

CNC FREZELEME OPERASYONLARINDA, FARKLI AHŞAP KESİTLERİNDE
İŞLEME PARAMETRELERİ İLE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ARASINDAKİ
İLİŞKİNİN ARAŞTIRILMASI

Oruç ARAS

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği Uyarınca

Fen Bilimleri Enstitüsü İleri Teknolojiler Anabilim Dalında

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Doç. Dr. Sait Dünder SOFUOĞLU

Ağustos - 2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

Oruç ARAS tarafından hazırlanan “CNC FREZELEME OPERASYONLARINDA, FARKLI AHŞAP KESİTLERİNDE İŞLEME PARAMETRELERİ İLE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN ARAŞTIRILMASI” adlı tez çalışması, jüri tarafından Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek OY BİRLİĞİ ile Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İleri Teknolojiler Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

08/08/2019

Prof. Dr. Önder UYSAL
Enstitü Müdürü, Fen Bilimleri Enstitüsü

Prof. Dr. Muammer GAVAS
Anabilim Dalı Başkanı, İleri Teknolojiler Anabilim Dalı

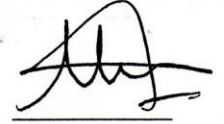
Doç. Dr. Sait Dündar SOFUOĞLU
Danışman, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü

Sınav Komitesi Üyeleri

Doç. Dr. Sait Dündar SOFUOĞLU
Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü

Doç. Dr. Murat ÖZALP
Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü, Dumlupınar Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Abdurrahman KARAMAN
Ormancılık Bölümü, Uşak Üniversitesi



ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Bu tezin hazırlanmasında Akademik kurallara riayet ettiğimizi, özgün bir çalışma olduğunu ve yapılan tez çalışmasının bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olduğunu, çalışma kapsamında teze ait olmayan veriler için kaynak gösterildiğini ve kaynaklar dizininde belirtildiğini, Yüksek Öğretim Kurulu tarafından kullanılmak üzere önerilen ve Kütahya Dumlupınar Üniversitesi tarafından kullanılan İntihal Programı ile tarandığını ve benzerlik oranının %25 çıktığını beyan ederiz. Aykırı bir durum ortaya çıktığı takdirde tüm hukuki sonuçlara razı olduğumuzu taahhüt ederiz.



Doç. Dr. Sait Dündar SOFUOĞLU



Oruç ARAS

CNC FREZELEME OPERASYONLARINDA, FARKLI AHŞAP KESİTLERİNDE İŞLEME PARAMETRELERİ İLE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN ARAŞTIRILMASI

Oruç ARAS

İleri Teknolojiler, Yüksek Lisans Tezi, 2019

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Sait Dündar SOFUOĞLU

ÖZET

Mobilya üretiminde ahşap ve ahşap benzeri ürünlerin özellikle işleme sonrası kaliteli bir yüzeye sahip olması gerek üretim esnasında gerekse sonrasında istenilen bir özelliktir. Mobilya ve ağaç işleri sektöründe kaliteyi belirleyen unsurların en önemlisi yüzey kalitesi olarak düşünülmektedir.

Ağaç işleri ve mobilya sektöründe yüzey kalitesinin her açıdan önemli olduğu göz önüne alındığında, bu çalışmada, sektörde sıklıkla kullanılan Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) ve Anadolu kestanesi (*Castenia sativa* Mill)'den hazırlanan numuneler üzerinde CNC işleme parametrelerinin yüzey kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Yapılan işleme deneylerinde 3 farklı devir sayısı (8000, 12000, 16000 dev/dak), 3 farklı ilerleme hızı (1000, 1500, 2000 mm/dak), iki farklı kesici ve iki farklı işleme katman sayısı (3 ve 4) kullanılmıştır. İşleme performansını değerlendirmek için Ra ve Rz pürüzlülük sonuçları değerlendirme kriteri olarak belirlenmiştir.

Kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde en düşük ortalama pürüzlülük (Ra) değeri 3 katmanlı işlemede 16000 dev/dak devir sayısında 1000 mm/dak ilerleme hızında ve 1 nolu kesici tipinde 2,838 µm olarak elde edilmiştir. Yan yüzeylerde ise en düşük değer diğer faktörler aynı 2 nolu kesici tipinde 1,841 µm olarak elde edilmiştir.

Genel olarak sonuçlar değerlendirildiğinde işleme derinliği arttıkça yüzey pürüzlülüğünde artış görülmüştür. Kesici devir sayısındaki artış belli bir yere kadar pürüzlülük değerinde iyileşme gösterirken daha fazla artması pürüzlü yüzeyler oluşturmuştur. Kesici ilerleme hızı arttıkça pürüzlülükte doğrusal olarak artış göstermiştir. Kesici takımlardaki kesme kenar sayısının artması durumunda işlenen yüzeylerin pürüzlülük değerlerinde düşüş görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: CNC, Kayın, Kestane, Masif Ahşap, Yüzey Pürüzlülüğü.

INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN MACHINING PARAMETERS IN DIFFERENT MASSIVE WOOD SECTIONS AT CNC MILLING OPERATIONS

Oruç ARAS

Advanced Technologies, M. Sc. Thesis, 2019

Thesis Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Sait Dündar SOFUOĞLU

SUMMARY

In furniture production, having a quality surface of wood and wood-like products especially after processing is a desired feature both during and after production. In furniture and woodworking sector, surface quality is considered as the most important factor determining quality.

In this study, the effects of CNC machining parameters on the surface quality of samples prepared from Eastern beech (*Fagus orientalis* Lipsky) and Anatolian chestnut (*Castanea sativa* Mill), which are frequently used in the sector, were examined. Determining the most suitable processing parameters has been determined as the priority target. 3 different speeds (8000, 12000, 16000 rpm), 3 different feed rates (1000, 1500, 2000 mm/min), two different cutter and two different processing layers (3 and 4) were used in the machining experiments. In order to evaluate the machining performance, Ra and Rz roughness results were determined as the evaluation criteria.

The lowest average roughness (Ra) value was obtained in 3-layer processing, 1000 mm/min feed rate at 16000 rpm 2,838 mm in cutter type 1 for measurements perpendicular to the fibers on vi grand surfaces of beech samples. The lowest values on the side surfaces were obtained as 1,841 mm in the same cutter type 2 as other factor.

In general, when the results are evaluated, it has been seen that surface roughness increased as the machining depth increased. When the increase in the cutting speed shows an improvement in the roughness value up to a certain point, further increase has created rough surface. As the cutter feedrate increased, the roughness showed an increase linearly. When the number of cutting edges increases, a decrease has been seen in the roughness values of the machined surfaces.

Keywords: Beech, Chestnut, CNC, Solid Wood, Surface Roughness.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada bana yardımcı olan başta danışman hocam Doç. Dr. Sait Dündar SOFUOĞLU'na, yardımını esirgemeyen hocam Doç. Dr. Alaattin KAÇAL'a desteğini hep yanımda hissettiğim aileme, deneylerin yapımında tezgâh ve teçhizat imkânı sağlayan Dumlupınar Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı çalışanlarına, deney numunelerinin temininde yardımcı olan Dumlupınar Üniversitesi Simav Teknoloji Fakültesi Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü öğretim elemanları ve çalışanlarına ve emeği geçen herkese teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

| | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| ÖZET | v |
| SUMMARY | vi |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | x |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | xiii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ | xv |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| 2. LİTERATÜR ÖZETİ | 3 |
| 3. GENEL BİLGİLER | 13 |
| 3.1. CAD-CAM Sistemleri | 13 |
| 3.2. Yüzey Pürüzlülüğü ve Ölçme | 13 |
| 3.2.1. Ortalama pürüzlülük değeri (Ra)..... | 14 |
| 3.2.2. On nokta pürüzlülüğü ortalama değeri (Rz) | 14 |
| 4. MALZEME VE YÖNTEM | 16 |
| 4.1. Malzeme | 16 |
| 4.1.1. Ağaç türü | 16 |
| 4.1.2. Kesiciler..... | 17 |
| 4.1.3. Kullanılan CNC tezgahı | 19 |
| 4.2. Yöntem | 20 |
| 4.2.1. Deney örneklerinin hazırlanması..... | 20 |
| 4.2.2. Deneylerin yapılması..... | 23 |
| 4.2.3. Yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesi | 23 |
| 4.2.4. Kullanılan istatistiki yöntemler | 23 |
| 5. BULGULAR VE TARTIŞMA..... | 24 |
| 5.1. Kayın Numunelerde Zemin Yüzeyde Liflere Dik Yapılan Ölçümlerde Elde Edilen Yüzey Pürüzlülük Değerleri | 24 |
| 5.2. Kayın Numunelerde Zemin Yüzeyde Liflere Paralel Yapılan Ölçümlerde Elde Edilen Yüzey Pürüzlülük Değerleri | 29 |

İÇİNDEKİLER (devam)

| | <u>Sayfa</u> |
|--|---------------------|
| 5.3. Kayın Numunelerde Yan Yüzeyde Liflere Dik Yapılan Ölçümlerde Elde Edilen Yüzey Pürüzlülük Değerleri | 34 |
| 5.4. Kayın Numunelerde Yan Yüzeyde Liflere Paralel Yapılan Ölçümlerde Elde Edilen Yüzey Pürüzlülük Değerleri | 39 |
| 5.5. Kestane Numunelerde Zemin Yüzeyde Liflere Dik Yapılan Ölçümlerde Elde Edilen Yüzey Pürüzlülük Değerleri | 44 |
| 5.6. Kestane Numunelerde Zemin Yüzeyde Liflere Paralel Yapılan Ölçümlerde Elde Edilen Yüzey Pürüzlülük Değerleri | 49 |
| 5.7. Kestane Numunelerde Yan Yüzeyde Liflere Dik Yapılan Ölçümlerde Elde Edilen Yüzey Pürüzlülük Değerleri | 54 |
| 5.8. Kestane Numunelerde Yan Yüzeyde Liflere Paralel Yapılan Ölçümlerde Elde Edilen Yüzey Pürüzlülük değerleri..... | 59 |
| 6. SONUÇ VE ÖNERİLER..... | 64 |
| 6.1. Sonuçlar | 64 |
| 6.2. Öneriler..... | 67 |
| KAYNAKLAR DİZİNİ..... | 68 |
| ÖZGEÇMİŞ | |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| <u>Sekil</u> | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| 3.1. Ortalama pürüzlülük değeri. Time TR-200..... | 14 |
| 3.2. On nokta pürüzlülüğü ortalama değeri. Time TR-200..... | 15 |
| 4.1. İki ağızlı düz parmak freze. Netmak..... | 18 |
| 4.2. Üç ağızlı Z = 2 grubu spiral hassas kesim bıçağı. Netmak..... | 18 |
| 4.3. Skilled CNC 2040 CNC freze makinesi..... | 19 |
| 4.4. Klimatize dolabı ve rutubet ölçme cihazı..... | 20 |
| 4.5. CNC’de işleme görüntüleri..... | 22 |
| 4.6. Örneklerin pürüzlülük ölçümü için birbirinden ayrılması..... | 22 |
| 4.7. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı. Time TR-200..... | 23 |
| 5.1. Kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının ortalama pürüzlülük (Ra) üzerine etkisi..... | 25 |
| 5.2. Kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının birbirleri ile ortalama pürüzlülük (Ra) açısından etkileşimleri..... | 26 |
| 5.3. Kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının Rz üzerine etkisi..... | 27 |
| 5.4. Kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının birbirleri ile Rz açısından etkileşimleri..... | 28 |
| 5.5. Kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının ortalama pürüzlülük (Ra) üzerine etkisi..... | 30 |
| 5.6. Kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının birbirleri ile ortalama pürüzlülük (Ra) açısından etkileşimleri..... | 31 |
| 5.7. Kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının ortalama pürüzlülük Rz üzerine etkisi..... | 32 |
| 5.8. Kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının birbirleri ile ortalama pürüzlülük (Rz) açısından etkileşimleri..... | 33 |
| 5.9. Kayın numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının ortalama pürüzlülük (Ra) üzerine etkisi..... | 35 |

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

| <u>Sekil</u> | <u>Sayfa</u> |
|--|---------------------|
| 5.10. Kayın numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının birbirleri ile ortalama pürüzlülük (Ra) açısından etkileşimleri. | 36 |
| 5.11. Kayın numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının Rz üzerine etkisi. | 37 |
| 5.12. Kayın numunelerde yan yüzeyde liflere dik yüzeylerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının birbirleri ile Rz açısından etkileşimleri... | 38 |
| 5.13. Kayın numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının ortalama pürüzlülük (Ra) üzerine etkisi. | 40 |
| 5.14. Kayın numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının birbirleri ile ortalama pürüzlülük (Ra) açısından etkileşimleri. | 41 |
| 5.15. Kayın numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının Rz üzerine etkisi. | 42 |
| 5.16. Kayın numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının birbirleri ile ortalama pürüzlülük (Ra) açısından etkileşimleri. | 43 |
| 5.17. Kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının ortalama pürüzlülük (Ra) üzerine etkisi. | 45 |
| 5.18. Kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının birbirleri ile ortalama pürüzlülük (Ra) açısından etkileşimleri. | 46 |
| 5.19. Kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının Rz üzerine etkisi. | 47 |
| 5.20. Kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının birbirleri ile Rz açısından etkileşimleri. | 48 |
| 5.21. Kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının ortalama pürüzlülük (Ra) üzerine etkisi. | 50 |
| 5.22. Kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının birbirleri ile ortalama pürüzlülük (Ra) açısından etkileşimleri. | 51 |
| 5.23. Kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının Rz üzerine etkisi. | 52 |

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

| <u>Sekil</u> | <u>Sayfa</u> |
|--|---------------------|
| 5.24. Kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının birbirleri ile Rz açısından etkileşimleri. | 53 |
| 5.25. Kestane numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının ortalama pürüzlülük (Ra) üzerine etkisi. | 55 |
| 5.26. Kestane numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının birbirleri ile ortalama pürüzlülük (Ra) açısından etkileşimleri. | 56 |
| 5.27. Kestane numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının Rz üzerine etkisi. | 57 |
| 5.28. Kestane numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının birbirleri ile Rz açısından etkileşimleri. | 58 |
| 5.29. Kestane numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının ortalama pürüzlülük (Ra) üzerine etkisi. | 60 |
| 5.30. Kestane numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının birbirleri ile ortalama pürüzlülük (Ra) açısından etkileşimleri. | 61 |
| 5.31. Kestane numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının Rz üzerine etkisi. | 62 |
| 5.32. Kestane numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının birbirleri ile Rz açısından etkileşimleri. | 63 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

| <u>Cizelge</u> | <u>Sayfa</u> |
|---|---------------------|
| 4.1. İşleme parametreleri, düzeyleri ve değerleri..... | 21 |
| 5.1. İşleme şartlarına göre kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri (Ra ve Rz)..... | 24 |
| 5.2. Kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (Ra) için varyans analizi sonuçları..... | 25 |
| 5.3. Kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde Rz için varyans analizi sonuçları..... | 27 |
| 5.4. İşleme şartlarına göre kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde elde edilen yüzey pürüzlülük Ra ve Rz değerleri..... | 29 |
| 5.5. Kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (Ra) için varyans analizi sonuçları..... | 30 |
| 5.6. Kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde Rz için varyans analizi sonuçları..... | 32 |
| 5.7. İşleme şartlarına göre kayın numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri..... | 34 |
| 5.8. Kayın numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (Ra) için varyans analizi sonuçları..... | 35 |
| 5.9. Kayın numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde Rz için varyans analizi sonuçları..... | 37 |
| 5.10. İşleme şartlarına göre kayın numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri..... | 39 |
| 5.11. Kayın numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (Ra) için varyans analizi sonuçları..... | 40 |
| 5.12. Kayın numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde Rz için varyans analizi sonuçları..... | 42 |
| 5.13. İşleme şartlarına göre kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri..... | 44 |
| 5.14. Kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (Ra) için varyans analizi sonuçları..... | 45 |
| 5.15. Kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde Rz için varyans analizi sonuçları..... | 47 |
| 5.16. İşleme şartlarına göre kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri..... | 49 |
| 5.17. Kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (Ra) için varyans analizi sonuçları..... | 50 |

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

| <u>Cizelge</u> | <u>Sayfa</u> |
|--|---------------------|
| 5.18. Kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde Rz için varyans analizi sonuçları..... | 52 |
| 5.19. İşleme şartlarına göre kestane numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri. | 54 |
| 5.20. Kestane numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (Ra) için varyans analizi sonuçları. | 55 |
| 5.21. Kestane numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde Rz için varyans analizi sonuçları..... | 57 |
| 5.22. İşleme şartlarına göre kestane numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri. | 59 |
| 5.23. Kestane numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (Ra) için varyans analizi sonuçları. | 60 |
| 5.24. Kestane numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde Rz için varyans analizi sonuçları..... | 62 |

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

| <u>Simgeler</u> | <u>Açıklama</u> |
|---------------------------|--|
| Ra | Profil sapmalarının aritmetik ortalaması |
| Rz | Profil düzensizliklerinin on nokta yüksekliği |
| Rq | Profil sapmalarının karesinin aritmetik ortalamasının karekökü |
| Rmax | Maksimum profil yüksekliği |
| Ry | En büyük yüzey pürüzlülük değeri |
| ° | Derece |
| µm | Mikrometre |
| mm | Milimetre |
| cm | Santimetre |
| °C | Sıcaklık |
| % | Yüzde |
| <u>Kısaltmalar</u> | <u>Açıklama</u> |
| dev/dak | Devir/Dakika |
| Ort | Ortalama |
| Min | Minimum |
| MDF | Medium Density Fiberboard (Orta yoğunluktaki lif levha) |
| HSS | High Speed Steel (Yüksek hız çeliği) |
| TiN | Titanyum Nitrür |
| CNC | Computer Numerical Control |
| TSE | Türk Standardı Enstitüsü |
| NC | Numerik Control |
| CAD | Computer Aided Design |

1. GİRİŞ

Mobilya endüstrisinde ahşap ve ahşap türevi ürünlerin kaliteli bir yüzeye sahip olması üretim sırasında ve sonrasında talep edilen bir özelliktir. Mobilya ve ağaç işleri sektöründe kaliteyi belirleyen etkenlerin en önemlisi yüzey kalitesi olarak düşünülmektedir. Ahşap malzemenin işlenmesinde yüzey kalitesini belirleyen en önemli faktörlerden bir tanesi de işleme tekniğidir (Stumbo, 1961). Yüzey kalitesi ağaç malzemenin tekstürüne ve kullanılan işleme tekniğine bağlı olarak değişmektedir (Marian ve Suchland, 1962).

Tarih boyunca insanoğlunun yaşamında vazgeçilmez bir hammadde olan ağaç malzemenin; günümüzde giderek azalan orman varlığı nedeniyle, daha verimli işlenmesi ve daha uzun süre kullanımı zorunlu olmuştur (Sofuoğlu, 2008). Ağaç malzemenin işleme aşamalarının herhangi bir aşamasında bozuk yüzeylerin ortaya çıkması bir sonraki aşamada sorun teşkil etmekte, ek işlemlerin yapılmasına ihtiyaç olmaktadır. Örneğin kesim sırasında bozuk bir yüzeyin oluşması, ileriki aşamalarda malzemenin tekrar planyalanması ve zımparalanmasını gerektirmektedir. Bu durum zaman kaybı ve maliyet artışına sebep olmaktadır. Yüzey kalitesi ahşap ürünlerin değerlendirilmesinde son kullanıcının kalite kriterleri içerisinde bulunmaktadır (Aykaç, 2018).

