	10000	7	12	8	10,672	7,010	0,350	Maks.	22000	7	12	8	6,748	7,423	0,159
Min.	21000	7	8	10	5,711	7,187	0,167	Min.	10000	7	8	10	10,981	7,001	0,350
Opt.	17000	7	9	10	8,051	7,073	0,206	Opt.	19000	7	9	10	6,117	7,149	0,184
Maks.	10000	7	12	10	12,180	7,092	0,350	Maks.	22000	7	12	10	6,371	7,447	0,159
Min.	22000	7	8	12	6,357	7,240	0,159	Min.	10000	7	8	12	11,442	7,052	0,350
Opt.	17000	7	10,5	12	9,117	7,259	0,206	Opt.	19000	7	8,5	12	7,221	7,204	0,184
Maks.	10000	7	12	12	12,871	7,182	0,350	Maks.	22000	7	12	12	7,098	7,398	0,159
Min.	22000	7	8	15	7,905	7,363	0,159	Min.	10000	7	8	15	11,775	7,155	0,350
Opt.	17000	7	10,5	15	9,977	7,363	0,206	Opt.	18000	7	9	15	8,620	7,339	0,194
Maks.	10000	7	12	15	13,443	7,329	0,350	Maks.	22000	7	12	15	9,877	7,507	0,159

Ek-10. Sarıçam ağaç türü odununda LPTK'ye ait optimal işleme koşulları ve kesiş izi uzunlukları

Tüm Veriler- Kesiş Derinliği Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	22000	3	8	8	7,216	7,177	0,068	Min.	10000	3	8	8	8,465	6,885	0,150
Opt.	18000	5,75	8	12	8,981	7,356	0,160	Opt.	19000	4,25	8	10	7,878	7,246	0,112
Maks.	10000	7	8	14	18,737	7,295	0,350	Maks.	22000	7	8	15	9,285	7,588	0,159
Min.	22000	3	9	8	6,444	7,240	0,068	Min.	10000	3	9	8	7,827	6,827	0,150
Opt.	17000	6	9	10	9,367	7,401	0,176	Opt.	18000	4,25	9	10	8,058	7,281	0,118
Maks.	10000	7	9	15	15,426	7,356	0,350	Maks.	22000	7	9	15	9,699	7,634	0,159
Min.	22000	3	10	8	5,348	7,288	0,068	Min.	10000	3	10	8	7,737	6,884	0,150
Opt.	18000	4,5	10	13	9,419	7,318	0,125	Opt.	18000	4,25	10	10	8,079	7,314	0,118
Maks.	10000	7	10	15	15,679	7,452	0,350	Maks.	22000	7	10	15	9,800	7,700	0,159
Min.	22000	3	11	8	5,275	7,328	0,068	Min.	10000	3	11	8	7,810	6,954	0,150
Opt.	18000	6	11	10	9,031	7,515	0,167	Opt.	19000	4	11	11	7,340	7,367	0,105
Maks.	10000	7	11	15	17,020	7,580	0,350	Maks.	22000	7	11	15	9,214	7,707	0,159
Min.	22000	3	12	8	6,302	7,406	0,068	Min.	10000	3	12	8	8,861	7,005	0,150
Opt.	17000	5,75	12	11	9,540	7,635	0,169	Opt.	18000	4	12	11	7,779	7,471	0,111
Maks.	10000	7	12	15	15,887	7,619	0,350	Maks.	22000	7	12	14	9,235	7,783	0,159
Tüm Veriler- Rutubet Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	22000	3	8,5	8	5,137	7,266	0,068	Min.	10000	3	8	8	8,465	6,885	0,150
Opt.	19000	6	10,5	8	8,373	7,462	0,158	Opt.	18000	4,25	9,5	8	7,086	7,256	0,118
Maks.	10000	7	11,5	8	16,988	7,155	0,350	Maks.	22000	7	12	8	9,086	7,721	0,159
Min.	22000	3	9,5	10	6,264	7,296	0,068	Min.	10000	3,75	8,5	10	11,154	6,849	0,188
Opt.	18000	5,5	10	10	9,294	7,414	0,153	Opt.	19000	4	9,5	10	7,791	7,307	0,105
Maks.	10000	7	12	10	19,972	7,337	0,350	Maks.	22000	7	12	10	9,217	7,757	0,159
Min.	22000	3	8	12	7,014	7,281	0,068	Min.	10000	3,5	9	12	11,349	6,875	0,175
Opt.	19000	4,5	9,5	12	9,398	7,322	0,118	Opt.	17000	4,5	10,5	12	8,673	7,342	0,132
Maks.	11000	7	12	12	16,989	7,455	0,318	Maks.	22000	6,75	12	12	8,846	7,777	0,153
Min.	22000	3	8,5	15	6,649	7,407	0,068	Min.	10000	3	8	15	8,608	7,115	0,150
Opt.	19000	5,75	9,5	15	9,476	7,464	0,151	Opt.	17000	4,25	10,5	15	8,263	7,407	0,125
Maks.	10000	7	12	15	16,498	7,658	0,350	Maks.	20000	7	12	15	9,837	7,745	0,175

Ek-10'un devamı

En Yüksek Kapasitede- Kesiş Derinliği Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	22000	7	8	9	7,243	7,541	0,159	Min.	10000	7	8	8	8,877	7,114	0,350
Opt.	18000	7	8	13	9,953	7,461	0,194	Opt.	17000	7	8	9	7,939	7,385	0,206
Maks.	10000	7	8	15	18,578	7,271	0,350	Maks.	22000	7	8	15	9,388	7,580	0,159
Min.	22000	7	9	8	7,294	7,569	0,159	Min.	10000	7	9	8	13,036	7,135	0,350
Opt.	18000	7	9	12	11,515	7,567	0,194	Opt.	17000	7	9	9	8,975	7,447	0,206
Maks.	10000	7	9	14	17,395	7,394	0,350	Maks.	22000	7	9	15	9,699	7,634	0,159
Min.	22000	7	10	8	7,927	7,605	0,159	Min.	10000	7	10	8	16,984	7,160	0,350
Opt.	17000	7	10	10	11,924	7,527	0,206	Opt.	18000	7	10	9	10,324	7,520	0,194
Maks.	10000	7	10	14	17,656	7,476	0,350	Maks.	22000	7	10	14	9,835	7,669	0,159
Min.	22000	7	11	8	8,551	7,637	0,159	Min.	10000	7	11	8	15,019	7,140	0,350
Opt.	17000	7	11	11	12,160	7,600	0,206	Opt.	18000	7	11	9	10,264	7,545	0,194
Maks.	10000	7	11	15	16,823	7,572	0,350	Maks.	22000	7	11	14	9,180	7,719	0,159
Min.	22000	7	12	8	9,056	7,721	0,159	Min.	10000	7	12	8	15,103	7,263	0,350
Opt.	17000	7	12	12	12,241	7,660	0,206	Opt.	18000	7	12	9	10,927	7,611	0,194
Maks.	10000	7	12	15	15,887	7,639	0,350	Maks.	20000	7	12	15	9,837	7,785	0,175
En Yüksek Kapasitede- Rutubet Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	22000	7	8,5	8	7,234	7,541	0,159	Min.	10000	7	8	8	8,877	7,114	0,350
Opt.	19000	7	10,5	8	10,409	7,526	0,184	Opt.	17000	7	8,5	8	7,957	7,382	0,206
Maks.	10000	7	12	8	16,984	7,260	0,350	Maks.	22000	7	12	8	9,086	7,721	0,159
Min.	22000	7	8	10	7,311	7,568	0,159	Min.	10000	7	8	10	12,270	7,166	0,350
Opt.	16000	7	11,5	10	11,567	7,538	0,219	Opt.	18000	7	8,5	10	8,556	7,480	0,194
Maks.	10000	7	12	10	18,204	7,374	0,350	Maks.	22000	7	12	10	9,217	7,747	0,159
Min.	22000	7	8	12	8,134	7,562	0,159	Min.	10000	7	8	12	18,568	7,284	0,350
Opt.	17000	7	9	12	12,291	7,551	0,206	Opt.	16000	7	10	12	12,684	7,578	0,219
Maks.	10000	7	11,5	12	19,511	7,476	0,350	Maks.	22000	7	12	12	9,279	7,772	0,159
Min.	22000	7	8	15	9,388	7,518	0,159	Min.	10000	7	8	15	12,478	7,271	0,350
Opt.	17000	7	11,5	15	12,556	7,680	0,206	Opt.	19000	7	10	15	10,120	7,520	0,184
Maks.	10000	7	12	15	19,498	7,638	0,350	Maks.	20000	7	12	15	9,837	7,745	0,175

Ek-11. Sarıçam ağaç türü odununda LDEK'ye ait optimal işleme koşulları ve kesiş izi uzunlukları

Tüm Veriler- Kesiş Derinliği Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	19000	5	8	8	5,550	7,199	0,132	Min.	11000	3	8	8	7,899	6,779	0,136
Opt.	16000	4,25	8	13	12,252	7,079	0,133	Opt.	18000	5	8	11	9,820	7,082	0,139
Maks.	10000	7	8	15	24,013	7,196	0,350	Maks.	22000	6,75	8	15	12,206	7,351	0,153
Min.	18000	5	9	8	5,417	7,167	0,139	Min.	11000	3	9	9	8,251	6,816	0,136
Opt.	15000	4,5	9	12	12,436	7,036	0,150	Opt.	17000	4,5	9	12	11,640	7,106	0,132
Maks.	10000	7	10	15	23,319	7,257	0,350	Maks.	22000	6,75	9	15	12,965	7,368	0,153
Min.	18000	5	10	8	5,476	7,174	0,139	Min.	11000	3	10	8	9,142	6,867	0,136
Opt.	16000	4,5	10	12	12,628	7,120	0,141	Opt.	16000	6	10	12	14,621	7,138	0,188
Maks.	10000	7	10	12	23,319	7,077	0,350	Maks.	22000	7	10	15	13,565	8,059	0,159
Min.	19000	4,5	11	8	5,629	7,255	0,118	Min.	11000	3	11	8	9,638	6,882	0,136
Opt.	16000	6,75	11	9	12,775	7,202	0,211	Opt.	16000	3,5	11	13	12,769	7,171	0,109
Maks.	10000	7	11	15	23,284	7,312	0,350	Maks.	21000	7	11	15	14,394	7,496	0,167
Min.	20000	4,5	12	8	5,808	7,307	0,113	Min.	11000	3	12	8	10,442	6,889	0,136
Opt.	16000	6,5	12	10	12,806	7,244	0,203	Opt.	17000	4,25	12	12	12,073	7,205	0,125
Maks.	10000	7	12	15	24,240	7,377	0,350	Maks.	22000	7	12	15	15,724	7,552	0,159
Tüm Veriler- Rutubet Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	21000	3	8	8	5,405	7,090	0,071	Min.	11000	3	8	8	7,899	6,829	0,136
Opt.	18000	6,25	10,5	8	8,496	7,240	0,174	Opt.	17000	4,25	10,5	8	6,038	7,083	0,125
Maks.	10000	7	12	8	15,642	6,995	0,350	Maks.	22000	7	12	8	12,319	7,392	0,159
Min.	22000	3	8	10	6,542	7,098	0,068	Min.	11000	3	8	10	7,630	6,798	0,136
Opt.	17000	5,75	10	10	10,364	7,178	0,169	Opt.	18000	4,25	10	10	8,055	7,100	0,118
Maks.	10000	7	12	10	23,793	7,079	0,350	Maks.	22000	7	12	10	15,591	7,470	0,159
Min.	21000	3	8	12	7,254	7,147	0,071	Min.	10000	3	8	12	14,543	6,821	0,150
Opt.	18000	5,5	9,5	12	13,538	7,175	0,153	Opt.	17000	4,5	9,5	12	12,167	7,130	0,132
Maks.	10000	7	11,5	12	23,333	7,158	0,350	Maks.	22000	7	12	12	15,125	7,475	0,159
Min.	20000	3	8	15	8,719	7,254	0,075	Min.	10000	3	8	15	19,122	6,963	0,150
Opt.	16000	5,5	11	15	15,909	7,248	0,172	Opt.	17000	3,25	9	15	11,701	7,244	0,096
Maks.	10000	7	12	15	24,210	7,371	0,350	Maks.	22000	7	12	15	14,109	7,547	0,159