Kesilmiş ağaç malzeme, mikroskop altında incelendiğinde lifler koparılmış ve tepeler arasında çukurlar varmış gibi görüntü elde edilmektedir. Yüzeyde bulunan çukur ve tepeler dalgalar serisi olarak belirtilmiştir (United Nations, 1981).

Müşteriye sunulmaya hazır hale gelen mobilyanın uzun ömürlü olması için ahşabın üst yüzeyinin düzgün olması ve üst yüzey işlemi önemli bulunmaktadır. İyi bir işleme tekniği elde etmek için işleme tekniğinin önemi yüksektir. (Richter ve Knaebe, 1995). Ağaç malzemenin yüzey kalitesinin bitmiş mobilyanın kullanılacağı yerde önemi bulunmaktadır (Malkoçoğlu ve Özdemir, 1999).

Mobilyanın kalitesi üretimde kullanılan malzemeye ve üretim yöntemlerine bağlıdır. Üretimde elde edilen yüzey kalitesi, üst yüzey işlemleri yapılarak daha değerli hale getirilebilmektedir (Efe, 1999). Günümüzde mobilya üretiminde yüzeyler modern olmayan yöntemlerle kontrol edilerek son kat işlemi uygulanmaktadır. Modern cihazlar kullanılarak pürüzlülük ölçümü yapılmadan gerçekleştirilen üst yüzey işlemlerinde kusurlu yüzeyler oluşmakta ve aşırı üst yüzey malzemesi tüketilebilmektedir (İlter vd., 2001).

Ahşap malzemeler çoğunlukla yüzey düzgünlüğünün önemli olduğu benzeri malzemelere göre daha yüksek pürüzlülük sonuçları vermektedir. Ağaç malzeme tamamıyla farklı bir anatomik yapıya sahiptir. Hem hücre çeperi içinde hem de hücre boşluklarında önemli miktarda boşluk hacmi bulundurulur. Bulunduğu ortamın sıcaklığı ve bağıl nemine bağlı olarak rutubet değişiklikleri gösterir. Rutubet değişiklikleri fiziksel ve mekanik özelliklerinin değişiminde büyük önem teşkil eder. Ağaç malzeme uygun alet ve makinelerle işlenmelidir. İşleme şekli ve ağacın yaşıyla orantılı olarak; yüzeylerde kesici izlerinin düzenli şekilleri ile beraber, kalkık liflilik, yongalı liflilik, yonga izi ve lif ayrılması gibi istenmeyen bozuk yüzeyler meydana gelmektedir. Ahşap malzemenin işlenmesi sırasında yüzeye yakın kısımlarda mekanik etkiler yüzünden oluşan kusurların uygun işleme yöntemleri kullanılarak ortadan kaldırılabileceği belirtilmektedir (Çabukoğlu, 2007).

Masif ağaç malzemedeki birleştirme yerlerinde ve yüzeylerdeki yapışma gücü, ağaç türlerindeki mekanik özellikler yüzey pürüzlülüğü ile bağlantılıdır. Pürüzlü kaplamalarda yapışma kalitesi pürüzsüz yüzeylere göre daha düşüktür. Masif ağaç malzemelerdeki yüzey pürüzlülüğü aynı zamanda üst yüzey işlemlerinin kalitesini de etkilemektedir (Jakub ve Martino, 2005). Özellikle masif ağaç malzemedeki kaliteli ve düzgün yüzeyler elde edilmesinin ve işleme özelliklerinin bilinmesinin son derece önemli olduğu açıkça görülmektedir (Sofuoğlu, 2008).

Ağaç işleri ve mobilya sektöründe ağaç ve ağaç kökenli malzemelerin işlenmesinde yüzey kalitesinin her açıdan önemli olduğu göz önüne alındığında, konu ile ilgili birçok bilimsel çalışmalar yapılmıştır. Günümüzde ise teknolojinin ilerlemesi ile birlikte modern ağaç işleme makinelerinin gelişmesi ile üretimde hassasiyet artmış ve beklentiler yükselmiştir. Literatür özeti bölümünde konu ile ilgili yapılan çalışmalar incelenmiş ve özet olarak değerlendirilmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Ağaç malzemenin çeşitli makineler ve aletler ile işlenmesi, elde edilen yüzeylerin kalitesinin çeşitli yöntemler kullanılarak belirlenmesi ve değerlendirilmesi konusunda günümüze kadar farklı bakış açıları ile çok çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Stumbo (1960), yaptığı çalışmada masif ağaç numunelerinde yüzey işleme sonucunda, yüzeyde görülen bozuklukların işleme yönüne dik konumda oluştuğunu ve büyüklüklerinin kesicilerin sayısı ve bir defada kesme oranına göre değiştiğini görmüştür.

Besleme hızı, kesme derinliği ve kesiş açısı azaltılarak ahşap malzemede daha pürüzsüz yüzeylerin elde edildiği görülmüştür (Stewart, 1970).

Peters ve Mergen (1971), “Odun yüzey düzgünlüğünün ölçümü: önerilen bir yöntem” adlı çalışmasında yüzey düzgünlüğünün ölçülmesinde iğne taramalı yöntemin kullanılmasının uygun olduğunu belirtmiştir. Bu yöntemin kullanımı için ölçüm cihazı geliştirmişlerdir.

Ahşap işlenmesinde rutubet etkilerini araştıran Stewart (1976), fazla rutubetli ahşapta kötü yüzeyler ortaya çıktığını görmüşlerdir.

Faust ve Rice (1986), “Sarıçam kaplama yüzeylerinin pürüzlülük karakteristikleri” adlı çalışmalarında kontrplak üretiminde kullanılan ahşap kaplamaların yüzey pürüzlülüklerini değerlendirmek amacıyla araştırmalar yapmışlardır. Kaplamaların ön ve arka yüzeylerinin pürüzlülüklerini karşılaştırmışlar ve farklı değerler elde etmişlerdir.

Faust (1987), “Görüntü analizi ile kaplama yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesi” başlıklı çalışmasında görüntü analizi kullanılarak kaplama yüzey pürüzlülüğünün dokunmasız bir yöntemle ölçülmesini ve onun görsel değerlendirme ve sınıflandırma teknikleri yanında iğne taramalı yöntem ile bağlantısını incelemiştir.

Cutri vd., (1991), planyalanmış ve şekillendirilmiş ahşap malzeme örneklerinin yüzey pürüzlülüğünün üretim esnasında makineden etkilendiğini belirttiği çalışmasında planyalama ve şekillendirme işlemi esnasında yapılan ölçümlerde, dokunmalı, iğneli taramalı ölçüm sisteminin, makinenin ilerleme hızından ve titreşiminden etkilendiği için bu ölçüm sisteminin şekillendirilmiş yüzeylerin ölçümü için uygun olmadığını belirterek lazer ölçüm sistemini kullanmıştır.

Baykan (1996), planyalama ve zımparalama yapılan numuneler kullanarak kesme yönü, nem oranı, planyalama ve zımparalama işlemlerinden sonra yüzey pürüzlülüğünü araştırdığı

çalışmasında düşük besleme hızında ve düşük rutubet miktarında daha kaliteli yüzeyler oluştuğunu görmüştür.

Yapılan çalışmada teğet kesitli numunelerin radyal kesitli numunelere oranla, 4 kesici ile yapılan işlemin 2 kesici ile yapılan işleme göre daha düşük pürüzlülük değerleri verdiği görülmüştür (Gürleyen, 1998).

Malkoçoğlu ve Özdemir (1999), “Yüzey pürüzlülüğü araştırmalarının tarihi gelişimi” isimli derleme çalışmalarında yüzey pürüzlülüğünün önemine değinmiş, yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesinde çok çeşitli yöntemlerin (dokunmalı-dokunmasız veya doğrusal (on-line), doğrusal olmayan (off-line)) denendiğini belirtmişlerdir.

İşleme sırasında kesici sayısının yüksek olması, zımparalamada zımpara numarası yükseldikçe yüzey pürüzlülüğü değerinin azaldığı ve besleme hızı yükseldikçe yüzey pürüzlülüğünün arttığı görülmüştür (Örs ve Baykan, 1999).

Usta ve ark. (2000), tarafından yapılan çalışmada; planyalamada kesme derinliği, ilerleme hızı ve kesici sayısının yüzey düzgünlüğü üzerindeki etkisinin araştırıldığı çalışmada mobilya endüstrisinde yoğun olarak kullanılan akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) ve meşe (*Quercus petraea* L.) numuneleri kullanılmıştır. 2 ve 4 kesicili planya bıçağı, 5 ve 9 mm/dk ilerleme hızı. 1, 2 ve 4 mm kesme derinliği uygulayarak örnekler hazırlamışlardır. Yüzey pürüzlülük ölçümleri TS 930’a göre Mitutoyo SJ-301 pürüzlülük cihazı kullanılarak yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarına göre akasyanın meşeye göre daha düzgün yüzey verdiğini, ilerleme hızı ve kesiş derinliği azaldıkça, kesici sayısı arttıkça yüzey kalitesinin arttığı görülmüştür.

Uludağ göknarı odunu teğet ve radyal yönde kesildikten sonra, planyalamada kesici sayısı ve ilerleme hızına, zımparalamada değişik kalınlıktaki zımparalara ve rutubete göre yüzey pürüzlülük değişimini incelenmiştir. Düşük nem oranı ve besleme hızında yüzey düzgünlüğünün arttığı saptanmıştır (İlter vd., 2001).

Kantay ve arkadaşları (2001), “Türkiye’de üretilen ceviz ve kayın kesme kaplama levhalarının yüzey pürüzlülüğü üzerine araştırmalar” isimli çalışmalarında Türkiye’de ceviz (*Juglans regia* L.) ve kayın (*Fagus orientalis* L.) ağaç türlerinden elde edilen kesme kaplama levhalarının yüzey pürüzlülük değerlerini iğne taramalı pürüzlülük ölçme yöntemi kullanarak diğer ülkelerde üretilen kaplama levhaların yüzey pürüzlülük değerleri ile karşılaştırmışlardır.

Ünsal ve Kantay (2002), “Türkiye’de üretilen meşe ve kayın masif parkelerin yüzey pürüzlülüğü üzerine araştırmalar” başlıklı çalışmalarında yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesinde iğne taramalı ölçme yöntemi kullanmışlardır.

İlter ve arkadaşları (2001), “Uludağ göknarı (*Abies bornmülleriana* M.) odununun yüzey pürüzlülük değerlerinin belirlenmesi üzerine araştırmalar” adlı çalışmalarında; rendelenmiş ve zımparalanmış göknar deneme numunelerinin yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesinde dokunmalı iğne tarama yöntemini kullanmışlardır.

Mitchell ve Lemaster (2002), tarafından akçaağaç odununun CNC freze ile işlenmesi üzerine çalışma yapmışlardır. Çalışmada düz, eğri ve enine kesit yüzeylerde, ilerleme hızı, kesici devir sayısı, işleme yönü ve kesici uç kaplamasının aşınmasını araştırmışlardır. Çalışma sonucunda elde edilen sonuçlarda; liflere paralel ve düz yüzlerde işlemenin, liflere dik, eğri ve enine kesit yüzlere göre daha düşük pürüzlülük değerleri verdiği, ilerleme hızının artmasıyla düz, eğri ve enine kesit yüzeylerde ise yüzey düzgünlüğünün azaldığı görülmüştür.

Kılıç ve Demirci (2003), “Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve kestane (*Castania sativa* M.) odunlarının yüzey pürüzlülük değerlerinin araştırılması” isimli çalışmalarında biçilmiş masif ağaç malzeme yüzeylerinde, ağaç türü, testere diş sayısı ve besleme hızlarının yüzey pürüzlülüğüne etkilerini araştırmışlar ve iğne taramalı yöntem kullanmışlardır.

Örs ve Demirci (2003), çalışmalarında akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) ve meşe (*Quercus petraea* L.) odunlarında iğne taramalı yöntem kullanarak yüzey düzgünlüğüne kesiş yönü ve zımparalamanın etkisini incelemiştir.

Çalışmada ahşap numunelerin kesicilerle işlendikten sonra yüzey pürüzlülük değerleri araştırılmıştır. Ağaç türleri arasında akasyada teğet yönde, 10000 dev/dak, bıçaklar arasında 4 kesicili bıçak ile en iyi sonuçlar elde edilmiştir (Efe ve Gürleyen, 2003).

Kalınlık makinesinde ahşap numunenin işlenmesinde kesiş yönü, bıçak sayısı, ilerleme hızı ve dalma derinliğinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri araştırılmıştır. En düzgün yüzey 4 kesicili işlemede, 5 mm/dk ilerleme hızında, 1 mm dalma oranında ve yıllık halkalara teğet yönde kesim yapıldığında elde edilmiştir (Efe vd., 2003).

Korkut (2005), “Yüzey pürüzlülüğü çalışmaları” adlı incelemesinde yüzey pürüzlülüğü konusunda kısa bir bilgi verdikten konu ile ilgili literatür araştırması yapmıştır.

Malkoçoğlu ve Özdemir (2006), tarafından Batı Karadeniz Bölgesi’nde yetişen yapraklı ağaç (kestane, kayın ve kızılğaç) ve iğne yapraklı ağaç odun (sarıçam, doğu ladini) numunelerinin farklı işleme yöntemleri kullanılarak işlenmesinde, işleme performanslarının ve yüzey pürüzlülüklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma yapılmıştır. Çalışma sonucunda, yapraklı ağaçların iğne yapraklı ağaçlara göre daha iyi işlendiğini bunun nedeninin ise yapraklı ağaçların daha yüksek özgül ağırlık değerine sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Çalışmada jilet bıçaklarla işlenmiş, akasya odununda yüzey kalitesinin yapışma direnci üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) odunundan hazırlanan deney numuneleri, 2 ve 4 kesicili jilet bıçaklarla işlendikten sonra yüzey pürüzlülük ölçümleri TS 930 esaslarına göre yapılmıştır. Daha sonra polivinilasetat (PVAc) tutkalı kullanılarak yapıştırılan numuneler TS EN 205'e göre yapışma direnci testine tabi tutulmuştur. Sonuç olarak; 4 kesicili planyalamada 2 kesiciliye göre daha pürüzsüz yüzeyler elde edilirken, teğet ve radyal kesit olarak hazırlanmış numune yüzeyleri arasında yüzey pürüzlülüğü açısından fark bulunmadığı görülmüştür. Çalışma sonucunda en yüksek yapışma direnci, radyal ve radyal + teğet yüzeylerde, 4 kesicili ile işlenmiş örneklerde elde edilmiştir (Efe vd., 2007).

Çalışmada rendeleme işleminde kaliteli yüzey karakavak ve sapsız meşede 25°'lik kesiş açısında, karaçam ve Toros sedirinde 15°'lik kesiş açısında bulunmuştur. Frezeleme işleminde en düzgün yüzey karaçam, sapsız meşe, Toros sediri ve karakavak şeklinde olmuştur. Delme işleminde çift helisli matkap ucu, tek helisli matkap ucuna göre daha iyi sonuç vermiştir. Tornalama işleminde en kaliteli yüzey sapsız meşe, karakavak ve karaçam şeklinde olmuştur. Zımparalama işleminde temiz yüzey oranı en fazla sapsız meşede elde edilmiş, bunu sırasıyla Toros sediri, karaçam ve karakavak takip etmiştir (Sofuoğlu, 2008).

Çalışmada yüzey işlemleri uygulanmadan önce Kanada huş odununun yüzeyleri üzerine liflere zıt ve paralel yönde helisel planyalama ve alın işleme yapılmıştır. Alın işlemesi yapılırken üç ilerleme hızı ve kesme derinliği, helisel planyalama için üç farklı kesme derinliği değeri uygulanmıştır. Her iki işleme sonucunda da kesme derinliğinin yüzey kalitesine etkisinin olmadığı gözlenirken alın işleme yapılan örneklerde ilerleme hızının yapışma direnci ve yüzey düzgünlüğü üzerinde önemli etkisi olduğu tespit edilmiştir (Hernandez ve Cool, 2008).

Sütçü ve arkadaşları (2008), tarafından yapılan çalışmada masif levhaların CNC makinelerinde işlenmesi ve yüzey pürüzlülüğü araştırılmıştır. Elde edilen verilere göre; çam numunelerde kesiş yönü, ladin numunelerde kesme derinliği ve ilerleme hızı, kayın numunelerde ise kesme ve ilerleme hızlarının etkili olduğu belirlenmiştir.

Söğütlü ve Döngel (2009), "Emprenye İşleminin Ağaç Malzeme Yüzey Pürüzlülüğü ve Renk Değişimine Etkisi" başlıklı çalışmalarında emprenye edilen ağaç malzemedeki renk değişimi ve yüzey pürüzlülüğündeki değişimi incelemişlerdir. Bu maksatla, araştırma materyali olarak Doğu kayını, Doğu ladinini ve kızılçam ağaç türlerini kullanmışlardır. Sonuç olarak, sodyum borat çözeltisi ile emprenye işlemi yüzey pürüzlülüğünün artmasına neden olmuştur. Yüzey pürüzlülüğü, en fazla Doğu ladininde, en az ise Doğu kayınında elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre, emprenye işlemi ağaç malzemenin yüzey pürüzlülüğünü artırmaktadır. Yüzey

pürüzlülüğünün önemli olduğu durumlarda emprenye işleminden önce ağaç malzeme yüzeylerinde ilk zımparalama, ıslatma kabartma ve ince tanecikli zımpara ile yeniden zımparalama işleminin yapılması önerilmiştir.

Mobilya üretiminin temel hammaddelerinden biri olan MDF levhalarında CNC freze ile yapılan cep işlenmesinde kullanılan işleme parametrelerinin yüzey kalitesi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Deneysel sonuçlarına göre, Ra, Rz, Rq için R^2 değeri sırasıyla 89.19, 77.65, 71.91 bulunmuştur. Elde edilen veriler varyans analizi ile değerlendirildiğinde yüzey kalitesi üzerinde ilerleme hızı, devir sayısı, yanıl adım ve kesme derinliği faktörlerinin yüksek etkiye sahip olduğu belirlenmiştir (Karagöz, 2010).

Sütçü ve Karagöz (2012), "MDF'in yüzeyinin işlenmesinde işleme parametrelerinin yüzey kalitesi üzerine etkisi" başlıklı çalışmalarında MDF'nin işlenmesinde CNC makinesini kullanmışlar ve devir sayısı, besleme hızı, öteleme miktarı, kesiş derinliğinin yüzeyin pürüzlülüğüne etkisini incelemişlerdir. Değerlendirmede Ra, Rz ve Rq pürüzlülük parametrelerini kullanmışlardır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre devir sayısının artması ile yüzey pürüzlülüğü azalmakta, öteleme miktarı, besleme hızı ve kesiş derinliğinin artması ile yüzey pürüzlülüğü artmaktadır. Elde edilen sonuçlar devir sayısının yüzey pürüzlülüğü üzerinde önemli etkisinin olduğunu göstermiştir.

Pinkowski G vd., (2012), çalışmalarında sert ağaç türlerinden huş, kayın ve dişbudak'ın işlenmesinde elde edilen yüzeylerde ölçülen ortalama pürüzlülük (Ra) değerine göre yüzey pürüzlülük analiz sonuçlarını incelemişler ve değerlendirmişlerdir. Kesme operasyonları Weeke-Venture 3 işleme merkezinde Leitz profil kesiciler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Huş ağaç türünde besleme hızının ve devir sayısının çok az etkisinin olduğu görülmüştür. Kayın ağacı için devir sayısındaki değişimler pürüzlülük üzerindeki etkili iken, dişbudak ağaç türünde ise hem besleme hızının ve hem de devir sayısının Ra parametresi üzerinde etkisinin olduğu görülmüştür.