Ek-11'in devamı

En Yüksek Kapasitede- Kesiş Derinliği Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	22000	7	8	8	9,356	7,322	0,159	Min.	10000	7	8	8	15,371	6,957	0,350
Opt.	19000	7	8	13	16,086	7,306	0,184	Opt.	19000	7	8	10	15,073	7,182	0,184
Maks.	10000	7	8	15	22,963	7,196	0,350	Maks.	22000	7	8	15	12,245	7,357	0,159
Min.	22000	7	9	8	10,807	7,328	0,159	Min.	10000	7	9	8	15,230	6,974	0,350
Opt.	17000	7	9	10	16,443	7,265	0,206	Opt.	16000	7	9	11	19,515	7,208	0,219
Maks.	10000	7	9	15	23,912	7,210	0,350	Maks.	22000	7	9	15	13,018	7,397	0,159
Min.	22000	7	10	8	12,064	7,336	0,159	Min.	10000	7	10	8	15,363	6,985	0,350
Opt.	18000	7	10	12	16,513	7,267	0,194	Opt.	16000	7	10	10	15,726	7,234	0,219
Maks.	10000	7	10	15	23,398	7,247	0,350	Maks.	22000	7	10	12	18,045	7,415	0,159
Min.	22000	7	11	8	12,392	7,354	0,159	Min.	10000	7	11	8	15,465	6,993	0,350
Opt.	17000	7	11	11	16,638	7,299	0,206	Opt.	17000	7	11	9	13,354	7,264	0,206
Maks.	10000	7	11	15	22,984	7,312	0,350	Maks.	22000	7	11	14	19,955	7,503	0,159
Min.	22000	7	12	8	12,319	7,387	0,159	Min.	10000	7	12	8	15,559	7,000	0,350
Opt.	18000	7	12	12	17,334	7,289	0,194	Opt.	17000	7	12	13	14,488	7,316	0,206
Maks.	10000	7	12	15	24,140	7,377	0,350	Maks.	22000	7	12	15	14,109	7,557	0,159
En Yüksek Kapasitede- Rutubet Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	22000	7	8	8	9,356	7,322	0,159	Min.	10000	7	8	8	15,371	6,957	0,350
Opt.	18000	7	9,5	8	13,102	7,271	0,194	Opt.	16000	7	10,5	8	14,445	7,174	0,219
Maks.	10000	7	11,5	8	15,508	6,996	0,350	Maks.	22000	7	12	8	12,319	7,387	0,159
Min.	22000	7	8,5	10	12,732	7,347	0,159	Min.	10000	7	8	10	23,793	6,999	0,350
Opt.	17000	7	9,5	10	16,244	7,269	0,206	Opt.	16000	7	9	10	17,625	7,226	0,219
Maks.	10000	7	12	10	23,823	7,098	0,350	Maks.	22000	7	12	10	15,591	7,467	0,159
Min.	22000	7	8	12	13,480	7,295	0,159	Min.	10000	7	8	12	22,739	7,055	0,350
Opt.	18000	7	9	12	17,265	7,224	0,194	Opt.	19000	7	9	12	16,541	7,253	0,184
Maks.	10000	7	12	12	23,640	7,202	0,350	Maks.	22000	7	12	12	15,125	7,475	0,159
Min.	22000	7	8	15	12,245	7,257	0,159	Min.	10000	7	8	15	21,923	7,146	0,350
Opt.	17000	7	10	15	17,677	7,264	0,206	Opt.	19000	7	11	15	15,166	7,299	0,184
Maks.	10000	7	12	15	24,140	7,377	0,350	Maks.	22000	7	12	15	14,109	7,547	0,159

Ek-12. Sarıçam ağaç türü odununda LPRK'ye ait optimal işleme koşulları ve kesiş izi uzunlukları

Tüm Veriler- Kesiş Derinliği Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	20000	3	8	8	2,811	7,144	0,075	Min.	10000	3	8	8	4,669	6,904	0,150
Opt.	16000	5,75	8	11	5,558	7,142	0,180	Opt.	19000	4,25	8	11	5,429	7,227	0,112
Maks.	10000	7	8	15	13,105	7,342	0,350	Maks.	22000	7	8	15	5,957	7,683	0,159
Min.	20000	3	9	8	2,633	7,176	0,075	Min.	10000	3,5	9	8	4,610	6,910	0,175
Opt.	19000	4	9	12	5,701	7,299	0,105	Opt.	18000	4,25	9	12	6,154	7,280	0,118
Maks.	10000	7	9	15	14,662	7,366	0,350	Maks.	22000	7	9	14	6,065	7,678	0,159
Min.	21000	3	10	8	2,916	7,200	0,071	Min.	10000	3,5	10	8	4,504	6,920	0,175
Opt.	17000	5,5	10	13	5,759	7,382	0,162	Opt.	17000	5	10	10	4,741	7,327	0,147
Maks.	10000	7	10	15	14,874	7,364	0,350	Maks.	22000	7	10	15	6,167	7,680	0,159
Min.	22000	3,5	11	8	2,942	7,429	0,080	Min.	10000	3,25	11	8	4,376	6,916	0,163
Opt.	17000	3,75	11	12	5,778	7,310	0,110	Opt.	16000	4,75	11	13	5,001	7,370	0,148
Maks.	11000	6,75	11	15	14,280	7,412	0,307	Maks.	22000	6,75	11	15	6,339	7,685	0,153
Min.	21000	3	12	8	2,963	7,460	0,071	Min.	10000	3,5	12	8	4,109	6,959	0,175
Opt.	17000	3,75	12	12	6,000	7,343	0,110	Opt.	17000	3,75	12	13	4,616	7,421	0,110
Maks.	11000	7	12	15	13,398	7,444	0,318	Maks.	22000	7	12	15	6,356	7,687	0,159
Tüm Veriler- Rutubet Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	21000	3,25	8,5	8	3,183	7,257	0,077	Min.	10000	3	8	8	4,669	6,904	0,150
Opt.	17000	5,25	10	8	4,287	7,407	0,154	Opt.	17000	4,25	11	8	3,546	7,258	0,125
Maks.	10000	7	11,5	8	5,348	7,265	0,350	Maks.	22000	7	12	8	4,608	7,672	0,159
Min.	19000	3	8,5	10	3,674	7,174	0,079	Min.	10000	3	8	10	5,828	6,916	0,150
Opt.	17000	6,25	8,5	10	4,723	7,361	0,184	Opt.	19000	4	11	10	4,787	7,285	0,105
Maks.	10000	7	12	10	6,456	7,352	0,350	Maks.	22000	6,75	12	10	6,056	7,687	0,153
Min.	20000	3	9	12	4,101	7,376	0,075	Min.	10000	3	8	12	5,028	7,115	0,150
Opt.	17000	4,75	8,5	12	4,786	7,364	0,140	Opt.	18000	4,75	9	12	4,802	7,400	0,132
Maks.	10000	7	12	12	6,407	7,616	0,350	Maks.	22000	7	12	12	5,210	7,646	0,159
Min.	21000	3,25	8	15	4,465	7,271	0,077	Min.	11000	3,25	8	15	4,677	7,007	0,148
Opt.	18000	3	8	15	5,077	7,237	0,083	Opt.	19000	4,5	11	15	6,618	7,450	0,118
Maks.	10000	7	12	15	9,877	7,509	0,350	Maks.	22000	7	12	15	6,220	7,683	0,159

Ek-12'nin devamı

En Yüksek Kapasitede- Kesiş Derinliği Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	22000	7	8	8	4,167	7,491	0,159	Min.	10000	7	8	8	6,922	7,230	0,350
Opt.	19000	7	8	11	5,486	7,498	0,184	Opt.	18000	7	8	10	4,801	7,386	0,194
Maks.	10000	7	8	15	12,927	7,317	0,350	Maks.	22000	7	8	15	6,439	7,656	0,159
Min.	21000	7	9	9	4,414	7,597	0,167	Min.	10000	7	9	8	5,319	7,236	0,350
Opt.	18000	7	9	11	5,796	7,512	0,194	Opt.	17000	7	9	11	4,680	7,415	0,206
Maks.	10000	7	9	15	14,041	7,315	0,350	Maks.	22000	7	9	15	6,958	7,673	0,159
Min.	22000	7	10	9	4,618	7,602	0,159	Min.	10000	7	10	8	5,302	7,243	0,350
Opt.	17000	7	10	11	5,893	7,565	0,206	Opt.	16000	7	10	11	6,057	7,517	0,219
Maks.	10000	7	10	15	14,874	7,364	0,350	Maks.	22000	7	10	15	7,067	7,680	0,159
Min.	22000	7	11	8	4,847	7,613	0,159	Min.	10000	7	11	8	5,280	7,255	0,350
Opt.	18000	7	11	11	6,233	7,651	0,194	Opt.	18000	7	11	9	5,590	7,568	0,194
Maks.	11000	7	11	15	14,902	7,461	0,318	Maks.	22000	7	11	14	7,179	7,684	0,159
Min.	20000	7	12	8	4,287	7,641	0,175	Min.	10000	7	12	8	5,257	7,277	0,350
Opt.	19000	7	12	12	6,544	7,669	0,184	Opt.	17000	7	12	9	4,747	7,600	0,206
Maks.	10000	7	12	15	15,028	7,424	0,350	Maks.	22000	7	12	15	8,210	9,616	0,159
En Yüksek Kapasitede- Rutubet Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	22000	7	8	8	4,067	7,491	0,159	Min.	10000	7	8,5	8	5,326	7,234	0,350
Opt.	17000	7	8,5	8	4,796	7,325	0,206	Opt.	18000	7	10	8	4,398	7,416	0,194
Maks.	11000	7	12	8	6,325	7,297	0,318	Maks.	22000	7	12	8	4,608	7,672	0,159
Min.	22000	7	8	10	4,277	7,567	0,159	Min.	10000	7	8	10	5,671	7,244	0,350
Opt.	17000	7	11,5	10	5,416	7,617	0,206	Opt.	18000	7	9	10	4,718	7,462	0,194
Maks.	10000	7	12	10	6,456	7,352	0,350	Maks.	22000	7	12	10	6,419	7,687	0,159
Min.	22000	7	8	12	5,941	7,651	0,159	Min.	10000	7	8	12	9,889	7,270	0,350
Opt.	17000	7	9,5	12	8,612	7,581	0,206	Opt.	17000	7	9	12	7,902	7,525	0,206
Maks.	10000	7	12	12	11,944	7,464	0,350	Maks.	22000	7	12	12	6,220	7,681	0,159
Min.	20000	7	8	15	7,020	7,506	0,175	Min.	10000	7	8	15	9,727	7,317	0,350
Opt.	18000	7	10	15	9,038	7,644	0,194	Opt.	19000	7	9,5	15	9,128	7,582	0,184
Maks.	11000	7	12	15	9,989	7,623	0,318	Maks.	22000	7	12	15	9,210	7,646	0,159

Ek-13. Doğu Ladini ağaç türü odununda LDTK'ye ait optimal işleme koşulları ve kesiş izi uzunlukları

Tüm Veriler- Kesiş Derinliği Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	22000	3	8	11	4,666	7,133	0,068	Min.	10000	3,5	8	13	7,698	6,883	0,175
Opt.	17000	5,5	8	11	7,203	7,047	0,162	Opt.	18000	5,25	8	12	6,489	7,088	0,146
Maks.	10000	7	8	15	12,572	7,113	0,350	Maks.	22000	7	8	15	7,804	7,437	0,159
Min.	22000	3	9	11	4,663	7,139	0,068	Min.	10000	3,5	9	8	8,420	6,858	0,175
Opt.	18000	6,5	9	13	7,499	7,175	0,181	Opt.	19000	3	9	10	4,938	7,105	0,079
Maks.	10000	7	9	15	15,203	7,036	0,350	Maks.	22000	7	9	15	7,687	7,465	0,159
Min.	22000	3	10	11	4,656	7,147	0,068	Min.	10000	3,75	10	8	9,268	6,881	0,188
Opt.	17000	5,75	10	12	7,860	7,168	0,169	Opt.	17000	5,75	10	12	7,087	7,129	0,169
Maks.	10000	7	10	15	15,375	7,112	0,350	Maks.	22000	7	10	15	7,552	7,492	0,159
Min.	19000	3	11	11	4,448	7,229	0,079	Min.	10000	3,25	11	8	8,339	6,909	0,163
Opt.	16000	5,5	11	13	8,232	7,204	0,172	Opt.	18000	4,25	11	13	8,066	7,153	0,118
Maks.	10000	7	11	15	15,554	7,157	0,350	Maks.	22000	7	11	15	7,415	7,517	0,159
Min.	21000	3	12	11	4,126	7,312	0,071	Min.	10000	3	12	8	8,024	6,944	0,150
Opt.	18000	5,5	12	10	8,339	7,322	0,153	Opt.	18000	4,25	12	10	6,681	7,247	0,118
Maks.	10000	7	12	15	15,701	7,195	0,350	Maks.	21000	7	12	15	9,557	7,608	0,184
Tüm Veriler- Rutubet Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	21000	3	8	8	5,052	7,333	0,071	Min.	10000	3,75	8,5	8	8,717	6,858	0,188
Opt.	17000	5,75	10,5	8	8,797	7,263	0,169	Opt.	19000	3,5	8	8	5,949	7,127	0,092
Maks.	10000	7	12	8	15,629	7,033	0,350	Maks.	20000	7	12	8	8,077	7,579	0,175
Min.	22000	3	9	10	4,184	7,322	0,068	Min.	10000	3,25	9	10	9,198	6,896	0,163
Opt.	15000	4,5	10	10	7,530	7,032	0,150	Opt.	17000	6,5	8,5	10	8,529	7,124	0,191
Maks.	10000	7	12	10	15,045	7,062	0,350	Maks.	20000	7	12	10	7,213	7,568	0,175
Min.	20000	3	8,5	12	4,619	7,278	0,075	Min.	10000	3	8	12	6,633	6,886	0,150
Opt.	16000	4,75	10,5	12	6,938	7,126	0,148	Opt.	18000	5,75	9	12	6,830	7,133	0,160
Maks.	10000	7	12	12	14,420	7,110	0,350	Maks.	20000	7	12	12	6,479	7,549	0,175
Min.	22000	3	9	15	5,056	7,226	0,068	Min.	10000	3	8,5	15	8,134	6,941	0,150
Opt.	19000	6,75	8	15	8,742	7,319	0,178	Opt.	19000	4,25	9	15	6,439	7,218	0,112
Maks.	10000	7	12	15	15,701	7,195	0,350	Maks.	21000	7	12	15	9,557	7,608	0,167