Kaçal ve Sofuoğlu (2013), tarafından yapılan çalışma için Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) dan üretilmiş 18 mm kalınlığındaki masif tabla deney malzemesi olarak seçilmiştir. Mobilya endüstrisinde birleştirmeler için sıkça kullanılan 5 mm çapındaki delikler HSS ve TiN kaplamalı matkaplar kullanılarak delinmiştir. Delik delme işlemleri CNC tezgâhında üç farklı parametre ile yapılmıştır. Deneysel için 180 adet delik delindikten sonra elde edilen delikler üzerinde delik girişi, delik giriş ve çıkış tamlığı, delik içi yüzey pürüzlülüğü için Ra ölçümü yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre en iyi delme parametreleri 8000 dev/dak ve 1000 mm/dak ilerleme hızında TiN kaplanmış HSS kesici ile elde edilmiştir.

Zhong vd., (2013), çalışmalarında Singapur'da mobilya endüstrisinde kullanılan ahşap bazlı materyallerin yüzey kalitesini değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada yonga levha, orta yoğunluktaki liflevha (MDF), kontrplak, mobilya imalatında sıklıkla kullanılan 10 farklı ağaç türü deney materyali olarak seçilmiştir. Örneklerin yüzey pürüzlülüğünü belirlemek için iğne taramalı yöntem ve 3D görüntü analizatörü kullanılmıştır. İki ölçme yöntemi de birbiri ile uyum göstermiştir. Bu çalışmadaki elde edilen verilere göre mobilya üretiminde her iki yöntemin de başarılı bir şekilde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Çalışmada mobilya endüstrisinde yaygın olarak kullanılan melamin kaplı yonga levhaların delinmesinde işleme performansı, kesici takım aşınması ve delik düzgünlüğü deneysel olarak incelenmiştir. CNC tezgâhında üç farklı işleme parametresi ile 5 mm çapında HSS ve TiN kaplamalı kesiciler kullanılarak delikler delinmiştir. Numuneler mikroskop kullanılarak incelenmiştir. İnceleme sonuçlarına göre delik düzgünlüğü açısından en ideal delme parametresi TiN kaplamalı HSS kesici ile 8000 devir/dakika ve 1500 mm/dakika ilerleme hızında elde edilmiştir. Her iki kesici için en az takım aşınmasının devir sayısı ve ilerleme hızının en düşük olduğu durumda ortaya çıktığı görülmüştür (Sofuoğlu ve Kaçal, 2013).

Tiryaki vd., (2014), çalışmalarında besleme hızı, kesici sayısı, kesiş derinliği, odun zonu (ilkbahar odunu ve yaz odunu) zımparaların tanecik boyutunun ağaç türlerindeki yüzey pürüzlülüğüne etkisini araştırmıştır ve yapay sinir ağları (ANN) kullanarak modellemiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre Elde edilen yapay sinir ağı tahmin modeline göre yapay sinir ağlarının (ANN) ahşabın yüzey pürüzlülüğünü modellemek için kullanışlı, güvenilir ve oldukça etkili bir yöntem olduğu gösterilmiştir. Zaman, enerji ve yüksek deneysel maliyetleri azaltmak için ağaç işleri endüstrisinde uygulanabileceği sonucuna varmışlardır.

Yapılan çalışmada iğne yapraklı karaçam (*Pinus nigra* A.) ve Lübnan sediri (*Cedrus libani* A. Rich), yapraklı ağaç türü meşe (*Quercus petraea* L.) ve karakavaktan (*Populus nigra* L.) hazırlanan numuneler kullanılmıştır. Dikey delik matkabı kullanılarak her numune için 2,5 cm çapında tek helisli matkap ucu ve çift helisli matkap ucu ile 1400 devir/dak devir sayısında 50 adet delik delinmiştir. Elde edilen verilere göre en iyi delik iç yüzeyi (en düşük pürüzlülüğe sahip) karaçam, Lübnan sediri ve meşede çift helisli matkap ucu ile elde edilmiştir. Karakavakta ise tek helisli matkap ucunda elde edilmiştir. En yüksek pürüzlülük değerlerinin çift helisli matkap ucunda karakavakta ortaya çıktığı görülmüştür (Sofuoğlu vd., 2015).

Türkiye'de yetişen bazı ağaç türlerinden hazırlanan deney numunelerinde işleme performanslarını araştırmak için yapılan çalışmada sapsız meşe bütün işlemlerde en iyi performansı göstermiştir. Zımparalamada kavak en düşük pürüzlülük değerini vermiştir.

Planyalamada en iyi yüzey kalitesi sert ağaç türleri için 25° kesiş açısında, yumuşak ağaç türleri için 15° kesiş açısında elde edilmiştir (Kurtoğlu ve Sofuoğlu, 2014).

Kurtoğlu ve Sofuoğlu (2015), tarafından yapılan çalışmada Türkiye’de kullanılan iki yumuşak ağaç türü karaçam (*Pinus nigra* A.) ve Lübnan sediri (*Cedrus libani* A. Rich) ve iki sert ağaç türü olan meşe (*Quercus petraea* L.) ve karakavak (*Populus nigra*) numuneleri kullanılmıştır. Elde edilen verilere göre rendeleme ve zımparalamadan sonra en yüksek ortalama pürüzlülük değerleri Ra meşe 6,780 µm, karakavak 6,338 µm, Lübnan sediri 4,836 µm, karaçam 4,740 µm. olarak elde edilmiştir. Ortalama pürüzlülük değerleri liflere dik ve liflere paralel yönde en düşükten en yükseğe doğru Lübnan sediri, karaçam, karakavak olduğu görülmüştür.

Larix (Larix decidua M.)’den üretilmiş masif panel numunelerinin CNC’de işleme parametrelerinin yüzey kalitesi (Ra ve Rz) üzerindeki etkisinin araştırılması amacıyla yapılan çalışmada Taguchi tasarım yöntemi kullanılmıştır. Bu parametreler kesici işleme stratejisi, devir sayısı ve ilerleme hızıdır. En uygun işleme parametresi sinyal gürültü oranı (S/N) kullanılarak yorumlanmıştır. En uygun işleme parametresi Ra ve Rz için offset işleme stratejisi, 16000 dev/dak sayısında, 1000 mm/dak ilerleme hızında optimum nokta elde edilmiştir. Elde edilen verilere göre başlangıç noktası göz önüne alındığında Ra 2,2 kat, Rz ise 1,8 kat azaldığı belirlenmiştir (Sofuoğlu, 2015a).

CNC ile sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)’dan üretilen masif panel numunelerinin işlenmesinde yapay sinir ağları (ANN) kullanılarak pürüzlülük değerlerinin (Ra ve Rz) tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada 5 işleme parametresi (kesici tipi, kesici işleme stratejisi, devir sayısı, ilerleme hızı ve kesme derinliği) kullanılmıştır. Çalışmada elde edilen verilere göre ahşap malzemede Ra ve Rz için ANN tahmin modelinin kullanışlı ve etkin bir araç olduğu görülmüştür. Ağaç işleri endüstrisinde verimliliğin artırılması açısından uygulanabilir olduğu sonucuna varılmıştır (Sofuoğlu, 2015b).

Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)’dan üretilmiş olan masif panel malzemeden hazırlanmış numuneler üzerinde CNC’de en uygun işleme şartlarının belirlenmesi amacıyla Taguchi tasarım yöntemi kullanılmıştır. Beş işleme şekli (kesici tipi, işleme stratejisi, devir sayısı, ilerleme hızı ve kesiş derinliği) ve yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi incelenmiştir. En uygun işleme şartı sinyal gürültü oranı (S/N) kullanılarak değerlendirilmiştir. En iyi pürüzlülük değerleri Ra ve Rz için 1 no’lu kesici, raster işleme stratejisi, 16 000 dev/dak sayısında, 1 000 mm/dak ilerleme hızında ve 4 mm derinliğinde elde edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre başlangıç parametresi göz önüne alındığında Ra 2,8 kat, Rz ise 2,0 kat azalma görülmüştür (Sofuoğlu, 2016).

Bendikiene ve Keturakis (2016), “Takım aşınması ve planlama parametrelerinin huş ağacı yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi” başlıklı çalışmalarında yüzey pürüzlülüğü liflere dik ve liflere paralel olarak ölçülmüştür. Liflere paralel pürüzlülük değerleri liflere dik pürüzlülük değerlerine göre daha düşük elde edilmiştir. İyi bir yüzey kalitesi elde etmek için düşük besleme hızı önerilmektedir.

Koç vd. (2017), “CNC uygulama parametrelerinin odun yüzey kalitesi üzerine etkisi” başlıklı çalışmalarında devir sayısı, besleme hızı ve odun materyalinin yüzey kalitesi üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada materyal olarak orta yoğunluktaki lif levha (MDF), kayın (*Fagus orientalis* L.), ve and Ayous (*Triplochiton scleroxylon*) seçilmiştir. Numuneler farklı devir sayıları ve ilerleme hızları kullanılarak hazırlanmıştır. Ortalama pürüzlülük (Ra) değerleri lazer tabanlı yüzey pürüzlülük ölçüm sistemi kullanılarak Matlab yazılımı vasıtası ile değerlendirilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre Ayous ve kayın ağaç türlerinde laser ve iğne taramalı yöntem ile elde edilen sonuçlara göre en düşük pürüzlülük değeri 18000 dev/dak devir sayısında 2 m/dak ilerleme hızında elde edilmiştir.

Gaff ve vd. (2017), çalışmalarında European aspen (*Populus tremula* L.) ağaç türünü kullanmışlardır. Kama ile basınç uygulanan yüzeylerdeki pürüzlülükler ölçülmüş, yüzey pürüzlülüğü açısından en iyi ve en kötü yüzeyler tespit edilerek değerlendirilmiştir.

Pinkowski vd. (2018), bileme açısının işlenen yüzeylerdeki kaliteye etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmalarında doğal ağaç türlerinden çam, kayın ve akasya ve egzotik ağaç türlerinden iroko deneme materyali olarak seçilmiştir. 25-40-45 ve 55° olarak dört bileme açısı denenmiştir. Denemeler 6000 dev/dak ve 3,2-8,3-12,5 ve 16,7 m/dak ilerleme hızlarında freze makinesinde gerçekleştirilmiştir. Bileme açısının 55° den 40° ye düşmesi ile yüzey pürüzlülüğü azalmıştır. Besleme hızının artması ile yüzey pürüzlülüğü de artış göstermiştir. Optimal açı 40° olarak belirlenmiştir. Ayrıca odun yoğunluğu arttıkça yüzey pürüzlülüğü azalmıştır.

Bal (2018), çalışmalarında CNC ile işlemede orta yoğunlukta lif levhanın yüzey pürüzlülüğü ve işleme süresi üzerine, bıçak adımı (%20, %40, %60 ve %80) ve besleme hızı (1, 3, 5 ve 7 m/dk) ayarlarının etkisi araştırılmıştır. Test örnekleri cep işleme yöntemi ile zig-zag taktiği kullanılarak işlenmiştir. Yüzey pürüzlülük ölçümleri ortalama pürüzlülük (Ra), 10 nokta pürüzlülüğü (Rz) ve kareler ortalamasının karekökü (Rq) değeri belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre; besleme hızı ve bıçak adımı arttıkça, yüzey pürüzlülüğü artmış ve işlem süresi azalmıştır. Yüzey pürüzlülüğü ve işlem süresi üzerine bıçak adımının besleme hızından daha etkili olduğu belirlenmiştir.

Bao vd. (2018), Kore çamında (*Pinus koraiensis*) zımparalama işleminde yapay sinir ağlarının yüzey pürüzlülüğü ölçümünde kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Çalışmada, zımparalama parametrelerinin *Pinus koraiensis*'in yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini ve zımpara basıncı ile yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişkiyi belirlemek ve son olarak sinir ağı sistemi ile *Pinus koraiensis*'in yapısı ile birlikte yüzey pürüzlülüğü modelini oluşturmayı amaçlamışlardır. Elde edilen veriler ışığında zımparalama esnasında yüzey pürüzlülüğünün başarılı olarak tahmin edilebileceği sonucuna varmışlardır.

Kudela vd. (2018), çalışmalarında kayın ve ladin odun yüzeylerinde frezeleme ve zımparalama işlemlerinde oluşan yüzey morfolojisini incelemişlerdir. İki yüzey işleme tekniği olan frezeleme ve zımparalamayı yüzeyde dalgalanma ve yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirmişlerdir. Pürüzlülük ölçümlerinde iğne taramalı yöntemi kullanmışlardır. Frezelemede kesici devir sayısı ve ilerleme hızı pürüzlülüğü etkilemektedir. Zımparalamada ise zımpara tanecik boyutu yüzey pürüzlülüğünde önemli bulunmuştur. Liflere dik işlemede yüzey pürüzlülüğü daha önemli bulunmuştur.

Sedlecký vd. (2018), yaptıkları çalışmalarında deney materyali olarak orta yoğunluktaki lif levha (MDF), tek tarafı lamine edilmiş orta yoğunluktaki lif levha ve masif ladin panel kullanarak kenarların frezelenmesinde yüzey pürüzlülüğünü incelemişlerdir. Çalışmada temaslı ve temassız yüzey pürüzlülük ölçüm cihazları kullanılmıştır. Her iki yöntem de ayrı ayrı değerlendirilmiş ve karşılaştırılmıştır. İşlemede üç farklı bileşime sahip tungsten karbür bıçaklar kesici olarak kullanılmıştır. 20, 30, 40 ve 60 m/sn olmak üzere dört farklı kesme hızı ve besleme hızının 4, 8 ve 11 m/dak olmak üzere 3 farklı besleme hızında işlemler gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde temassız bir profilometre ile daha doğru sonuçlar elde edilmiş ancak maliyet açısından daha yüksek bulunmuştur. Temassız profilometre ile ölçümler daha uzun sürmüştür. Yüzey kalitesi açısından en iyi sonuçlar, besleme hızı düşürülerek ve kesme hızı artırılarak elde edilmiştir.

İşleyen ve Karamanoğlu (2019), çalışmalarında işleme parametrelerinin (devir sayısı, besleme hızı, kesiş derinliği, kesici çapı) yüzey pürüzlülüğüne etkilerini incelemişlerdir. Denemelerde CNC kullanılmış ve orta yoğunluktaki lif levha (MDF) deney materyali olarak seçilmiştir. Denemelerde 2 farklı devir sayısı, dört farklı besleme hızı, iki farklı çapta kesici, iki farklı eksenel kesiş derinliği seçilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü iğne taramalı yöntem kullanılarak belirlenmiştir. Eksenel kesiş derinliğinin etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Yüzey pürüzlülüğü devir sayısı arttıkça ve besleme hızı azaldıkça azalmıştır. Kesici çapı arttıkça yüzey pürüzlülüğü de artmıştır.

Ağaç işleri ve mobilya sektöründe yüzey kalitesinin her açıdan önemli olduğu göz önüne alındığında, bu çalışmada, sektörde sıklıkla kullanılan Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) ve Anadolu kestanesi (*Castenia sativa* M.)'den hazırlanan numuneler üzerinde işleme parametrelerinin yüzey kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Numunelerin CNC'de farklı parametreler ile işlenmesinde yüzey pürüzlülüğu ile ilgili veriler elde edilerek en uygun işleme koşullarını belirlemek hedeflenmektedir.



3. GENEL BİLGİLER

3.1. CAD-CAM Sistemleri

Bilgisayar destekli üretim sistemi; genel anlamda üretimin bütün aşamalarının bilgisayar desteği ile yönetilmesi, kontrol altında tutulması, gerçekleştirilmesi olarak tanımlanır. Bilgisayar destekli üretim sistemi tasarım, mühendislik, imalat, üretim planlama, programlama, finans ve muhasebe gibi faaliyetleri kapsar. Bu tür faaliyetlerin bilgisayar destekli üretim sisteminde kullanılmasıyla üretim artışı, üretim süresinin kısalması, kalitenin yükselmesi, maliyetlerin düşmesi, verimliliğin artması sonuçlarının ortaya çıkmasıyla son zamanlarda işletmelerin bilgisayar destekli üretim sistemlerine geçişleri görülmüştür (Koç, 1993).

CNC tezgâhlar, NC tezgâhların gelişimi ile meydana gelmiştir. CNC tezgâhlara süreç içerisinde bilgisayar ile her aşamaya müdahale edilebilmekte ve bütün işlemleri hafızasında depolayabilmektedir. CNC programlamada G ve M kodları kullanılarak program hazırlanmaktadır. G kodları hareketi ve işlem şeklini kapsar yani kesicinin doğrusal hareketini, dairesel hareketini, çalışma düzlemini ve ölçü birimi seçimini kapsar. M kodları ise tezgâhın fonksiyonu ile ilgili kodlardır. İş milinin dönmesi, durması, metal işlemlerde soğutma sıvısının açılıp kapanması gibi fonksiyonları içermektedir (Akkurt, 1996).

Günümüzde müşteriler artık daha genel amaçlı, fazla seçenek sunmayan ürünler ile yetinmemekte, daha çok model arasından seçim yaparak, istediği özelliklere ve kişisel beğenilere uygun üretim yaptırmak istemektedirler. Geleneksel tasarım ve üretim yöntemleri ile bu ihtiyaçları karşılanması çok zor iken CAD/CAM sistemleri ile bu ihtiyaçlar karşılanabilmektedir (Damga, 2006).

3.2. Yüzey Pürüzlülüğü ve Ölçme

Yüzey pürüzlülüğü imalat süreci sonunda ağaç malzemenin yüzeyinde ortaya çıkan şekil, girinti ve çıkıntı dışında kalan, çok küçük olan ve aynı sıklıkla tekrarlanan bozuk yüzeylere denilir. Malzeme yüzeyinde meydana gelen bu hataların makinelerin siper, kesici vb. aksamlarındaki aksaklıklardan kaynaklanabileceği gibi ağaç malzemenin yapısından da oluşabilmektedir (Malkoçoğlu ve Özdemir, 1999).

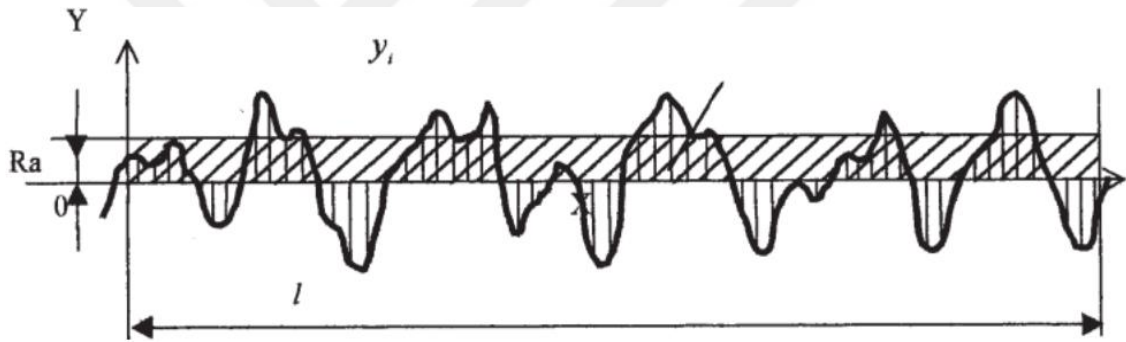
Yüzey pürüzlülüğü, ağaç malzemenin işlenmesi sırasında (kesme, planyalama) veya başka sebeplerle ortaya çıkan, çok küçük mesafeli yüzey bozukluklarıdır. Meydana gelen bu yüzey bozukluklarının üretim şekline göre ilkel olarak tespit edilebileceği ya da cihaz yardımı ile ölçülebileceği sonucuna varılmıştır (İlter vd., 2001).

Ahşap ve ahşap türevi ürünlerin üretiminde yüzey düzgünlüğünün; ürün sınıfını, kalitesini, üst yüzey uygulamaları için işleme kolaylığı ve daha sonraki üretim aşamalarını etkilediği; yüzey düzgünlüğünün ürünün kendi içinde ve ürün tipleri arasında farklılıklar gösterdiği belirtilmiştir (Aydın, 2004).

Ahşap yüzey pürüzlülüklerinin rakamsal ifade edilmesinde; çoğunlukla Ra (ortalama pürüzlülük değeri), Rmax (en büyük pürüzlülük değeri) ve Rz (10 noktanın ortalama pürüzlülük değeri) birimlerinden yararlanılmaktadır (TS 971; TS 6956; ISO 4287).

3.2.1. Ortalama pürüzlülük değeri (Ra)

Profil girintileri ile çıkıntıları arasında bulunan merkez çizgisi ortalama pürüzlülük değerini (Ra) göstermektedir. Şekil 3.1’de verilmektedir.



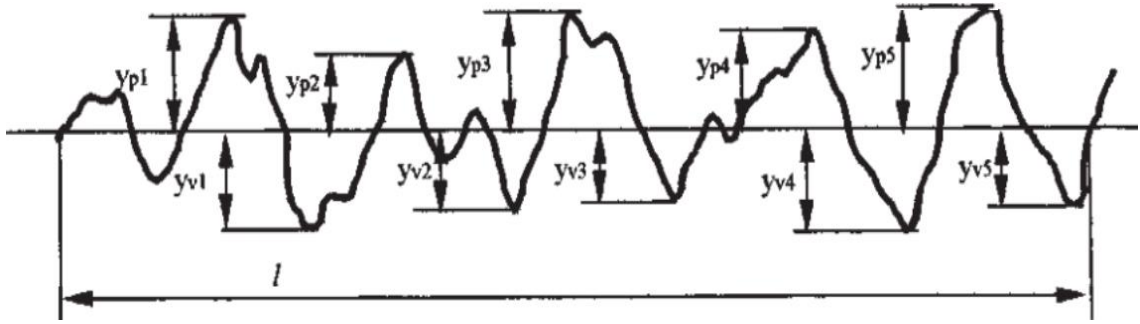
Şekil 3.1. Ortalama pürüzlülük değeri. Time TR-200.

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_i| \quad (3.1)$$

n = Münferit profil sapmalarının sayısı

3.2.2. On nokta pürüzlülüğü ortalama değeri (Rz)

Rz, pürüzlülük yüzey uzunluğu boyunca mevcut olan 5 yüksek tepe ve en derin 5 çukur noktası arasındaki ortalama mesafedir. Şekil 3.2’de verilmektedir.



Şekil 3.2. On nokta pürüzlülüğü ortalama değeri. Time TR-200.

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 y_{pi} + \sum_{i=1}^5 y_{vi}}{5} \quad (3.2)$$

y_{pi} = i 'nci en yüksek profil tepe yüksekliği

y_{vi} = i 'nci en derin profil vadisi derinliği

4. MALZEME VE YÖNTEM

4.1. Malzeme

4.1.1. Ağaç türü

Bu çalışmada ağaç türü olarak Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) ve Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* M.) deney materyali olarak kullanılmıştır. Kullanılan ağaç türleri ile ilgili bilgiler aşağıda verilmektedir.

Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.)

Fagaceae familyası türlerinden olup, ülkemizde doğal olarak yetişmektedir. Diri odun ile öz odun arasında renk farkı yoktur. Odunu kırmızımsı beyaz renktedir. Olgun odun özelliklerine sahiptir. Geniş öz ışınları çıplak gözle dahi görülebilmekte, 0,5-0,1 mm aralıkla uzanmakta ve kalın öz ışınları yıllık halka sınırında genişlemektedir. Odunu sert ve ağırdır. Çatlamaya ve dönüklüğe eğilimi olduğundan dikkatli kurutulmalıdır. İşlenmesi kolaydır. Soyulabilir, kesilebilir, çok iyi tormalanabilir. İyi renk verilebilir, iyi cila kabul eder. (Bozkurt ve Erdin, 2000)

Diğer yapraklı ağaçlardan daha geniş kullanım alanına sahiptir. Özellikle masif ve bükme mobilya, lambri, spor aletleri, oyuncak, bobin, alet sapları, sandal ve fırın kürekleri, müzik aletleri, parke, kontraplak, kaplama levha, fiçı, karoser yapımında, tornacılıkta, maden direği, lif-kağıt odunu olarak, odun kömürü, odun katranı, asetik asit eldesinde ve emprenye edildiğinde travers olarak kullanılmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 1997).

Çalışmada kullanılan numuneler Simav'da bulunan bir kereste fabrikasından rastgele seçilerek temin edilmiştir. Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) hava kurusu özgül ağırlığı 0,70 gr/cm³ tür.

Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* M.)

Kestane türlerinden *Castanea sativa* (Anadolu kestanesi) ülkemizde doğal yayılış göstermektedir. Kuru ve bozuk kuru olarak orman alanlarımızın 15024 hektarını kaplamaktadır. Diri odunu 3-4 yıllık halka olup, çok dar, gri ile kahverengimsi beyaz renktedir. Öz odunu ise taze halde gri-sarı ile soluk kahverengindedir, kesimden sonra koyulaşır.

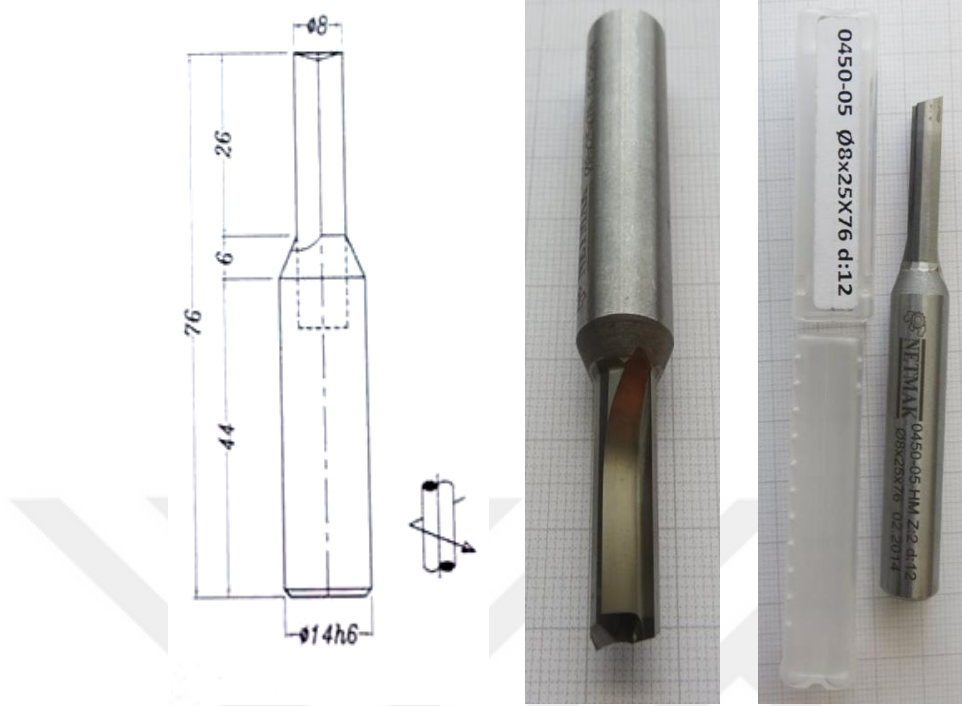
Tel direği, it direği, travers, kuru madde fiıları, mobilya, bükme mobilya, döşeme tahtaları, paneller, yarı kimyasal selüloz yapımında kullanılır. Ülkemizde genç sürgünleri “bambu” taklidi olarak mobilya sanayiinde kullanılmaktadır.

Çalışmada kullanılan numuneler Simav’da bulunan bir kereste fabrikasından rastgele seçilerek temin edilmiştir. Anadolu keşanesi (*Castenia sativa* M.) hava kurusu özgül ağırlığı 0,56 gr/cm³ tür.

4.1.2. Kesiciler

Parmak frezeler her işin gerektirdiği ihtiyaçları karşılayacak tiplerde üretilmektedir. Çevrelerinde ve uç yüzeylerinde iki veya daha fazla kesici ağızları bulunmaktadır. Kesici ağızları dikine ilerleme yapabilecek şekilde bilenirler. Parmak frezelerin, kesme işlemi yapan dişli kısımlarının şekilleri ise “Düz ve Helis” kanallı olarak yapılırlar. Helis kanalları, kesme yönüne uygun, sağ veya sol yönlü 10-15 derecelik helis açılarında olurlar. Bu tip kesiciler genellikle cep frezeleme, kanal açma gibi işlemlerde kullanılmaktadırlar.

Bu çalışmada kesiciler Netmak isimli firmadan temin edilmiştir. Ahşap işlemek için HSS malzemedен üretilmiş olan 8 mm çapında farklı kesici kenar sayısına sahip ($Z = 2$, $Z = 3$) düz parmak frezeler kullanılarak numuneler işlenmiştir. Kullanılan kesiciler Şekil 4.1 ve 4.2’de verilmektedir.



Şekil 4.1. İki ağızlı düz parmak freze. Netmak.



Şekil 4.2. Üç ağızlı Z = 2 grubu spiral hassas kesim bıçağı. Netmak.

4.1.3. Kullanılan CNC tezgahı

Deneilerin gerçekleştirilmesinde Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı Simav Mobilya Atölyesinde bulunan SKILLED 2040 CNC makinesinden yararlanılmıştır. CNC tezgahına ait bazı temel özellikler şu şekildedir.

- CNC tezgah ölçüleri : Boy: 1650 mm, en: 1350 mm, yükseklik: 1800 mm
- Çalışma alanı : X-800, Y-800, Z-150
- Çalışma hassasiyeti : 0,01 mm
- Boşta ilerleme hızı : 12 m/dakika
- Maksimum kesme hızı : 9 m/dakika
- Ağırlık : 480 kg
- Spindle motor : 5,5 Kw, 18000 rpm, Er 32 pens takılan pens sistemi
- Çalışma sistemi : NC Code (ISO)

Şekil 4.3'te çalışmada kullanılan CNC tezgahı verilmektedir.

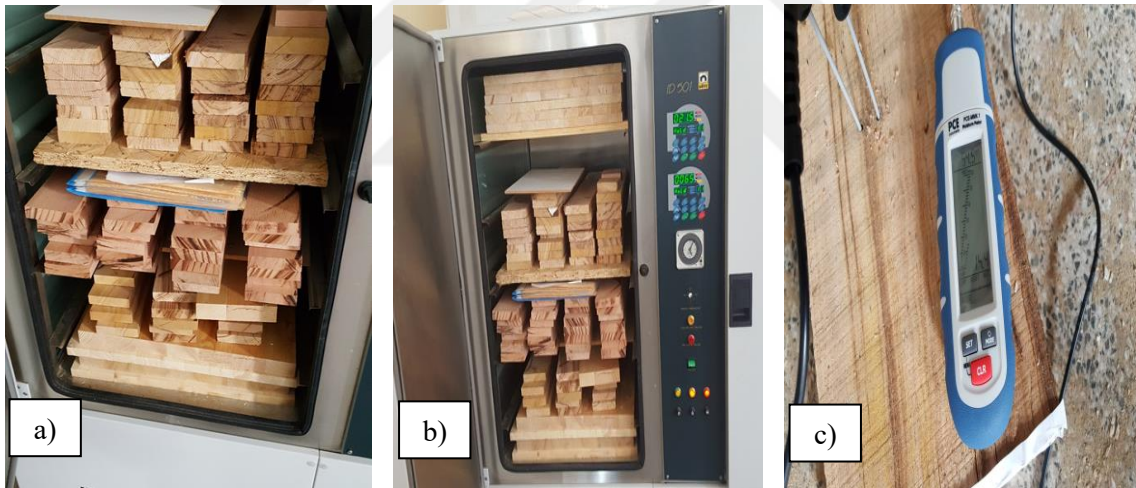


Şekil 4.3. Skilled CNC 2040 CNC freze makinesi.

4.2. Yöntem

4.2.1. Deney örneklerinin hazırlanması

Deneyler yapılmadan önce bütün örnekler klimatize dolabına ve CNC tablaya sığacak şekilde uygun ölçülere getirilmiştir. Ağırlığı değişmeyinceye kadar ($20 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\%65 \pm 5$ nisbi rutubette klimatize edilerek rutubet miktarını $\%12 \pm 2$ 'ye gelmesi sağlanmıştır. CNC tezgahta işlenmek üzere ArtCAM yazılımı ile uzun kenarları 5 cm kısa kenarları 2 cm ebatlarında, 10 mm işleme derinliğinde 72 adet L şeklinde işleme gerçekleştirmek için takım yolu oluşturulmuştur. Tasarım oluşturulduktan sonra verilen işleme parametrelerine göre G kodları çıkarılmış ve CNC tezgâha aktarılarak zig zag takım yolu ile işleme gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.4 ve Şekil 4.5). Deney tasarımının oluşturulmasında seçilecek olan işleme parametreleri ve düzeyleri literatür de göz önüne alınarak oluşturulmuştur (Çizelge 4.1).



Not: a, b) Klimatize dolabı. Nuve ID 501, c) Rutubet ölçme cihazı. PCE Pcemmk 1.

Şekil 4.4. Klimatize dolabı ve rutubet ölçme cihazı.

Parçaların işlenmesinde Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı Simav mobilya atölyesinde bulunan SKILLED 2040 CNC makinesinden yararlanılmıştır.

Çizelge 4.1. İşleme parametreleri, düzeyleri ve değerleri.

| İşleme parametreleri | Düzeyleyler ve değerler |
|---------------------------|-------------------------|
| İşleme katman sayısı (mm) | 3 |
| | 4 |
| Devir sayısı (dev/dak) | 8 000 |
| | 12 000 |
| | 16 000 |
| İlerleme hızı (mm/dak) | 1 000 |
| | 1 500 |
| | 2 000 |
| Kesici tipi | 1 |
| | 2 |

Şekil 4.5’de CNC de işleme esnasında ve işleme sonrası resimler verilmektedir. Şekil 4.6’da ise örneklerin pürüzlülük ölçümü için birbirinden ayrılması ile ilgili resimlere yer verilmektedir.



Şekil 4.5. CNC’de işleme görüntüleri.



Şekil 4.6. Örneklerin pürüzlülük ölçümü için birbirinden ayrılması.

4.2.2. Deneylerin yapılması

4.2.3. Yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesi

Pürüzlülük ölçümlerinde ISO 4287 prensipleri uygulanmıştır. Ölçüm sonuçları, TS EN 10049 ve ISO 4287’de gösterildiği gibi, ardışık profil değişimini ölçebilen Time TR-200 dokunmalı (iğneli) pürüzlülük ölçüm cihazı kullanılarak yapılmıştır. Şekil 4.7’de pürüzlülük ölçme ile ilgili görüntüler verilmektedir. Ölçümler, numunelerin zemin yüzeylerinde ve yan yüzeylerinde liflere dik ve liflere paralel şekilde gerçekleştirilmiştir. Cihaz, ölçme adımı (cut-off) 0,8 mm alındıktan sonra numuneler ve cihaz yere paralel olacak şekilde ayarlanarak ölçme başlatılmıştır. Ölçümler 5’er defa tekrarlanmıştır. Elde edilen değerler cihazın LCD ekranından okunarak Ra ve Rz değerleri not edilmiştir. Ölçümler devam ederken cihazın kalibrasyonu belli aralıklarla kontrol edilmiştir.



Şekil 4.7. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı. Time TR-200.

4.2.4. Kullanılan istatistikî yöntemler

Minitab 17 yazılımı kullanılarak %95 güven düzeyinde Tek Yönlü varyans analizi uygulanmıştır.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada Ra ve Rz üzerinde işleme derinliğinin, devir sayısının, ilerleme hızının ve kesici tipinin etkisini belirlemek amacıyla denemeler yapılmış ve istatistiksel metotlar kullanılarak değerlendirilmiştir.

5.1. Kayın Numunelerde Zemin Yüzeyde Liflere Dik Yapılan Ölçümlerde Elde Edilen Yüzey Pürüzlülük Değerleri

Kayın numunelerin işlenmesinde zemin yüzeyde liflere dik yapılan pürüzlülük ölçümlerinde elde edilen Ra ve Rz değerleri Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. İşleme şartlarına göre kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri (Ra ve Rz).