Ek-13'ün devamı

En Yüksek Kapasitede- Kesiş Derinliği Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre							Kesme Gücüne Göre								
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	22000	7	8	11	6,857	7,306	0,159	Min.	10000	7	8	9	10,620	6,989	0,350
Opt.	17000	7	8	10	9,040	7,128	0,206	Opt.	18000	7	8	12	8,000	7,160	0,194
Maks.	10000	7	8	15	12,572	7,113	0,350	Maks.	22000	7	8	15	7,804	7,437	0,159
Min.	22000	7	9	10	6,762	7,328	0,159	Min.	10000	7	9	8	14,115	6,984	0,350
Opt.	17000	7	9	9	9,240	7,185	0,206	Opt.	17000	7	9	8	9,630	7,196	0,206
Maks.	10000	7	9	15	15,203	7,036	0,350	Maks.	22000	7	9	15	7,687	7,465	0,159
Min.	22000	7	10	11	6,644	7,350	0,159	Min.	10000	7	10	8	14,914	6,988	0,350
Opt.	14000	7	10	11	9,660	7,145	0,250	Opt.	17000	7	10	11	8,093	7,226	0,206
Maks.	10000	7	10	15	15,375	7,112	0,350	Maks.	22000	7	10	15	7,552	7,492	0,159
Min.	22000	7	11	12	6,511	7,371	0,159	Min.	10000	7	11	8	15,288	7,011	0,350
Opt.	15000	7	11	13	9,930	7,226	0,233	Opt.	16000	7	11	13	9,333	7,270	0,219
Maks.	10000	7	11	15	15,554	7,157	0,350	Maks.	22000	7	11	15	7,415	7,517	0,159
Min.	21000	7	12	12	6,249	7,482	0,167	Min.	10000	7	12	8	15,629	7,033	0,350
Opt.	16000	7	12	11	10,460	7,241	0,219	Opt.	17000	7	12	12	9,549	7,323	0,206
Maks.	10000	7	12	15	15,701	7,195	0,350	Maks.	21000	7	12	15	9,557	7,608	0,167
En Yüksek Kapasitede- Rutubet Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre							Kesme Gücüne Göre								
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	21000	7	9	8	7,676	7,536	0,167	Min.	10000	7	9,5	8	14,665	6,980	0,350
Opt.	18000	7	12	8	10,448	7,415	0,194	Opt.	17000	7	9	8	9,630	7,196	0,206
Maks.	10000	7	12	8	15,629	7,033	0,350	Maks.	20000	7	12	8	8,077	7,579	0,175
Min.	21000	7	9	10	6,809	7,522	0,167	Min.	10000	7	9,5	10	13,908	6,987	0,350
Opt.	17000	7	11,5	10	10,299	7,285	0,206	Opt.	16000	7	10	10	8,756	7,212	0,219
Maks.	10000	7	12	10	15,045	7,062	0,350	Maks.	20000	7	12	10	7,213	7,568	0,175
Min.	21000	7	8,5	12	6,249	7,482	0,167	Min.	10000	7	8	12	10,254	6,995	0,350
Opt.	18000	7	12	12	8,772	7,414	0,194	Opt.	16000	7	10	12	8,015	7,201	0,219
Maks.	10000	7	12	12	14,420	7,110	0,350	Maks.	20000	7	12	12	6,479	7,549	0,175
Min.	22000	7	8	15	7,370	7,529	0,159	Min.	10000	7	9	15	15,203	7,036	0,350
Opt.	17000	7	11	15	10,775	7,353	0,206	Opt.	18000	7	9	15	9,257	7,311	0,194
Maks.	10000	7	12	15	15,701	7,195	0,350	Maks.	19000	7	12	15	9,557	7,608	0,184

Ek-14. Doğu Ladini ağaç türü odununda LPTK'ye ait optimal işleme koşulları ve kesiş izi uzunlukları

Tüm Veriler- Kesiş Derinliği Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre							Kesme Gücüne Göre								
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	21000	3	8	12	6,257	7,171	0,071	Min.	10000	3,5	8	13	9,908	6,935	0,175
Opt.	16000	6	8	13	10,919	7,451	0,188	Opt.	18000	5,25	8	12	8,666	7,246	0,146
Maks.	10000	7	8	15	20,653	7,150	0,350	Maks.	22000	7	8	15	8,572	7,597	0,159
Min.	18000	3	9	13	6,159	7,195	0,083	Min.	10000	3,75	9	13	9,789	6,963	0,188
Opt.	16000	5,75	9	10	11,054	7,170	0,180	Opt.	19000	5	9	12	8,487	7,283	0,132
Maks.	10000	7	9	15	21,019	7,170	0,350	Maks.	22000	7	9	15	12,461	7,689	0,159
Min.	20000	3,25	10	12	6,116	7,219	0,081	Min.	10000	3	10	11	12,708	7,010	0,150
Opt.	17000	5,5	10	11	11,216	7,284	0,162	Opt.	18000	5,5	10	12	10,435	7,338	0,153
Maks.	10000	7	10	15	20,809	7,180	0,350	Maks.	22000	7	10	15	12,716	7,764	0,159
Min.	22000	3,75	11	11	5,534	7,482	0,085	Min.	10000	3	11	8	13,091	6,989	0,150
Opt.	19000	5,75	11	11	11,177	7,508	0,151	Opt.	19000	4,5	11	10	9,569	7,383	0,118
Maks.	10000	7	11	15	20,276	7,365	0,350	Maks.	22000	7	11	15	12,930	7,823	0,159
Min.	21000	3,5	12	12	4,797	7,505	0,083	Min.	10000	3	12	8	13,245	7,039	0,150
Opt.	18000	5,75	12	10	10,901	7,560	0,160	Opt.	15000	5,75	12	11	12,835	7,458	0,192
Maks.	10000	6,75	12	15	19,746	7,376	0,338	Maks.	22000	7	12	14	13,468	7,906	0,159
Tüm Veriler- Rutubet Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre							Kesme Gücüne Göre								
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	22000	3	9	8	6,310	7,355	0,068	Min.	10000	3	9	8	12,708	6,979	0,150
Opt.	16000	5	9,5	8	12,878	7,239	0,156	Opt.	19000	5,5	8	8	12,269	7,279	0,145
Maks.	10000	7	12	8	21,019	7,170	0,350	Maks.	22000	6,75	12	8	14,347	7,878	0,153
Min.	21000	3	8	10	6,438	7,355	0,071	Min.	10000	3	8	10	9,645	7,005	0,150
Opt.	17000	5,75	9,5	10	11,146	7,244	0,169	Opt.	17000	4,5	11	10	9,402	7,256	0,132
Maks.	10000	7	12	10	19,945	7,172	0,350	Maks.	22000	6,75	12	10	12,484	7,801	0,153
Min.	20000	3,25	9	12	5,954	7,384	0,081	Min.	10000	3	8	12	9,000	6,966	0,150
Opt.	16000	5	10,5	12	9,749	7,307	0,156	Opt.	18000	5	10	12	8,999	7,311	0,139
Maks.	10000	7	12	12	17,743	7,258	0,350	Maks.	22000	7	12	12	9,149	7,729	0,159
Min.	22000	3	8,5	15	7,680	7,469	0,068	Min.	10000	3,5	8	15	13,983	7,087	0,175
Opt.	17000	5,75	9	15	13,364	7,431	0,169	Opt.	19000	5	8,5	15	11,820	7,389	0,132
Maks.	10000	6,75	12	15	19,746	7,376	0,338	Maks.	22000	7	12	15	13,596	7,904	0,159