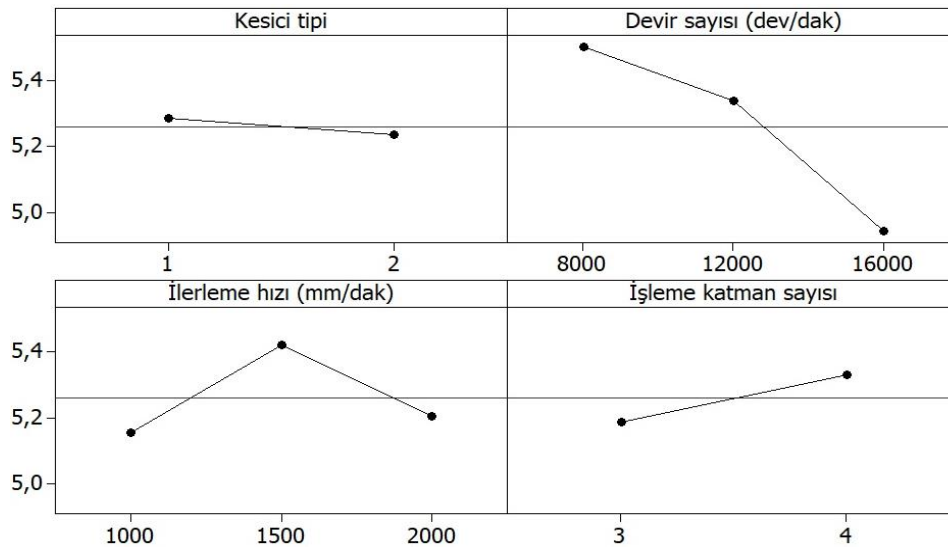
| Kesici tipi | Devir sayısı (dev/dak) | İlerleme hızı (mm/dak) | İşleme katman sayısı | Ra (µm) | Rz (µm) |
|-------------|------------------------|------------------------|----------------------|---------|---------|
| 1 | 8000 | 1000 | 3 | 6,185 | 36,438 |
| 1 | 8000 | 1000 | 4 | 5,220 | 31,850 |
| 1 | 8000 | 1500 | 3 | 5,488 | 32,173 |
| 1 | 8000 | 1500 | 4 | 5,975 | 38,205 |
| 1 | 8000 | 2000 | 3 | 6,729 | 38,287 |
| 1 | 8000 | 2000 | 4 | 5,547 | 31,247 |
| 1 | 12000 | 1000 | 3 | 4,354 | 30,277 |
| 1 | 12000 | 1000 | 4 | 5,053 | 32,230 |
| 1 | 12000 | 1500 | 3 | 5,457 | 33,546 |
| 1 | 12000 | 1500 | 4 | 5,973 | 35,148 |
| 1 | 12000 | 2000 | 3 | 5,138 | 27,817 |
| 1 | 12000 | 2000 | 4 | 5,683 | 33,310 |
| 1 | 16000 | 1000 | 3 | 2,838 | 19,290 |
| 1 | 16000 | 1000 | 4 | 4,809 | 29,567 |
| 1 | 16000 | 1500 | 3 | 6,320 | 34,450 |
| 1 | 16000 | 1500 | 4 | 5,463 | 32,733 |
| 1 | 16000 | 2000 | 3 | 3,665 | 25,947 |
| 1 | 16000 | 2000 | 4 | 5,233 | 31,175 |
| 2 | 8000 | 1000 | 3 | 6,621 | 36,813 |
| 2 | 8000 | 1000 | 4 | 4,282 | 27,643 |
| 2 | 8000 | 1500 | 3 | 5,690 | 33,733 |
| 2 | 8000 | 1500 | 4 | 4,274 | 27,090 |
| 2 | 8000 | 2000 | 3 | 4,111 | 26,967 |
| 2 | 8000 | 2000 | 4 | 5,896 | 35,264 |
| 2 | 12000 | 1000 | 3 | 5,176 | 32,553 |
| 2 | 12000 | 1000 | 4 | 6,571 | 37,273 |
| 2 | 12000 | 1500 | 3 | 5,376 | 33,913 |
| 2 | 12000 | 1500 | 4 | 6,485 | 38,197 |
| 2 | 12000 | 2000 | 3 | 4,666 | 27,280 |
| 2 | 12000 | 2000 | 4 | 4,106 | 25,640 |
| 2 | 16000 | 1000 | 3 | 5,178 | 32,940 |
| 2 | 16000 | 1000 | 4 | 5,581 | 30,833 |
| 2 | 16000 | 1500 | 3 | 4,805 | 28,674 |
| 2 | 16000 | 1500 | 4 | 3,741 | 23,270 |
| 2 | 16000 | 2000 | 3 | 5,603 | 32,470 |
| 2 | 16000 | 2000 | 4 | 6,083 | 36,693 |

Kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinin varyans analizi sonuçları Çizelge 5.2’de verilmektedir.

Çizelge 5.2. Kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (Ra) için varyans analizi sonuçları.

| Kaynak | DF | Adj SS | Adj MS | F | P |
|--|----|---------|---------|------|-------|
| Kesici tipi | 1 | 0,0217 | 0,02169 | 0,02 | 0,881 |
| Devir sayısı (dev/dak) | 2 | 1,9742 | 0,98711 | 1,05 | 0,372 |
| İlerleme hızı (mm/dak) | 2 | 0,4761 | 0,23807 | 0,25 | 0,779 |
| İşleme katman sayısı | 1 | 0,1837 | 0,18372 | 0,20 | 0,664 |
| Kesici tipi*Devir sayısı (dev/dak) | 2 | 2,1320 | 1,06602 | 1,14 | 0,345 |
| Kesici tipi*İlerleme hızı (mm/dak) | 2 | 3,7603 | 1,88014 | 2,01 | 0,167 |
| Kesici tipi*İşleme katman sayısı | 1 | 0,2486 | 0,24865 | 0,27 | 0,613 |
| Devir sayısı (dev/dak)* İlerleme hızı (mm/dak) | 4 | 2,0816 | 0,52041 | 0,56 | 0,698 |
| Devir sayısı (dev/dak)* İşleme katman sayısı | 2 | 2,5792 | 1,28962 | 1,38 | 0,281 |
| İlerleme hızı (mm/dak)* İşleme katman sayısı | 2 | 0,6330 | 0,31649 | 0,34 | 0,718 |
| Residual Error | 16 | 14,9907 | 0,93692 | | |
| Toplam | 35 | 29,0813 | | | |

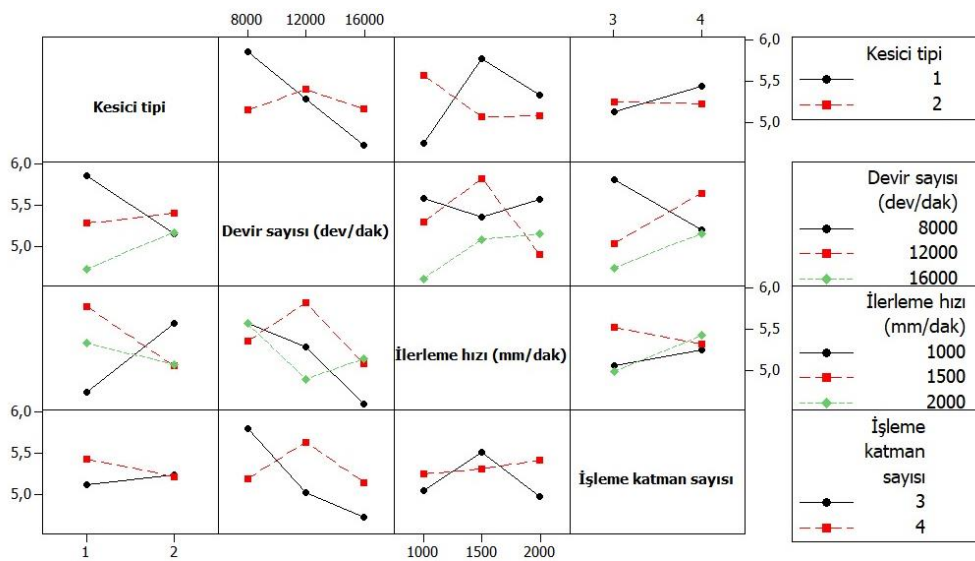
Çizelge 5.2’ye göre %95 güven düzeyinde yapılan varyans analiz sonuçlarına göre tüm faktörler (kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı, işleme katman sayısı) için $p > 0,05$ olduğundan anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Şekil 5.1’de ise kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (Ra) için ana etki grafiği görülmektedir.



Şekil 5.1. Kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının ortalama pürüzlülük (Ra) üzerine etkisi.

Şekil 5.1'deki kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (R_a) için ana etki grafiği incelendiğinde devir sayısı 8000 dev/dak'dan 16000 Dev/dak'ya arttıkça pürüzlülük değerinde bir düşme meydana gelmiştir. İlerleme hızı incelendiğinde ise, 1000 mm/dak ilerleme hızında en düşük pürüzlülük değeri elde edilirken, ilerleme hızının 1500'e çıkması ile pürüzlülük değerinde artış meydana gelmiş ve en yüksek pürüzlülük değeri 1500 mm/dak'da elde edilmiştir. İlerleme hızı 2000 mm/dak'ya çıkarıldığında ise yüzey pürüzlülük değeri tekrardan düşmüş ancak en düşük pürüzlülük değeri 1000 mm/dak'da elde edilmiştir. Sonuç olarak en düşük pürüzlülük değerleri 2 no'lu kesici tipinde, 16000 dev/dak devir sayısında, 1000 mm/dak ilerleme hızında ve 3 işleme katman sayısında elde edilmiştir. Grafiklerin yatay ortalama çizgisine göre eğimleri söz konusu parametrenin etkinliği hakkında bilgi verebilmektedir (Çelik, 2018; Sertsöz, 2018). Eğim dikleştikçe parametrenin etkinliği artmaktadır. Tüm parametreler istatistiksel olarak anlamsız olsa da devir sayısının eğrisinin konumu dikkate alındığında diğerlerinden daha etkin olduğu söylenebilir. En az etkiye sahip olan parametre ise kesici tipi olarak görülmektedir.

Şekil 5.2'de ise pürüzlülük sonuçları ile işleme parametreleri arasındaki ilişkiyi daha detaylı görebilmek için etkileşim grafikleri hazırlanmıştır. Bu grafiklere bakıldığında yukarıda ifade edildiği gibi devir sayısının değişim üzerinde daha etkin olduğu görülmektedir. 3 numaralı katmanın diğer işleme parametrelerinin tamamında en düşük pürüzlülük değeri verdiği görülmüştür. İlerlemenin 1000 mm/dak olduğu şartlarda diğer parametreler için en düşük R_a elde edilmiştir. En düşük R_a 16000 dev/dak değeri tüm parametrelerde elde edilmiştir. 1 numaralı kesici ile yine tüm parametreler için en düşük R_a ölçümleri alınmıştır.



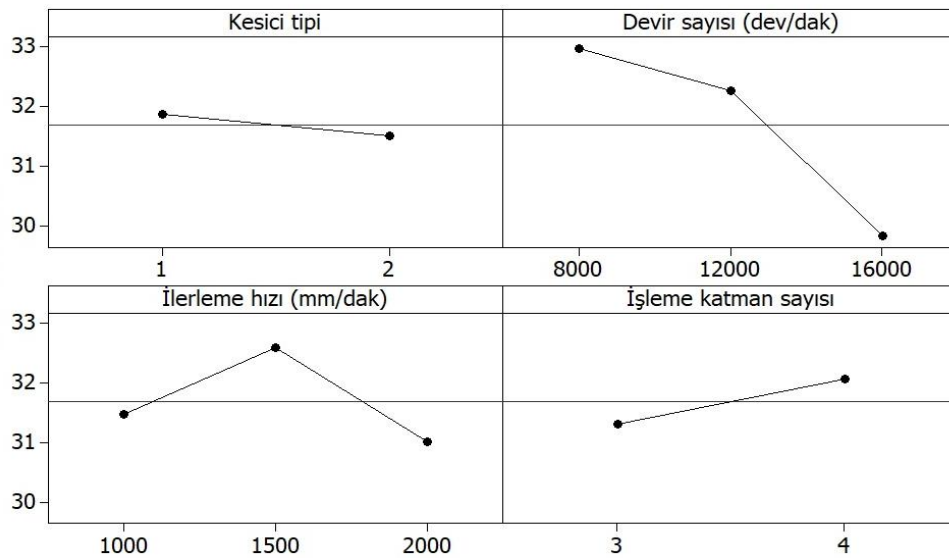
Şekil 5.2. Kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının birbirleri ile ortalama pürüzlülük (R_a) açısından etkileşimleri.

Kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde Rz için varyans analizi sonuçları Çizelge 5.3'te verilmektedir.

Çizelge 5.3. Kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde Rz için varyans analizi sonuçları.

| Source | DF | Adj SS | Adj MS | F | P |
|--|----|---------|--------|------|-------|
| Kesici tipi | 1 | 1,152 | 1,152 | 0,06 | 0,815 |
| Devir sayısı (dev/dak) | 2 | 65,018 | 32,509 | 1,60 | 0,232 |
| İlerleme hızı (mm/dak) | 2 | 15,946 | 7,793 | 0,39 | 0,681 |
| İşleme katman sayısı | 1 | 5,291 | 5,291 | 0,26 | 0,616 |
| Kesici tipi*Devir sayısı (dev/dak) | 2 | 46,496 | 23,248 | 1,15 | 0,342 |
| Kesici tipi*İlerleme hızı (mm/dak) | 2 | 66,168 | 33,084 | 1,63 | 0,226 |
| Kesici tipi*İşleme katman sayısı | 1 | 11,879 | 11,879 | 0,59 | 0,455 |
| Devir sayısı (dev/dak)* İlerleme hızı (mm/dak) | 4 | 101,190 | 25,298 | 1,25 | 0,330 |
| Devir sayısı (dev/dak)* İşleme katman sayısı | 2 | 40,668 | 20,334 | 1,00 | 0,388 |
| İlerleme hızı (mm/dak)* İşleme katman sayısı | 2 | 12,763 | 6,382 | 0,31 | 0,734 |
| Residual Error | 16 | 324,142 | 20,259 | | |
| Total | 35 | 690,716 | | | |

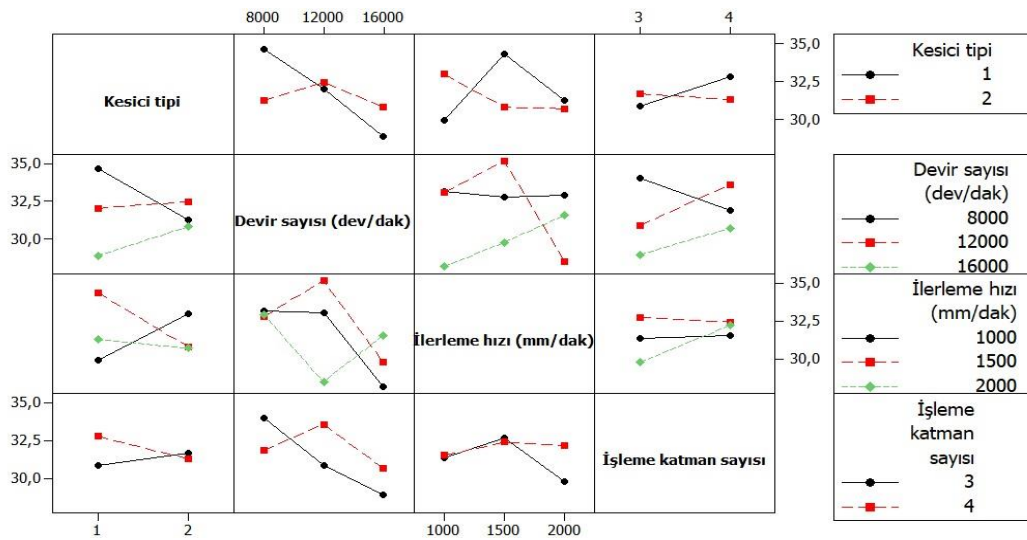
Çizelge 5.3'e göre kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde %95 güven düzeyinde yapılan varyans analiz sonuçlarına göre tüm faktörler (kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı, işleme katman sayısı) için $p > 0,05$ olduğundan anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Şekil 5.3'te ise kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde Rz için ana etki grafiği görülmektedir.



Şekil 5.3. Kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının Rz üzerine etkisi.

Şekil 5.3'teki kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (R_z) için ana etki grafiği incelendiğinde devir sayısı 8000 dev/dak'dan 16000 Dev/dak'ya arttıkça pürüzlülük değerinde bir düşme meydana gelmiştir. İlerleme hızı incelendiğinde ise, 1000 mm/dak ilerleme hızından ilerleme hızının 1500'e çıkması ile pürüzlülük değerinde artış meydana gelmiş ve en yüksek pürüzlülük değeri 1500 mm/dak'da elde edilmiştir. İlerleme hızı 2000 mm/dak'ya çıkarıldığında ise yüzey pürüzlülük değeri tekrardan düşmüş ve en düşük pürüzlülük değeri 2000 mm/dak'da elde edilmiştir. Sonuç olarak en düşük pürüzlülük değerleri 2 no'lu kesici tipinde, 16000 dev/dak devir sayısında, 2000 mm/dak ilerleme hızında ve 3 işleme katman sayısında elde edilmiştir. Grafiklerin yatay ortalama çizgisine göre eğimleri söz konusu parametrenin etkinliği hakkında bilgi verebilmektedir (Çelik, 2018; Sertsöz, 2018). Eğim dikleştikçe parametrenin etkinliği artmaktadır. Tüm parametreler istatistiksel olarak %96 güven düzeyinde anlamsız olsa da devir sayısının eğrisinin konumu dikkate alındığında diğerlerinden daha etkin olduğu söylenebilir. En az etkiye sahip olan parametre ise kesici tipi olarak görülmektedir.

Şekil 5.4'te ise pürüzlülük sonuçları ile işleme parametreleri arasındaki ilişkiyi daha detaylı görebilmek için etkileşim grafikleri hazırlanmıştır. Bu grafiklere bakıldığında yukarıda ifade edildiği gibi devir sayısının değişim üzerinde daha etkin olduğu görülmektedir. 3 numaralı katmanın diğer işleme parametrelerinin tamamında en düşük pürüzlülük değeri verdiği görülmüştür. Çoğunlukla en düşük R_z 16000 dev/dak değeri elde edilmiştir. 1 numaralı kesici ile yine tüm parametreler için en düşük R_z ölçümleri alınmıştır.



Şekil 5.4. Kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının birbirleri ile R_z açısından etkileşimleri.

5.2. Kayın Numunelerde Zemin Yüzeyde Liflere Paralel Yapılan Ölçümlerde Elde Edilen Yüzey Pürüzlülük Değerleri

İşleme şartlarına göre kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde elde edilen yüzey pürüzlülük Ra ve Rz değerleri Çizelge 5.4'te verilmektedir.

Çizelge 5.4. İşleme şartlarına göre kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde elde edilen yüzey pürüzlülük Ra ve Rz değerleri.

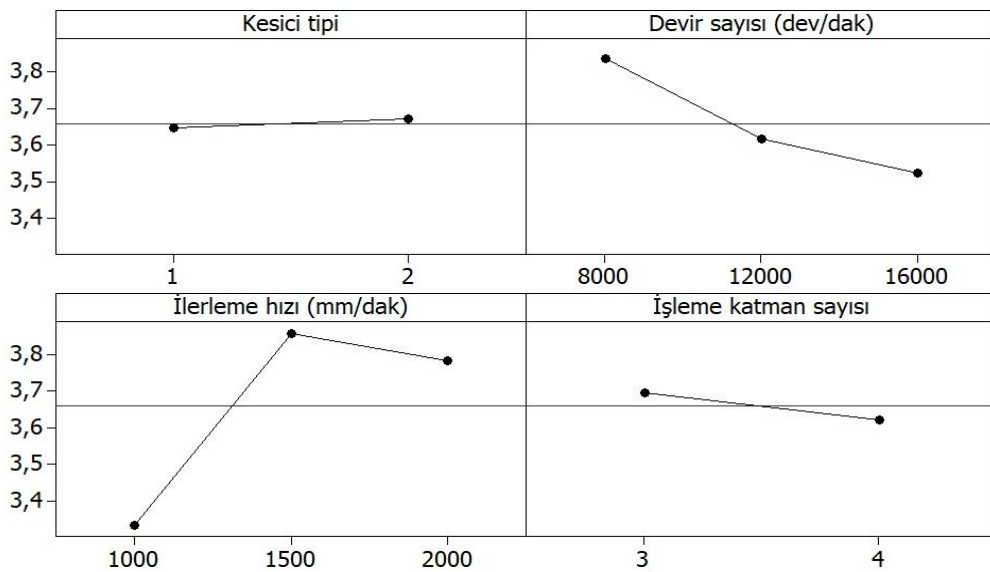
| Kesici tipi | Devir sayısı (dev/dak) | İlerleme hızı (mm/dak) | İşleme katman sayısı | Ra (μm) | Rz (μm) |
|-------------|------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1 | 8000 | 1000 | 3 | 4,085 | 20,887 |
| 1 | 8000 | 1000 | 4 | 3,374 | 16,187 |
| 1 | 8000 | 1500 | 3 | 4,455 | 24,260 |
| 1 | 8000 | 1500 | 4 | 3,046 | 16,560 |
| 1 | 8000 | 2000 | 3 | 4,746 | 24,890 |
| 1 | 8000 | 2000 | 4 | 3,913 | 19,613 |
| 1 | 12000 | 1000 | 3 | 2,610 | 15,927 |
| 1 | 12000 | 1000 | 4 | 2,891 | 15,063 |
| 1 | 12000 | 1500 | 3 | 3,336 | 17,917 |
| 1 | 12000 | 1500 | 4 | 3,788 | 20,483 |
| 1 | 12000 | 2000 | 3 | 3,624 | 19,302 |
| 1 | 12000 | 2000 | 4 | 3,364 | 17,920 |
| 1 | 16000 | 1000 | 3 | 3,136 | 17,897 |
| 1 | 16000 | 1000 | 4 | 2,492 | 13,583 |
| 1 | 16000 | 1500 | 3 | 4,110 | 22,297 |
| 1 | 16000 | 1500 | 4 | 4,533 | 27,470 |
| 1 | 16000 | 2000 | 3 | 3,406 | 18,777 |
| 1 | 16000 | 2000 | 4 | 4,706 | 24,290 |
| 2 | 8000 | 1000 | 3 | 3,266 | 18,097 |
| 2 | 8000 | 1000 | 4 | 2,699 | 15,060 |
| 2 | 8000 | 1500 | 3 | 3,217 | 16,187 |
| 2 | 8000 | 1500 | 4 | 4,944 | 27,208 |
| 2 | 8000 | 2000 | 3 | 5,021 | 24,863 |
| 2 | 8000 | 2000 | 4 | 3,263 | 17,900 |
| 2 | 12000 | 1000 | 3 | 3,875 | 22,740 |
| 2 | 12000 | 1000 | 4 | 5,294 | 25,607 |
| 2 | 12000 | 1500 | 3 | 3,853 | 21,673 |
| 2 | 12000 | 1500 | 4 | 4,568 | 26,708 |
| 2 | 12000 | 2000 | 3 | 3,480 | 19,366 |
| 2 | 12000 | 2000 | 4 | 2,715 | 16,057 |
| 2 | 16000 | 1000 | 3 | 2,540 | 18,793 |
| 2 | 16000 | 1000 | 4 | 3,746 | 19,870 |
| 2 | 16000 | 1500 | 3 | 3,623 | 18,620 |
| 2 | 16000 | 1500 | 4 | 2,822 | 15,554 |
| 2 | 16000 | 2000 | 3 | 4,154 | 28,108 |
| 2 | 16000 | 2000 | 4 | 3,015 | 16,430 |

Kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (Ra) için varyans analizi sonuçları Çizelge 5.5'te verilmektedir.

Çizelge 5.5. Kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (Ra) için varyans analizi sonuçları.

| Source | DF | Adj SS | Adj MS | F | P |
|--|----|---------|---------|------|-------|
| Kesici tipi | 1 | 0,00645 | 0,00645 | 0,01 | 0,920 |
| Devir sayısı (dev/dak) | 2 | 0,61648 | 0,30824 | 0,50 | 0,616 |
| İlerleme hızı (mm/dak) | 2 | 1,93002 | 0,96501 | 1,56 | 0,240 |
| İşleme katman sayısı | 1 | 0,05190 | 0,05190 | 0,08 | 0,776 |
| Kesici tipi*Devir sayısı (dev/dak) | 2 | 2,07910 | 1,03955 | 1,68 | 0,217 |
| Kesici tipi*İlerleme hızı (mm/dak) | 2 | 1,03768 | 0,51884 | 0,84 | 0,450 |
| Kesici tipi*İşleme katman sayısı | 1 | 0,05718 | 0,05718 | 0,09 | 0,765 |
| Devir sayısı (dev/dak)* İlerleme hızı (mm/dak) | 4 | 2,15722 | 0,53931 | 0,87 | 0,502 |
| Devir sayısı (dev/dak)* İşleme katman sayısı | 2 | 1,29180 | 0,64590 | 1,05 | 0,374 |
| İlerleme hızı (mm/dak)* İşleme katman sayısı | 2 | 1,12656 | 0,56328 | 0,91 | 0,422 |
| Residual Error | 16 | 9,88831 | 0,61802 | | |
| Total | 35 | 20,2427 | | | |

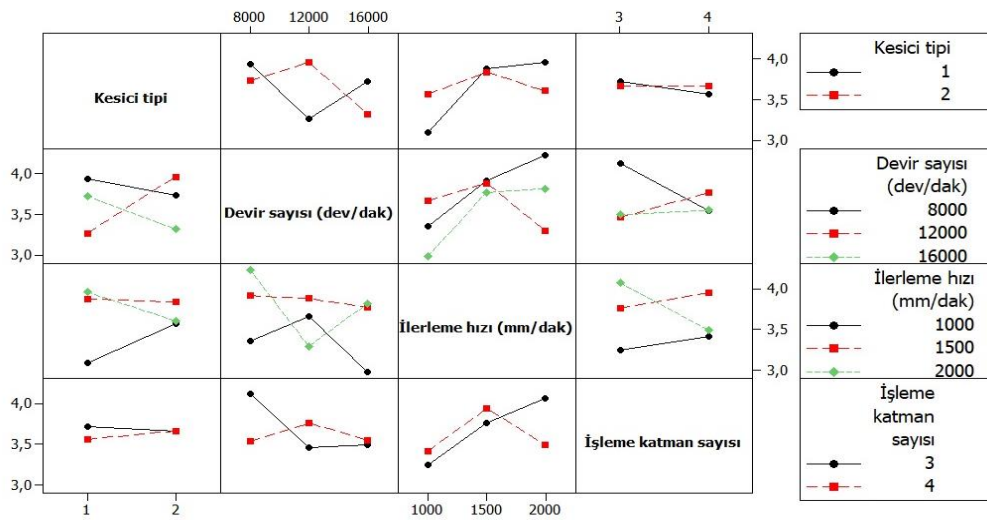
Çizelge 5.5'e göre %95 güven düzeyinde yapılan varyans analiz sonuçlarına göre tüm faktörler (kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı, işleme katman sayısı) için $p > 0,05$ olduğundan anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Şekil 5.5'de ise kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (Ra) için ana etki grafiği görülmektedir.



Şekil 5.5. Kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının ortalama pürüzlülük (Ra) üzerine etkisi.

Şekil 5.5'deki kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (R_a) için ana etki grafiği incelendiğinde devir sayısı 8000 dev/dak'dan 16000 Dev/dak'ya arttıkça pürüzlülük değerinde bir düşme meydana gelmiştir. İlerleme hızı incelendiğinde ise, 1000 mm/dak ilerleme hızında en düşük pürüzlülük değeri elde edilirken, ilerleme hızının 1500'e çıkması ile pürüzlülük değerinde artış meydana gelmiş ve en yüksek pürüzlülük değeri 1500 mm/dak'da elde edilmiştir. İlerleme hızı 2000 mm/dak'ya çıkarıldığında ise yüzey pürüzlülük değeri tekrardan düşmüş ancak en düşük pürüzlülük değeri 1000 mm/dak'da elde edilmiştir. Sonuç olarak en düşük pürüzlülük değerleri 1 no'lu kesici tipinde, 16000 dev/dak devir sayısında, 1000 mm/dak ilerleme hızında ve 4 işleme katman sayısında elde edilmiştir. Grafiklerin yatay ortalama çizgisine göre eğimleri söz konusu parametrenin etkinliği hakkında bilgi verebilmektedir (Çelik, 2018; Sertsöz, 2018). Eğim dikleştikçe parametrenin etkinliği artmaktadır. Tüm parametreler istatistiksel olarak anlamsız olsa da devir sayısının eğrisinin konumu dikkate alındığında diğerlerinden daha etkin olduğu söylenebilir. En az etkiye sahip olan parametre ise kesici tipi olarak görülmektedir.

Şekil 5.6'da ise pürüzlülük sonuçları ile işleme parametreleri arasındaki ilişkiyi daha detaylı görebilmek için etkileşim grafikleri hazırlanmıştır. Bu grafiklere bakıldığında yukarıda ifade edildiği gibi devir sayısının değişim üzerinde daha etkin olduğu görülmektedir. 3 numaralı katmanın diğer işleme parametrelerinin tamamında en düşük pürüzlülük değeri verdiği görülmüştür. İlerlemenin 1000 mm/dak olduğu şartlarda diğer parametreler için en düşük R_a elde edilmiştir. En düşük R_a 16000 dev/dak değeri tüm parametrelerde elde edilmiştir. 1 numaralı kesici ile yine tüm parametreler için en düşük R_a ölçümleri alınmıştır.



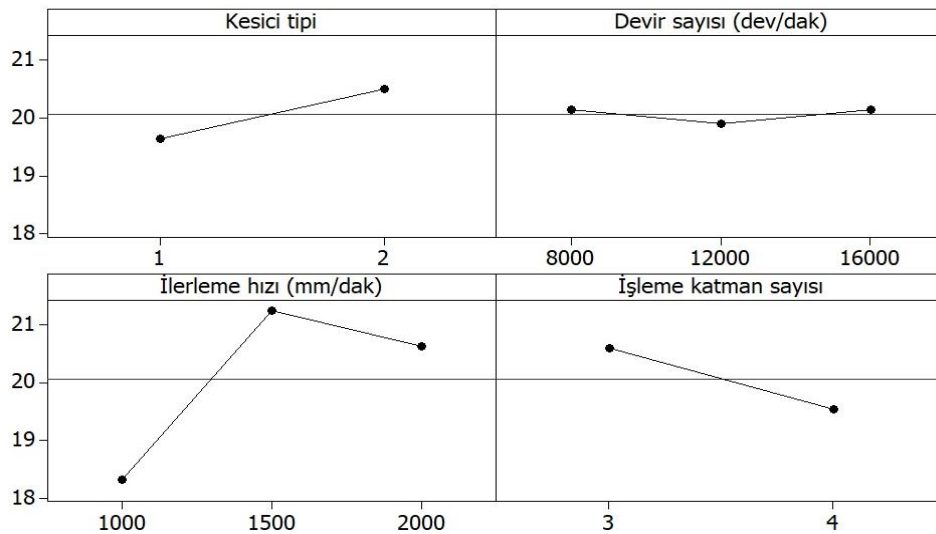
Şekil 5.6. Kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının birbirleri ile ortalama pürüzlülük (R_a) açısından etkileşimleri.

Kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde Rz için varyans analizi sonuçları Çizelge 5.6'da verilmektedir.

Çizelge 5.6. Kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde Rz için varyans analizi sonuçları.

| Source | DF | Adj SS | Adj MS | F | P |
|--|----|---------|---------|------|-------|
| Kesici tipi | 1 | 6,689 | 6,6891 | 0,37 | 0,552 |
| Devir sayısı (dev/dak) | 2 | 0,479 | 0,2397 | 0,01 | 0,987 |
| İlerleme hızı (mm/dak) | 2 | 57,475 | 28,7377 | 1,59 | 0,235 |
| İşleme katman sayısı | 1 | 10,066 | 10,0658 | 0,56 | 0,467 |
| Kesici tipi*Devir sayısı (dev/dak) | 2 | 52,465 | 26,2324 | 1,45 | 0,264 |
| Kesici tipi*İlerleme hızı (mm/dak) | 2 | 29,879 | 14,9397 | 0,82 | 0,456 |
| Kesici tipi*İşleme katman sayısı | 1 | 0,238 | 0,2381 | 0,01 | 0,910 |
| Devir sayısı (dev/dak)* İlerleme hızı (mm/dak) | 4 | 51,177 | 12,7942 | 0,71 | 0,599 |
| Devir sayısı (dev/dak)* İşleme katman sayısı | 2 | 19,495 | 9,7474 | 0,54 | 0,594 |
| İlerleme hızı (mm/dak)* İşleme katman sayısı | 2 | 55,238 | 27,6189 | 1,52 | 0,248 |
| Residual Error | 16 | 289,852 | 18,1157 | | |
| Total | 35 | 573,054 | | | |

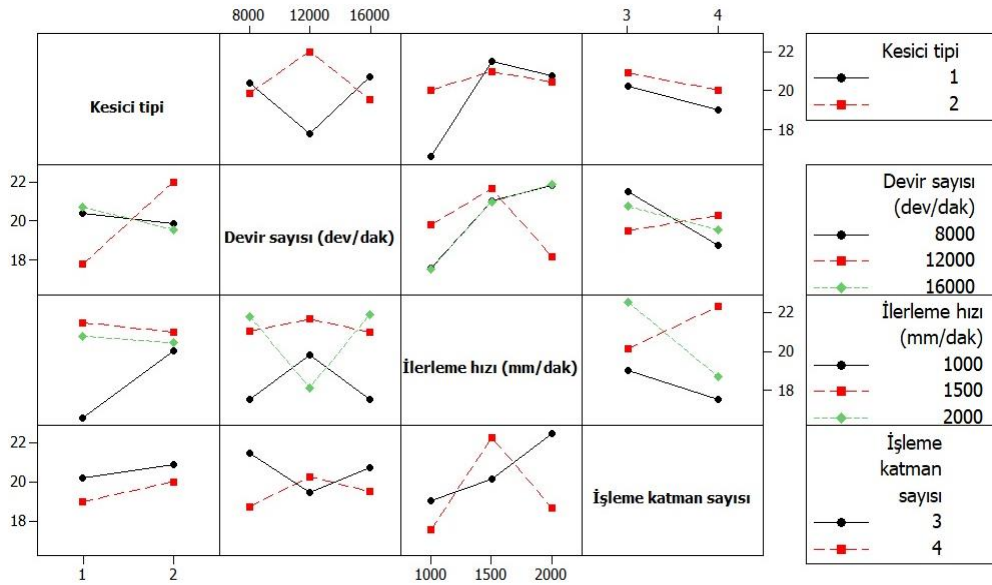
Buna göre %95 güven düzeyinde yapılan varyans analiz sonuçlarında tüm faktörler (kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı, işleme katman sayısı) için $p > 0,05$ olduğundan anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Şekil 5.7'de ise kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde Rz için ana etki grafiği görülmektedir.



Şekil 5.7. Kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının ortalama pürüzlülük Rz üzerine etkisi.

Şekil 5.7’de kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde Rz için ana etki grafiği incelendiğinde devir sayısı 8000 dev/dak’dan 12000 Dev/dak’ya arttıkça pürüzlülük değerinde bir düşme meydana gelmiş ancak devir sayısı 16000 Dev/dak’ya arttıkça pürüzlülük değerinde yükselme gerçekleşmiştir. Bu değişimin çok düşük miktarda olduğu görülmektedir. Bu durumun makinada meydana gelen titreşimden meydana geldiği düşünülmektedir. İlerleme hızı incelendiğinde ise, 1000 mm/dak ilerleme hızında en düşük pürüzlülük değeri elde edilirken, ilerleme hızının 1500’e çıkması ile pürüzlülük değerinde artış meydana gelmiş ve en yüksek pürüzlülük değeri 1500 mm/dak’da elde edilmiştir. İlerleme hızı 2000 mm/dak’ya çıkarıldığında ise yüzey pürüzlülük değeri tekrardan düşmüş ancak en düşük pürüzlülük değeri 1000 mm/dak’da elde edilmiştir. Sonuç olarak en düşük pürüzlülük değerleri 1 no’lu kesici tipinde, 12000 dev/dak devir sayısında, 1000 mm/dak ilerleme hızında ve 4 işleme katman sayısında elde edilmiştir.

Şekil 5.8’de ise Rz pürüzlülük sonuçları ile işleme parametreleri arasındaki ilişkiyi daha detaylı görebilmek için etkileşim grafikleri hazırlanmıştır. Bu grafiklere bakıldığında yukarıda ifade edildiği gibi devir sayısının değişim üzerinde daha etkin olduğu görülmektedir. 4 numaralı katmanın diğer işleme parametrelerinin tamamında en düşük pürüzlülük değeri verdiği görülmüştür. İlerlemenin 1000 mm/dak olduğu şartlarda diğer parametreler için en düşük Rz elde edilmiştir. 1 numaralı kesici ile yine tüm parametreler için en düşük Rz ölçümleri alınmıştır.



Şekil 5.8. Kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının birbirleri ile ortalama pürüzlülük (Rz) açısından etkileşimleri.

5.3. Kayın Numunelerde Yan Yüzeyde Liflere Dik Yapılan Ölçümlerde Elde Edilen Yüzey Pürüzlülük Değerleri

Çizelge 5.7’de işleme şartlarına göre kayın numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri verilmektedir.

Çizelge 5.7. İşleme şartlarına göre kayın numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.

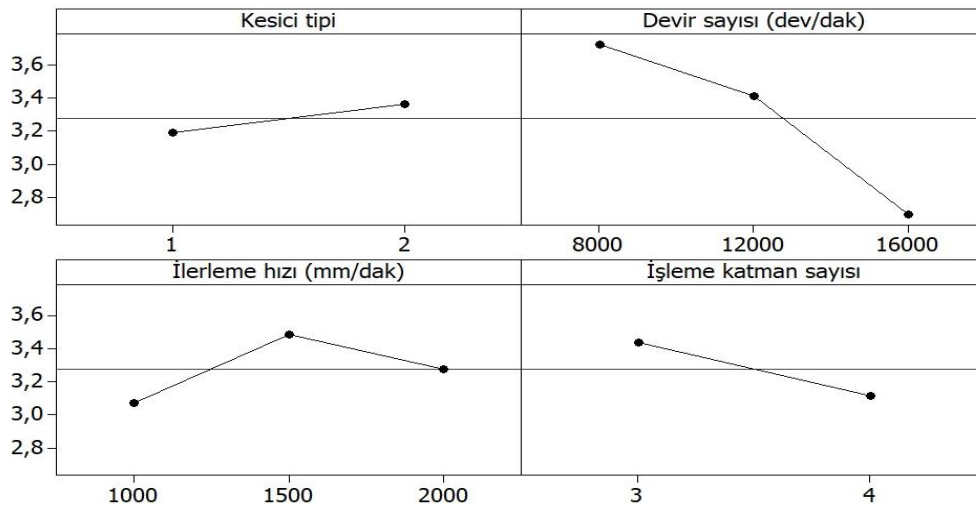
| Kesici tipi | Devir sayısı (dev/dak) | İlerleme hızı (mm/dak) | İşleme katman sayısı | Ra (μm) | Rz (μm) |
|-------------|------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1 | 8000 | 1000 | 3 | 3,238 | 21,530 |
| 1 | 8000 | 1000 | 4 | 4,000 | 24,160 |
| 1 | 8000 | 1500 | 3 | 3,532 | 19,127 |
| 1 | 8000 | 1500 | 4 | 4,917 | 26,317 |
| 1 | 8000 | 2000 | 3 | 3,829 | 25,073 |
| 1 | 8000 | 2000 | 4 | 3,775 | 21,583 |
| 1 | 12000 | 1000 | 3 | 2,753 | 17,093 |
| 1 | 12000 | 1000 | 4 | 2,095 | 13,260 |
| 1 | 12000 | 1500 | 3 | 3,178 | 21,110 |
| 1 | 12000 | 1500 | 4 | 2,822 | 18,647 |
| 1 | 12000 | 2000 | 3 | 4,265 | 25,427 |
| 1 | 12000 | 2000 | 4 | 2,350 | 12,780 |
| 1 | 16000 | 1000 | 3 | 2,629 | 17,213 |
| 1 | 16000 | 1000 | 4 | 2,839 | 19,477 |
| 1 | 16000 | 1500 | 3 | 2,783 | 18,297 |
| 1 | 16000 | 1500 | 4 | 3,353 | 24,470 |
| 1 | 16000 | 2000 | 3 | 2,373 | 15,583 |
| 1 | 16000 | 2000 | 4 | 2,671 | 18,993 |
| 2 | 8000 | 1000 | 3 | 3,015 | 16,773 |
| 2 | 8000 | 1000 | 4 | 3,746 | 21,070 |
| 2 | 8000 | 1500 | 3 | 5,135 | 33,207 |
| 2 | 8000 | 1500 | 4 | 2,982 | 17,813 |
| 2 | 8000 | 2000 | 3 | 3,494 | 19,680 |
| 2 | 8000 | 2000 | 4 | 3,015 | 18,278 |
| 2 | 12000 | 1000 | 3 | 4,621 | 29,113 |
| 2 | 12000 | 1000 | 4 | 3,494 | 22,607 |
| 2 | 12000 | 1500 | 3 | 4,885 | 29,370 |
| 2 | 12000 | 1500 | 4 | 2,232 | 15,217 |
| 2 | 12000 | 2000 | 3 | 4,283 | 28,167 |
| 2 | 12000 | 2000 | 4 | 3,934 | 22,127 |
| 2 | 16000 | 1000 | 3 | 1,841 | 11,000 |
| 2 | 16000 | 1000 | 4 | 2,565 | 15,563 |
| 2 | 16000 | 1500 | 3 | 2,637 | 15,423 |
| 2 | 16000 | 1500 | 4 | 3,366 | 20,690 |
| 2 | 16000 | 2000 | 3 | 3,427 | 21,350 |
| 2 | 16000 | 2000 | 4 | 1,883 | 11,140 |

Kayın numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (Ra) için varyans analizi sonuçları Çizelge 5.8’de verilmektedir.