Ek-14'ün devamı

En Yüksek Kapasitede- Kesiş Derinliği Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	22000	7	8	12	8,572	7,597	0,159	Min.	14000	7	8	8	15,813	7,134	0,250
Opt.	16000	7	8	10	13,533	7,160	0,219	Opt.	18000	7	8	11	11,152	7,368	0,194
Maks.	10000	7	8	14	20,653	7,400	0,350	Maks.	21000	7	8	15	8,862	7,608	0,167
Min.	22000	7	9	12	9,447	7,635	0,159	Min.	11000	7	9	8	19,923	7,168	0,318
Opt.	17000	7	9	9	14,143	7,294	0,206	Opt.	17000	7	9	11	13,248	7,448	0,206
Maks.	10000	7	9	15	21,019	7,410	0,350	Maks.	22000	7	9	15	12,461	7,689	0,159
Min.	22000	7	10	12	9,951	7,656	0,159	Min.	10000	7	10	8	20,809	7,180	0,350
Opt.	17000	7	10	10	14,452	7,431	0,206	Opt.	17000	7	10	11	13,919	7,516	0,206
Maks.	10000	7	10	15	20,297	7,401	0,350	Maks.	22000	7	10	15	12,716	7,764	0,159
Min.	22000	7	11	11	9,083	7,610	0,159	Min.	10000	7	11	9	19,775	7,183	0,350
Opt.	17000	7	11	11	14,291	7,526	0,206	Opt.	17000	7	11	11	13,622	7,540	0,206
Maks.	10000	7	11	15	20,276	7,428	0,350	Maks.	22000	7	11	15	12,930	7,823	0,159
Min.	21000	7	12	11	7,441	7,604	0,167	Min.	10000	7	12	8	19,474	7,189	0,350
Opt.	16000	7	12	12	13,194	7,608	0,219	Opt.	19000	7	12	11	9,390	7,569	0,184
Maks.	10000	7	12	15	19,634	7,389	0,350	Maks.	22000	7	12	15	13,468	7,906	0,159
En Yüksek Kapasitede- Rutubet Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	20000	7	9	8	12,124	7,677	0,175	Min.	12000	7	8	8	15,813	7,134	0,292
Opt.	16000	7	10	8	15,944	7,341	0,219	Opt.	16000	7	10,5	8	15,941	7,382	0,219
Maks.	10000	7	12	8	21,019	7,170	0,350	Maks.	22000	7	12	8	14,331	7,877	0,159
Min.	21000	7	9,5	10	8,285	7,620	0,167	Min.	12000	7	8	10	17,137	7,144	0,292
Opt.	17000	7	10,5	10	14,371	7,457	0,206	Opt.	16000	7	9,5	10	14,879	7,351	0,219
Maks.	10000	7	11,5	10	19,945	7,172	0,350	Maks.	22000	7	12	10	9,906	7,714	0,159
Min.	21000	7	8	12	8,336	7,674	0,167	Min.	10000	7	8	12	17,276	7,168	0,350
Opt.	17000	7	10,5	12	12,682	7,638	0,206	Opt.	15000	7	9,5	12	12,848	7,544	0,233
Maks.	10000	7	11,5	12	17,743	7,258	0,350	Maks.	22000	7	12	12	9,149	7,729	0,159
Min.	22000	7	8	15	11,934	7,582	0,159	Min.	10000	7	8	15	17,417	7,343	0,350
Opt.	16000	7	10	15	14,732	7,686	0,219	Opt.	17000	7	9,5	15	14,599	7,691	0,206
Maks.	10000	7	12	15	19,634	7,389	0,350	Maks.	22000	7	12	15	13,596	7,904	0,159

Ek-15. Doğu Ladini ağaç türü odununda LDEK'ye ait optimal işleme koşulları ve kesiş izi uzunlukları

Tüm Veriler- Kesiş Derinliği Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	19000	3,5	8	8	6,747	7,075	0,092	Min.	11000	3	8	8	13,824	6,881	0,136
Opt.	17000	5,75	8	10	14,009	7,117	0,169	Opt.	14000	4,75	8	9	15,295	6,999	0,170
Maks.	10000	7	8	15	23,429	6,909	0,350	Maks.	22000	7	8	15	15,918	7,376	0,159
Min.	22000	3,25	9	8	6,109	7,163	0,074	Min.	10000	3	9	9	10,779	6,888	0,150
Opt.	18000	5	9	12	13,525	7,159	0,139	Opt.	17000	4,75	9	9	9,685	7,103	0,140
Maks.	10000	7	9	15	22,913	6,946	0,350	Maks.	22000	7	9	15	15,607	7,401	0,159
Min.	22000	3,5	10	8	5,802	7,269	0,080	Min.	10000	3	10	8	9,310	6,881	0,150
Opt.	19000	5	10	11	13,057	7,175	0,132	Opt.	18000	4,25	10	12	12,292	7,130	0,118
Maks.	10000	7	10	15	21,970	6,978	0,350	Maks.	22000	7	10	15	14,980	7,456	0,159
Min.	22000	3	11	9	5,916	7,264	0,068	Min.	10000	3	11	9	10,956	6,886	0,150
Opt.	16000	4,5	11	11	10,916	7,154	0,141	Opt.	18000	6,25	11	11	14,233	7,244	0,174
Maks.	10000	7	11	14	20,535	7,079	0,350	Maks.	22000	7	11	15	14,588	7,519	0,159
Min.	22000	3	12	9	6,275	7,296	0,068	Min.	10000	3	12	9	11,864	6,902	0,150
Opt.	19000	5,25	12	12	13,048	7,298	0,138	Opt.	15000	5,5	12	13	13,496	7,251	0,183
Maks.	10000	7	12	15	28,164	7,341	0,350	Maks.	22000	7	12	15	14,812	7,606	0,159
Tüm Veriler- Rutubet Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	22000	3,5	8,5	8	5,802	7,269	0,080	Min.	10000	3	8	8	13,686	6,902	0,150
Opt.	18000	6,5	10	8	10,885	7,271	0,181	Opt.	16000	5,5	9,5	8	10,155	7,121	0,172
Maks.	10000	7	12	8	20,243	7,071	0,350	Maks.	22000	7	12	8	11,122	7,583	0,159
Min.	22000	3	9,5	10	6,275	7,296	0,068	Min.	10000	3	9	10	9,174	6,876	0,150
Opt.	15000	5,5	10	10	12,470	7,087	0,183	Opt.	17000	4,25	10	10	9,541	7,126	0,125
Maks.	10000	7	12	10	27,812	7,280	0,350	Maks.	20000	7	12	10	10,944	7,466	0,175
Min.	22000	3	8	12	7,246	7,154	0,068	Min.	10000	3	8	12	14,624	6,899	0,150
Opt.	15000	5,5	11	12	13,997	7,147	0,183	Opt.	19000	3,5	11	12	10,538	7,135	0,092
Maks.	10000	7	12	12	23,136	7,050	0,350	Maks.	22000	7	12	12	14,449	7,461	0,159
Min.	22000	3	8	12	7,246	7,154	0,068	Min.	10000	3	8	15	12,338	6,929	0,150
Opt.	15000	5,5	11	12	13,997	7,147	0,183	Opt.	19000	4,75	9	15	14,389	7,214	0,125
Maks.	10000	7	12	12	23,136	7,050	0,350	Maks.	22000	7	12	15	14,812	7,556	0,159