Çizelge 5.8. Kayın numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (Ra) için varyans analizi sonuçları.

| Source | DF | Adj SS | Adj MS | F | P |
|--|----|---------|---------|------|-------|
| Kesici tipi | 1 | 0,27638 | 0,27638 | 0,65 | 0,432 |
| Devir sayısı (dev/dak) | 2 | 6,62942 | 3,31471 | 7,79 | 0,004 |
| İlerleme hızı (mm/dak) | 2 | 1,03599 | 0,51799 | 1,22 | 0,322 |
| İşleme katman sayısı | 1 | 0,96029 | 0,96029 | 2,26 | 0,153 |
| Kesici tipi*Devir sayısı (dev/dak) | 2 | 3,08504 | 1,54252 | 3,63 | 0,050 |
| Kesici tipi*İlerleme hızı (mm/dak) | 2 | 0,05780 | 0,02890 | 0,07 | 0,935 |
| Kesici tipi*İşleme katman sayısı | 1 | 1,12419 | 1,12419 | 2,64 | 0,124 |
| Devir sayısı (dev/dak)* İlerleme hızı (mm/dak) | 4 | 1,26621 | 0,31655 | 0,74 | 0,576 |
| Devir sayısı (dev/dak)* İşleme katman sayısı | 2 | 3,27519 | 1,63759 | 3,85 | 0,043 |
| İlerleme hızı (mm/dak)* İşleme katman sayısı | 2 | 0,94891 | 0,47445 | 1,12 | 0,352 |
| Residual Error | 16 | 6,80811 | 0,42551 | | |
| Total | 35 | 25,4675 | | | |

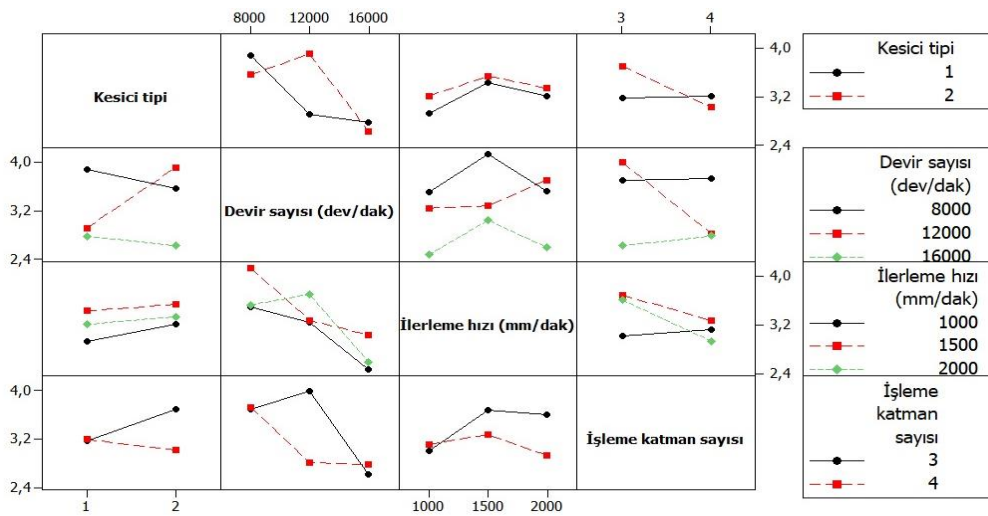
Çizelge 5.8’e göre %95 güven düzeyinde yapılan varyans analiz sonuçlarına göre devir sayısı için $p < 0,05$ olduğundan istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaktadır. Diğer tüm faktörler (kesici tipi, ilerleme hızı, işleme katman sayısı) için $p > 0,05$ olduğundan anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Şekil 5.9’da ise kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (Ra) için ana etki grafiği görülmektedir.



Şekil 5.9. Kayın numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının ortalama pürüzlülük (Ra) üzerine etkisi.

Şekil 5.9'daki kayın numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (Ra) için ana etki grafiği incelendiğinde devir sayısı 8000 dev/dak'dan 16000 Dev/dak'ya arttıkça pürüzlülük değerinde bir düşme meydana gelmiştir. İlerleme hızı incelendiğinde ise, 1000 mm/dak ilerleme hızında en düşük pürüzlülük değeri elde edilirken, ilerleme hızının 1500'e çıkması ile pürüzlülük değerinde artış meydana gelmiş ve en yüksek pürüzlülük değeri 1500 mm/dak'da elde edilmiştir. İlerleme hızı 2000 mm/dak'ya çıkarıldığında ise yüzey pürüzlülük değeri tekrardan düşmüş ancak en düşük pürüzlülük değeri 1000 mm/dak'da meydana gelmiştir. Sonuç olarak en düşük pürüzlülük değerleri 1 no'lu kesici tipinde, 16000 dev/dak devir sayısında, 1000 mm/dak ilerleme hızında ve 4 işleme katman sayısında elde edilmiştir. Grafiklerin yatay ortalama çizgisine göre eğimleri söz konusu parametrenin etkinliği hakkında bilgi verebilmektedir (Çelik, 2018; Sertsöz, 2018). Eğim dikleştikçe parametrenin etkinliği artmaktadır. Tüm parametreler istatistiksel olarak anlamsız olsa da devir sayısının eğrisinin konumu dikkate alındığında diğerlerinden daha etkin olduğu söylenebilir. En az etkiye sahip olan parametre ise kesici tipi olarak görülmektedir.

Şekil 5.10'da ise pürüzlülük sonuçları ile işleme parametreleri arasındaki ilişkiyi daha detaylı görebilmek için etkileşim grafikleri hazırlanmıştır. Bu grafiklere bakıldığında yukarıda ifade edildiği gibi devir sayısının değişim üzerinde daha etkin olduğu görülmektedir. 4 numaralı katmanın diğer işleme parametrelerinin tamamında en düşük pürüzlülük değeri verdiği görülmüştür. İlerlemenin 1000 mm/dak olduğu şartlarda diğer parametreler için en düşük Ra elde edilmiştir. En düşük Ra 16000 dev/dak değeri tüm parametrelerde elde edilmiştir. 2 numaralı kesici ile yine tüm parametreler için en düşük Ra ölçümleri alınmıştır.



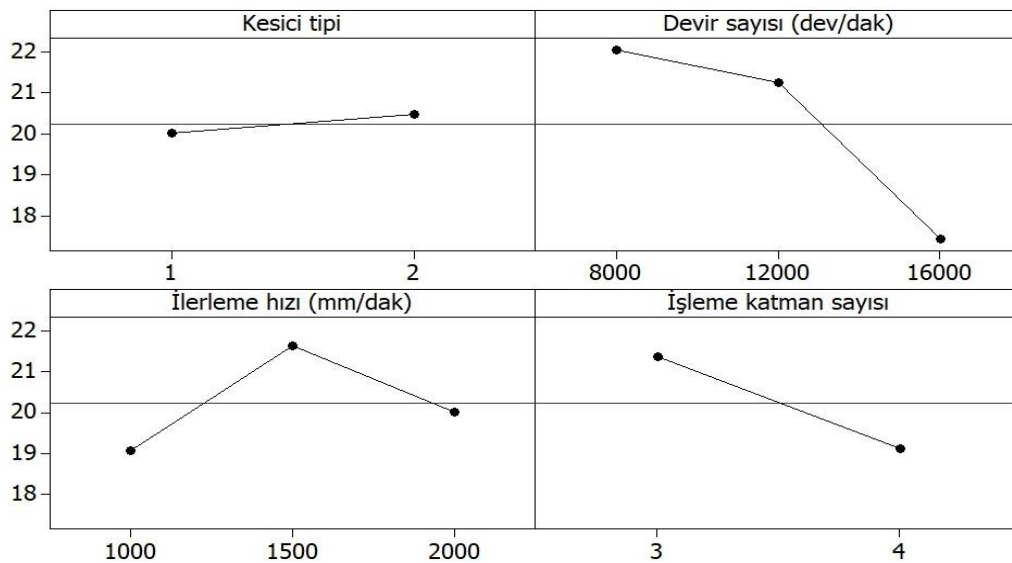
Şekil 5.10. Kayın numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının birbirleri ile ortalama pürüzlülük (Ra) açısından etkileşimleri.

Kayın numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde Rz için varyans analizi sonuçları Çizelge 5.9'da verilmektedir.

Çizelge 5.9. Kayın numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde Rz için varyans analizi sonuçları.

| Source | DF | Adj SS | Adj MS | F | P |
|--|----|---------|---------|------|-------|
| Kesici tipi | 1 | 1,982 | 1,9825 | 0,11 | 0,747 |
| Devir sayısı (dev/dak) | 2 | 145,959 | 72,9795 | 3,96 | 0,040 |
| İlerleme hızı (mm/dak) | 2 | 40,529 | 20,2646 | 1,10 | 0,357 |
| İşleme katman sayısı | 1 | 45,211 | 45,2114 | 2,45 | 0,137 |
| Kesici tipi*Devir sayısı (dev/dak) | 2 | 159,833 | 79,9163 | 4,34 | 0,031 |
| Kesici tipi*İlerleme hızı (mm/dak) | 2 | 0,292 | 0,1461 | 0,01 | 0,992 |
| Kesici tipi*İşleme katman sayısı | 1 | 41,844 | 41,8436 | 2,27 | 0,151 |
| Devir sayısı (dev/dak)* İlerleme hızı (mm/dak) | 4 | 23,705 | 5,9263 | 0,32 | 0,859 |
| Devir sayısı (dev/dak)* İşleme katman sayısı | 2 | 142,521 | 71,2607 | 3,87 | 0,043 |
| İlerleme hızı (mm/dak)* İşleme katman sayısı | 2 | 47,584 | 23,7922 | 1,29 | 0,302 |
| Residual Error | 16 | 294,918 | 18,4324 | | |
| Total | 35 | 944,380 | | | |

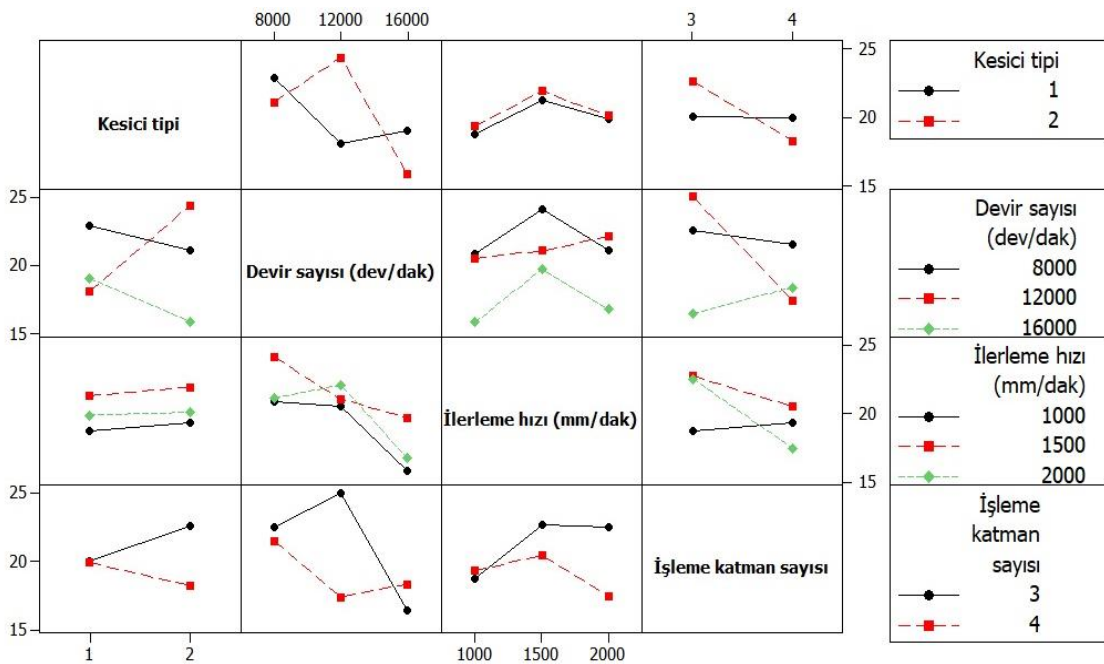
Çizelge 5.9'a göre %95 güven düzeyinde yapılan varyans analiz sonuçlarına göre ilerleme hızı için $p < 0,05$ olduğundan istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaktadır. Şekil 5.11'de ise kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde Rz için ana etki grafiği görülmektedir.



Şekil 5.11. Kayın numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının Rz üzerine etkisi.

Şekil 5.11'deki kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde Rz için ana etki grafiği incelendiğinde devir sayısı 8000 dev/dak'dan 16000 dev/dak'ya arttıkça pürüzlülük değerinde bir düşme meydana gelmiştir. 8000 dev/dak'dan 12000 dev/dak'ya düşüş azbir miktar iken 12000 dev/dak'dan 16000 dev/dak'ya olan düşme yüksek bulunmuştur. İlerleme hızı incelendiğinde ise, 1000 mm/dak ilerleme hızında en düşük pürüzlülük değeri elde edilirken, ilerleme hızının 1500'e çıkması ile pürüzlülük değerinde artış meydana gelmiş ve en yüksek pürüzlülük değeri 1500 mm/dak'da elde edilmiştir. İlerleme hızı 2000 mm/dak'ya çıkarıldığında ise yüzey pürüzlülük değeri tekrardan düşmüş ancak en düşük pürüzlülük değeri 1000 mm/dak'da elde edilmiştir. Sonuç olarak en düşük pürüzlülük değerleri 1 no'lu kesici tipinde, 16000 dev/dak devir sayısında, 1000 mm/dak ilerleme hızında ve 4 işleme katman sayısında elde edilmiştir. Devir sayısı Rz açısından %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Şekil 5.12'de ise pürüzlülük sonuçları ile işleme parametreleri arasındaki ilişkiyi daha detaylı görebilmek için etkileşim grafikleri hazırlanmıştır. Bu grafiklere bakıldığında yukarıda ifade edildiği gibi devir sayısının değişim üzerinde daha etkin olduğu görülmektedir. Genellikle 4 numaralı katmanın diğer işleme parametrelerinin tamamında en düşük pürüzlülük değeri verdiği görülmüştür. İlerlemenin 1000 mm/dak olduğu şartlarda diğer parametreler için en düşük Rz elde edilmiştir. En düşük Rz 16000 dev/dak değeri tüm parametrelerde elde edilmiştir.



Şekil 5.12. Kayın numunelerde yan yüzeyde liflere dik yüzeylerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının birbirleri ile Rz açısından etkileşimleri.

5.4. Kayın Numunelerde Yan Yüzeyde Liflere Paralel Yapılan Ölçümlerde Elde Edilen Yüzey Pürüzlülük Değerleri

İşleme şartlarına göre kayın numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri Çizelge 5.10'da verilmektedir.

Çizelge 5.10. İşleme şartlarına göre kayın numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.

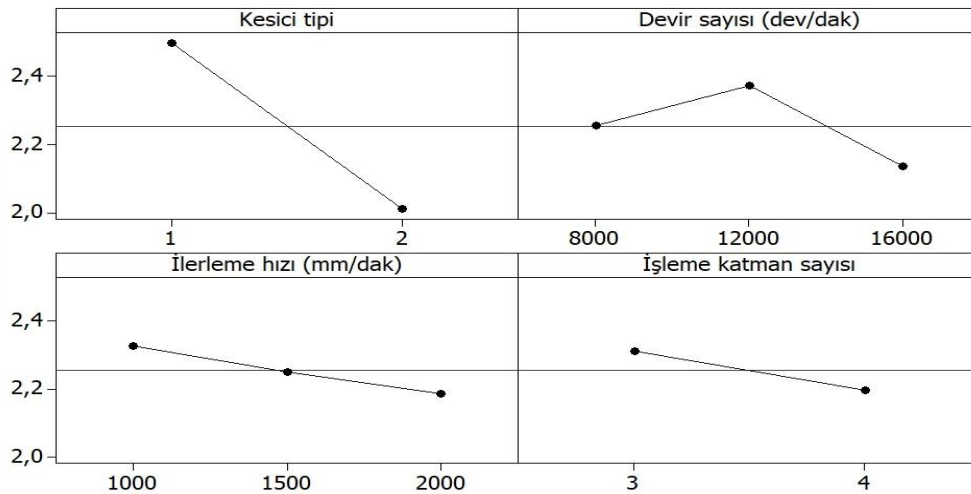
| Kesici tipi | Devir sayısı (dev/dak) | İlerleme hızı (mm/dak) | İşleme katman sayısı | Ra (μm) | Rz (μm) |
|-------------|------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1 | 8000 | 1000 | 3 | 2,813 | 15,290 |
| 1 | 8000 | 1000 | 4 | 2,634 | 13,780 |
| 1 | 8000 | 1500 | 3 | 1,912 | 9,621 |
| 1 | 8000 | 1500 | 4 | 2,830 | 15,937 |
| 1 | 8000 | 2000 | 3 | 2,612 | 16,270 |
| 1 | 8000 | 2000 | 4 | 1,841 | 9,634 |
| 1 | 12000 | 1000 | 3 | 2,464 | 11,545 |
| 1 | 12000 | 1000 | 4 | 3,116 | 17,450 |
| 1 | 12000 | 1500 | 3 | 1,909 | 15,017 |
| 1 | 12000 | 1500 | 4 | 3,194 | 17,207 |
| 1 | 12000 | 2000 | 3 | 2,230 | 11,922 |
| 1 | 12000 | 2000 | 4 | 2,545 | 12,540 |
| 1 | 16000 | 1000 | 3 | 2,561 | 12,367 |
| 1 | 16000 | 1000 | 4 | 1,450 | 7,772 |
| 1 | 16000 | 1500 | 3 | 2,719 | 14,892 |
| 1 | 16000 | 1500 | 4 | 2,540 | 13,557 |
| 1 | 16000 | 2000 | 3 | 2,819 | 15,197 |
| 1 | 16000 | 2000 | 4 | 2,778 | 16,287 |
| 2 | 8000 | 1000 | 3 | 2,141 | 12,103 |
| 2 | 8000 | 1000 | 4 | 1,707 | 11,210 |
| 2 | 8000 | 1500 | 3 | 2,595 | 13,450 |
| 2 | 8000 | 1500 | 4 | 2,202 | 13,150 |
| 2 | 8000 | 2000 | 3 | 2,378 | 12,796 |
| 2 | 8000 | 2000 | 4 | 1,389 | 7,774 |
| 2 | 12000 | 1000 | 3 | 2,618 | 11,053 |
| 2 | 12000 | 1000 | 4 | 2,345 | 13,333 |
| 2 | 12000 | 1500 | 3 | 2,442 | 14,033 |
| 2 | 12000 | 1500 | 4 | 2,009 | 10,288 |
| 2 | 12000 | 2000 | 3 | 1,527 | 8,123 |
| 2 | 12000 | 2000 | 4 | 2,078 | 10,625 |
| 2 | 16000 | 1000 | 3 | 2,380 | 16,287 |
| 2 | 16000 | 1000 | 4 | 1,702 | 9,893 |
| 2 | 16000 | 1500 | 3 | 1,339 | 7,317 |
| 2 | 16000 | 1500 | 4 | 1,312 | 9,742 |
| 2 | 16000 | 2000 | 3 | 2,157 | 13,323 |
| 2 | 16000 | 2000 | 4 | 1,874 | 10,817 |

Kayın numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (Ra) için varyans analizi sonuçları Çizelge 5.11’de verilmektedir.