Ek-15'in devamı

En Yüksek Kapasitede- Kesiş Derinliği Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre							Kesme Gücüne Göre								
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	22000	7	8	8	14,058	7,297	0,159	Min.	10000	7	8	9	20,552	6,901	0,350
Opt.	18000	7	8	10	17,506	7,185	0,194	Opt.	18000	7	8	11	15,683	7,198	0,194
Maks.	10000	7	8	14	23,429	6,909	0,350	Maks.	22000	7	8	15	15,918	7,376	0,159
Min.	20000	7	9	8	13,379	7,260	0,175	Min.	10000	7	9	9	22,770	6,922	0,350
Opt.	17000	7	9	10	16,258	7,155	0,206	Opt.	18000	7	9	10	15,741	7,196	0,194
Maks.	10000	7	9	14	22,913	6,946	0,350	Maks.	22000	7	9	15	15,607	7,401	0,159
Min.	19000	7	10	8	11,504	7,320	0,184	Min.	10000	7	10	8	15,216	6,966	0,350
Opt.	17000	7	10	11	15,725	7,200	0,206	Opt.	18000	7	10	10	15,268	7,214	0,194
Maks.	10000	7	10	15	21,970	6,978	0,350	Maks.	22000	7	10	15	14,980	7,456	0,159
Min.	21000	7	11	8	10,368	7,470	0,167	Min.	11000	7	11	8	16,184	6,987	0,318
Opt.	17000	7	11	13	15,128	7,315	0,206	Opt.	18000	7	11	11	14,787	7,280	0,194
Maks.	10000	7	11	14	20,535	7,079	0,350	Maks.	22000	7	11	15	14,588	7,519	0,159
Min.	21000	7	12	9	10,449	7,533	0,167	Min.	10000	7	12	8	20,243	7,071	0,350
Opt.	18000	7	12	13	15,804	7,420	0,194	Opt.	17000	7	12	12	13,706	7,368	0,206
Maks.	10000	7	12	15	28,164	7,341	0,350	Maks.	22000	7	12	15	11,122	7,583	0,159
En Yüksek Kapasitede- Rutubet Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre							Kesme Gücüne Göre								
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	21000	7	9,5	8	10,232	7,533	0,167	Min.	10000	7	9	8	15,275	6,962	0,350
Opt.	20000	7	8,5	8	14,358	7,233	0,175	Opt.	18000	7	9	8	13,556	7,184	0,194
Maks.	10000	7	12	8	20,243	7,071	0,350	Maks.	22000	7	12	8	11,122	7,583	0,159
Min.	20000	7	8	10	10,932	7,328	0,175	Min.	10000	7	8	10	22,867	6,901	0,350
Opt.	16000	7	9,5	10	16,931	7,124	0,219	Opt.	18000	7	9	10	15,741	7,196	0,194
Maks.	10000	7	12	10	27,812	7,280	0,350	Maks.	21000	7	12	10	12,107	7,460	0,167
Min.	20000	7	9,5	12	12,798	7,311	0,175	Min.	10000	7	8	12	23,136	6,940	0,350
Opt.	17000	7	10,5	12	16,427	7,218	0,206	Opt.	17000	7	10	12	15,545	7,237	0,206
Maks.	10000	7	12	12	23,071	7,212	0,350	Maks.	22000	7	12	12	14,449	7,461	0,159
Min.	21000	7	9	15	14,545	7,399	0,167	Min.	10000	7	8	15	19,880	7,094	0,350
Opt.	16000	7	9,5	15	16,611	7,254	0,219	Opt.	18000	7	9	15	15,296	7,329	0,194
Maks.	10000	7	12	15	20,210	7,212	0,350	Maks.	22000	7	12	15	14,812	7,556	0,159

Ek-16. Doğu Ladini ağaç türü odununda LPRK'ye ait optimal işleme koşulları ve kesiş izi uzunlukları

Tüm Veriler- Kesiş Derinliği Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	22000	4,5	8	9	3,487	7,239	0,102	Min.	10000	3	8	9	7,409	6,991	0,150
Opt.	16000	6,5	8	13	7,042	7,363	0,203	Opt.	19000	4	8	12	4,576	7,229	0,105
Maks.	12000	7	8	14	12,572	7,247	0,292	Maks.	22000	7	8	15	7,127	7,644	0,159
Min.	22000	3,25	9	9	3,574	7,298	0,074	Min.	10000	3	9	8	7,074	7,002	0,150
Opt.	16000	4,25	9	12	7,099	7,203	0,133	Opt.	17000	5	9	12	6,051	7,278	0,147
Maks.	12000	7	9	14	13,214	7,430	0,292	Maks.	22000	7	9	15	7,171	7,669	0,159
Min.	22000	3	10	9	3,300	7,252	0,068	Min.	10000	3	10	8	6,991	7,019	0,150
Opt.	19000	6	10	12	7,147	7,476	0,158	Opt.	17000	4,5	10	10	4,153	7,340	0,132
Maks.	12000	7	10	15	13,606	7,534	0,292	Maks.	21000	7	10	15	7,357	7,823	0,167
Min.	20000	3,5	11	9	3,612	7,371	0,088	Min.	10000	3	11	8	6,902	7,020	0,150
Opt.	19000	5	11	12	7,164	7,445	0,132	Opt.	18000	4,75	11	13	8,478	7,403	0,132
Maks.	11000	7	11	14	13,706	7,710	0,318	Maks.	22000	7	11	15	7,333	7,999	0,159
Min.	21000	3,5	12	8	3,900	7,424	0,083	Min.	11000	3	12	8	6,804	7,022	0,136
Opt.	19000	6,5	12	12	6,984	7,760	0,171	Opt.	16000	5,5	12	11	4,848	7,495	0,172
Maks.	12000	6,75	12	14	12,348	7,711	0,281	Maks.	22000	7	12	15	7,472	8,019	0,159
Tüm Veriler- Rutubet Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	21000	3	8,5	8	3,373	7,324	0,071	Min.	10000	3	8	8	7,155	7,016	0,150
Opt.	15000	5,25	9	8	5,087	7,215	0,175	Opt.	18000	4,25	9,5	8	4,552	7,281	0,118
Maks.	10000	7	12	8	8,672	7,178	0,350	Maks.	22000	7	11,5	8	5,049	7,973	0,159
Min.	22000	3,25	9,5	10	3,320	7,242	0,074	Min.	10000	3	8	10	7,614	6,997	0,150
Opt.	15000	5,5	10,5	10	5,856	7,355	0,183	Opt.	17000	5,75	9	10	6,631	7,330	0,169
Maks.	12000	7	11,5	10	12,552	7,335	0,292	Maks.	22000	7	11	10	6,770	7,851	0,159
Min.	21000	3	8	12	4,410	7,222	0,071	Min.	10000	3	8	12	7,554	7,000	0,150
Opt.	16000	3,25	9,5	12	8,230	7,156	0,102	Opt.	19000	5	9,5	12	5,801	7,344	0,132
Maks.	12000	7	11,5	12	13,765	7,699	0,292	Maks.	13000	7	11,5	12	12,109	7,838	0,269
Min.	19000	3	8	15	6,947	7,253	0,079	Min.	10000	3	9	15	8,424	7,060	0,150
Opt.	16000	5,75	9,5	15	8,124	7,425	0,180	Opt.	17000	5,25	9	15	7,677	7,394	0,154
Maks.	14000	7	12	15	10,087	7,631	0,250	Maks.	22000	7	12	15	7,472	7,719	0,159

Ek-16'nın devamı

En Yüksek Kapasitede- Kesiş Derinliği Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	22000	7	8	9	3,775	7,433	0,159	Min.	10000	7	8	8	5,270	7,094	0,350
Opt.	16000	7	8	13	7,430	7,412	0,219	Opt.	18000	7	8	10	5,410	7,387	0,194
Maks.	11000	7	8	14	12,699	7,317	0,318	Maks.	22000	7	8	15	7,127	7,644	0,159
Min.	21000	7	9	9	4,156	7,612	0,167	Min.	10000	7	9	8	5,169	7,107	0,350
Opt.	18000	7	9	13	7,897	7,511	0,194	Opt.	16000	7	9	11	8,293	7,473	0,219
Maks.	11000	7	9	14	13,439	7,399	0,318	Maks.	22000	7	9	15	7,171	7,669	0,159
Min.	22000	7	10	9	4,424	7,769	0,159	Min.	10000	7	10	8	5,258	7,119	0,350
Opt.	19000	7	10	13	8,002	7,577	0,184	Opt.	17000	7	10	13	9,359	7,566	0,206
Maks.	12000	7	10	14	13,655	7,521	0,292	Maks.	22000	7	10	15	7,237	7,830	0,159
Min.	20000	7	11	8	4,460	7,840	0,175	Min.	10000	7	11	8	5,428	7,133	0,350
Opt.	16000	7	11	13	7,827	7,596	0,219	Opt.	17000	7	11	11	9,513	7,563	0,206
Maks.	11000	7	11	14	13,850	7,602	0,318	Maks.	21000	7	11	15	7,495	8,094	0,167
Min.	20000	7	12	8	3,895	7,780	0,175	Min.	10000	7	12	8	5,672	7,148	0,350
Opt.	18000	7	12	12	7,414	7,770	0,194	Opt.	17000	7	12	10	4,141	7,583	0,206
Maks.	11000	7	12	14	11,875	7,706	0,318	Maks.	22000	7	12	15	7,472	7,999	0,159
En Yüksek Kapasitede- Rutubet Değerleri Sabit															
Yüzey Pürüzlülüğüne Göre								Kesme Gücüne Göre							
	Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz		Devir	BH	KD	RTB	YP	KG	Sz
Min.	20000	7	8	8	3,958	7,505	0,175	Min.	10000	7	8	8	5,270	7,094	0,350
Opt.	15000	7	8,5	8	5,114	7,372	0,233	Opt.	16000	7	9	8	4,659	7,456	0,219
Maks.	12000	7	12	8	6,346	7,224	0,292	Maks.	22000	7	11,5	8	5,049	7,973	0,159
Min.	21000	7	8	10	4,080	7,426	0,167	Min.	10000	7	8	10	8,267	7,129	0,350
Opt.	17000	7	9	10	6,162	7,525	0,206	Opt.	16000	7	9	10	7,394	7,515	0,219
Maks.	11000	7	12	10	12,565	7,285	0,318	Maks.	22000	7	12	10	6,770	7,851	0,159
Min.	20000	7	8	12	6,027	7,477	0,175	Min.	10000	7	8	12	11,726	7,227	0,350
Opt.	17000	7	10	12	8,257	7,590	0,206	Opt.	18000	7	10	12	8,602	7,618	0,194
Maks.	12000	7	11,5	12	13,765	7,735	0,292	Maks.	21000	7	12	12	6,798	7,890	0,167
Min.	22000	7	8	15	7,127	7,644	0,159	Min.	10000	7	8	15	9,414	7,304	0,350
Opt.	18000	7	10,5	15	8,794	7,607	0,194	Opt.	17000	7	9,5	15	8,086	7,564	0,206
Maks.	12000	7	11,5	15	10,362	7,558	0,292	Maks.	22000	7	12	15	7,472	7,719	0,159

ÖZGEÇMİŞ

Trabzon Fatih lisesinden mezun oldu. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği bölümünden mezun oldu. KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsünde Orman Endüstri Mühendisliği anabilim dalında yüksek lisansını tamamladı. 2012 yılında aynı alanda doktora başladı. 2015-2017 yıllarında KTÜ Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak görev aldı. 2018-2020 yıllarında Trabzon Ateşler Orman Ürünleri A.Ş.'de çalıştı.

İyi derecede İngilizce bilen Ali ÇAKMAK evli olup, bir çocuk babasıdır.