Çizelge 5.11. Kayın numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (Ra) için varyans analizi sonuçları.

| Source | DF | Adj SS | Adj MS | F | P |
|--|----|---------|---------|-------|-------|
| Kesici tipi | 1 | 2,13588 | 2,13588 | 11,69 | 0,004 |
| Devir sayısı (dev/dak) | 2 | 0,33685 | 0,16842 | 0,92 | 0,418 |
| İlerleme hızı (mm/dak) | 2 | 0,12130 | 0,06065 | 0,33 | 0,722 |
| İşleme katman sayısı | 1 | 0,11896 | 0,11896 | 0,65 | 0,432 |
| Kesici tipi*Devir sayısı (dev/dak) | 2 | 0,17536 | 0,08798 | 0,48 | 0,627 |
| Kesici tipi*İlerleme hızı (mm/dak) | 2 | 0,07777 | 0,03889 | 0,21 | 0,811 |
| Kesici tipi*İşleme katman sayısı | 1 | 0,41107 | 0,41107 | 2,25 | 0,153 |
| Devir sayısı (dev/dak)* İlerleme hızı (mm/dak) | 4 | 1,15577 | 0,28894 | 1,58 | 0,227 |
| Devir sayısı (dev/dak)* İşleme katman sayısı | 2 | 0,97969 | 0,48985 | 2,68 | 0,099 |
| İlerleme hızı (mm/dak)* İşleme katman sayısı | 2 | 0,46015 | 0,23008 | 1,26 | 0,311 |
| Residual Error | 16 | 2,92345 | 0,18272 | | |
| Total | 35 | 8,89626 | | | |

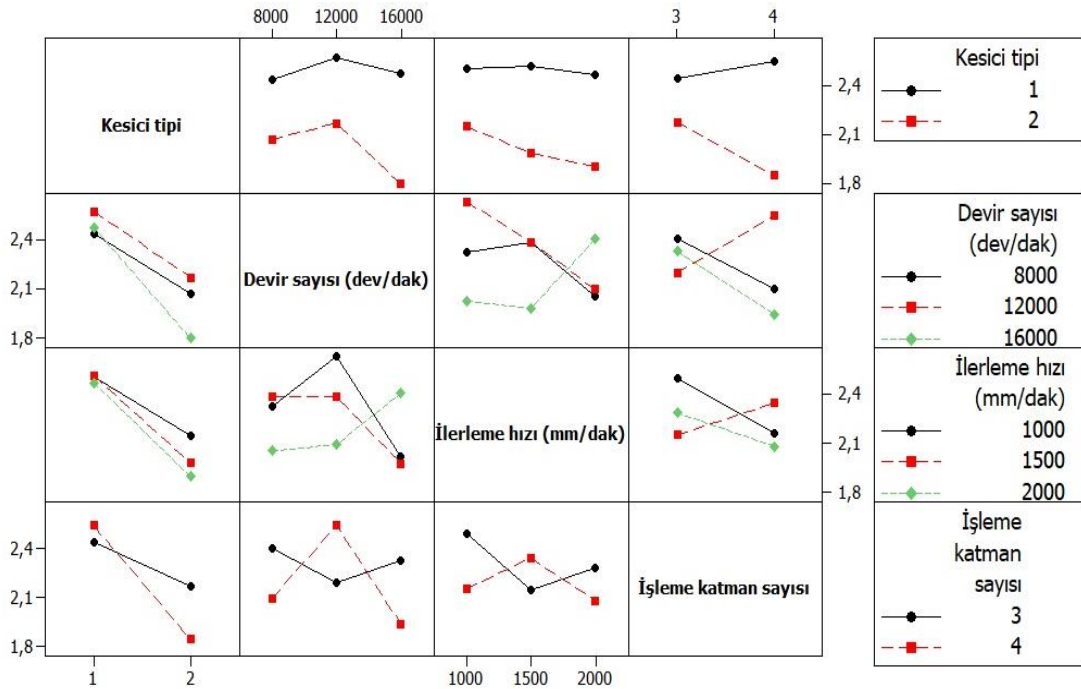
Çizelge 5.11’e göre %95 güven düzeyinde yapılan varyans analiz sonuçlarına göre kesici tipi için $p < 0,05$ olduğundan istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaktadır. Diğer tüm faktörler (devir sayısı, ilerleme hızı, işleme katman sayısı) için $p > 0,05$ olduğundan anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Şekil 5.13’te ise kayın numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (Ra) için ana etki grafiği görülmektedir.



Şekil 5.13. Kayın numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının ortalama pürüzlülük (Ra) üzerine etkisi.

Şekil 5.13'teki kayın numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (R_a) için ana etki grafiği incelendiğinde devir sayısı 8000 dev/dak'dan 12000 Dev/dak'ya arttıkça pürüzlülük değerinde bir yükselme meydana gelmiştir. Devir sayısı 16000 dev/dak'ya çıkması ile en düşük pürüzlülük değeri elde edilmiştir. İlerleme hızı incelendiğinde ise, 1000 mm/dak ilerleme hızında en yüksek pürüzlülük değeri elde edilirken, ilerleme hızının 1500'e çıkması ile pürüzlülük değerinde düşüş meydana gelmiş ve en düşük pürüzlülük değeri 2000 mm/dak'da elde edilmiştir. Sonuç olarak en düşük pürüzlülük değerleri 2 no'lu kesici tipinde, 16000 dev/dak devir sayısında, 2000 mm/dak ilerleme hızında ve 4 işleme katman sayısında elde edilmiştir.

Şekil 5.14'te ise pürüzlülük sonuçları ile işleme parametreleri arasındaki ilişkiyi daha detaylı görebilmek için etkileşim grafikleri hazırlanmıştır. Bu grafiklere bakıldığında yukarıda ifade edildiği gibi devir sayısının değişim üzerinde daha etkin olduğu görülmektedir. 4 numaralı katmanın diğer işleme parametrelerinin tamamında en düşük pürüzlülük değeri verdiği görülmüştür. İlerlemenin 2000 mm/dak olduğu şartlarda diğer parametreler için en düşük R_a elde edilmiştir. En düşük R_a 16000 dev/dak değeri tüm parametrelerde elde edilmiştir. 2 numaralı kesici ile yine tüm parametreler için en düşük R_a ölçümleri alınmıştır.



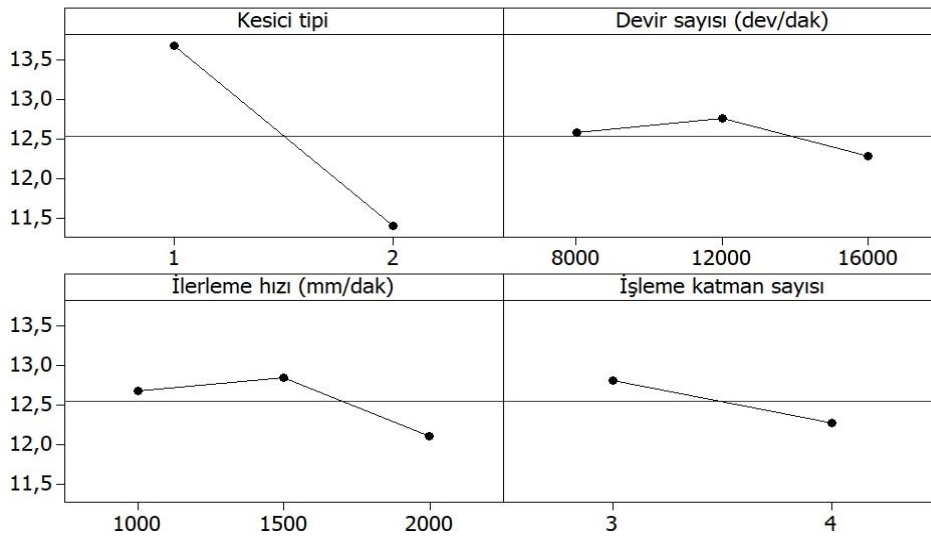
Şekil 5.14. Kayın numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının birbirleri ile ortalama pürüzlülük (R_a) açısından etkileşimleri.

Kayın numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde Rz için varyans analizi sonuçları Çizelge 5.12’de verilmektedir.

Çizelge 5.12. Kayın numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde Rz için varyans analizi sonuçları.

| Source | DF | Adj SS | Adj MS | F | P |
|--|----|---------|---------|------|-------|
| Kesici tipi | 1 | 46,615 | 46,6148 | 5,87 | 0,028 |
| Devir sayısı (dev/dak) | 2 | 1,376 | 0,6882 | 0,09 | 0,917 |
| İlerleme hızı (mm/dak) | 2 | 3,602 | 1,8012 | 0,23 | 0,800 |
| İşleme katman sayısı | 1 | 2,567 | 2,5666 | 0,32 | 0,578 |
| Kesici tipi*Devir sayısı (dev/dak) | 2 | 2,902 | 1,4509 | 0,18 | 0,835 |
| Kesici tipi*İlerleme hızı (mm/dak) | 2 | 10,883 | 5,4417 | 0,68 | 0,518 |
| Kesici tipi*İşleme katman sayısı | 1 | 5,211 | 5,2113 | 0,66 | 0,430 |
| Devir sayısı (dev/dak)* İlerleme hızı (mm/dak) | 4 | 42,074 | 10,5184 | 1,32 | 0,304 |
| Devir sayısı (dev/dak)* İşleme katman sayısı | 2 | 21,422 | 10,7108 | 1,35 | 0,288 |
| İlerleme hızı (mm/dak)* İşleme katman sayısı | 2 | 10,517 | 5,2583 | 0,66 | 0,530 |
| Residual Error | 16 | 127,154 | 7,9471 | | |
| Total | 35 | 274,323 | | | |

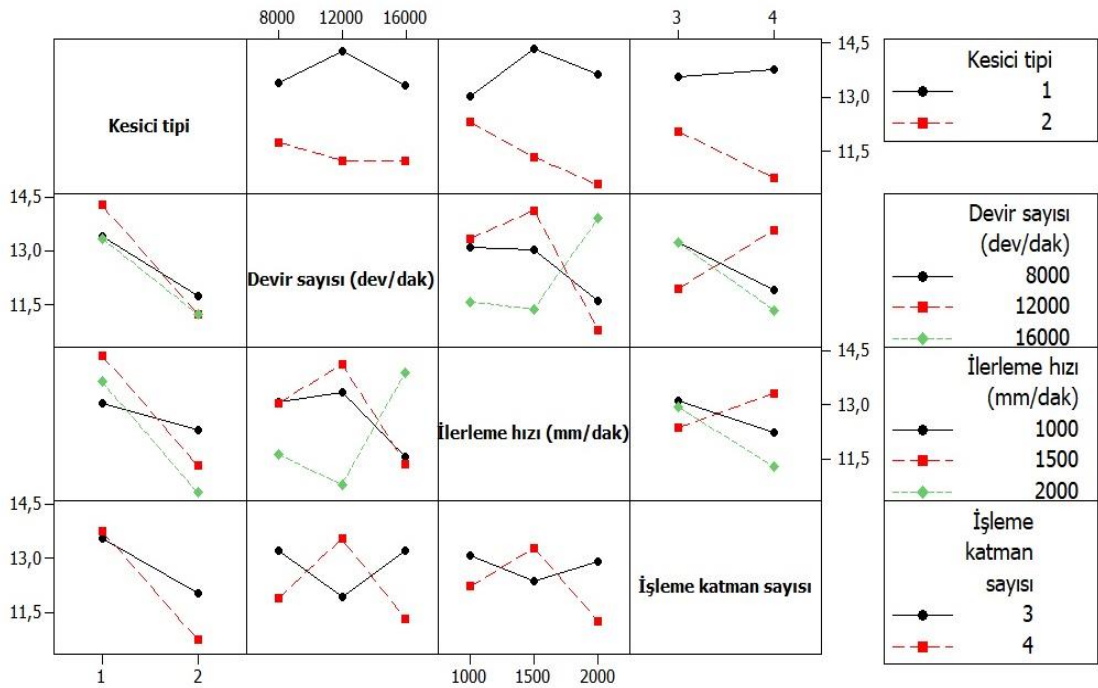
Çizelge 5.12’ye göre %95 güven düzeyinde yapılan varyans analiz sonuçlarına göre kesici tipi için $p < 0,05$ olduğundan istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaktadır. Diğer tüm faktörler (devir sayısı, ilerleme hızı, işleme katman sayısı) için $p > 0,05$ olduğundan anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Şekil 5.15’de ise kayın numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde Rz için ana etki grafiği görülmektedir.



Şekil 5.15. Kayın numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının Rz üzerine etkisi.

Şekil 5.15'deki kayın numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde Rz için ana etki grafiği incelendiğinde 2 nolu kesici en düşük Rz değerini vermiş, devir sayısı 8000 dev/dak'dan 12000 Dev/dak'ya arttıkça pürüzlülük değerinde bir yükselme meydana gelmiştir. Devir sayısı 16000 dev/dak'ya çıkması ile en düşük pürüzlülük değeri elde edilmiştir. İlerleme hızı incelendiğinde ise, 1000 mm/dak'dan 1500 dev/dak'ya arttıkça pürüzlülük değerinde bir yükselme meydana gelmiştir. İlerleme hızı 2000 dev/dak'ya arttığında ise en düşük pürüzlülük değeri elde edilmiştir. Sonuç olarak en düşük pürüzlülük değerleri 2 no'lu kesici tipinde, 16000 dev/dak devir sayısında, 2000 mm/dak ilerleme hızında ve 4 işleme katman sayısında elde edilmiştir.

Şekil 5.16'da ise pürüzlülük sonuçları ile işleme parametreleri arasındaki ilişkiyi daha detaylı görebilmek için etkileşim grafikleri hazırlanmıştır. Bu grafiklere bakıldığında yukarıda ifade edildiği gibi devir sayısının değişim üzerinde daha etkin olduğu görülmektedir. 4 numaralı katmanın diğer işleme parametrelerinin tamamında en düşük pürüzlülük değeri verdiği görülmüştür. İlerlemenin 2000 mm/dak olduğu şartlarda diğer parametreler için en düşük Rz elde edilmiştir. En düşük Rz 16000 dev/dak değeri tüm parametrelerde elde edilmiştir. 2 numaralı kesici ile yine tüm parametreler için en düşük Rz ölçümleri alınmıştır.



Şekil 5.16. Kayın numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının birbirleri ile ortalama pürüzlülük (Ra) açısından etkileşimleri.

5.5. Kestane Numunelerde Zemin Yüzeyde Liflere Dik Yapılan Ölçümlerde Elde Edilen Yüzey Pürüzlülük Değerleri

İşleme şartlarına göre kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri Çizelge 5.13'te verilmektedir.

Çizelge 5.13. İşleme şartlarına göre kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.

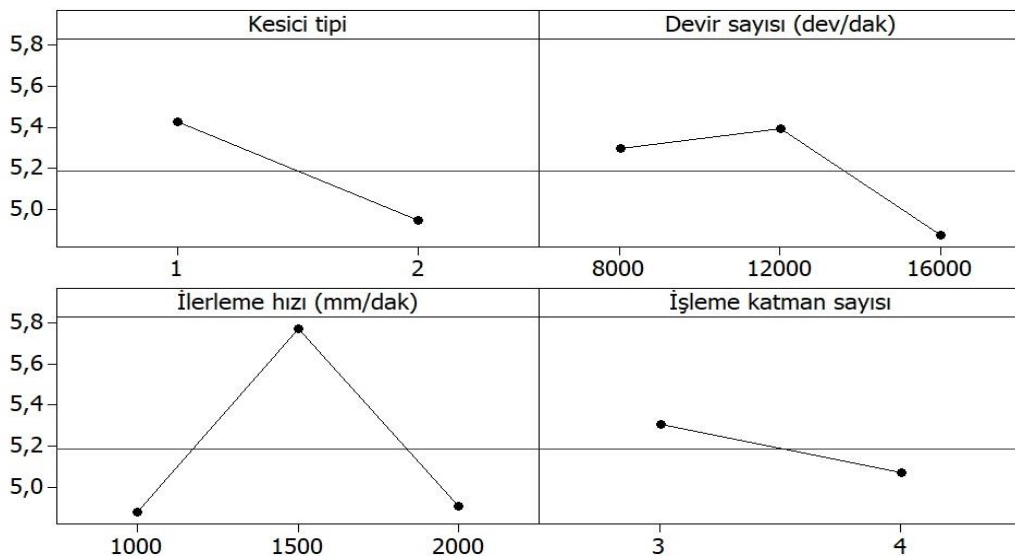
| Kesici tipi | Devir sayısı (dev/dak) | İlerleme hızı (mm/dak) | İşleme katman sayısı | Ra (μm) | Rz (μm) |
|-------------|------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1 | 8000 | 1000 | 3 | 5,540 | 32,167 |
| 1 | 8000 | 1000 | 4 | 5,155 | 29,367 |
| 1 | 8000 | 1500 | 3 | 6,507 | 35,918 |
| 1 | 8000 | 1500 | 4 | 5,401 | 34,090 |
| 1 | 8000 | 2000 | 3 | 3,556 | 21,150 |
| 1 | 8000 | 2000 | 4 | 5,218 | 30,200 |
| 1 | 12000 | 1000 | 3 | 4,936 | 28,610 |
| 1 | 12000 | 1000 | 4 | 5,720 | 36,167 |
| 1 | 12000 | 1500 | 3 | 6,263 | 36,247 |
| 1 | 12000 | 1500 | 4 | 6,291 | 37,014 |
| 1 | 12000 | 2000 | 3 | 6,599 | 41,680 |
| 1 | 12000 | 2000 | 4 | 4,588 | 29,028 |
| 1 | 16000 | 1000 | 3 | 4,548 | 29,763 |
| 1 | 16000 | 1000 | 4 | 4,477 | 28,920 |
| 1 | 16000 | 1500 | 3 | 5,788 | 34,220 |
| 1 | 16000 | 1500 | 4 | 5,173 | 29,417 |
| 1 | 16000 | 2000 | 3 | 5,194 | 29,640 |
| 1 | 16000 | 2000 | 4 | 6,763 | 37,313 |
| 2 | 8000 | 1000 | 3 | 5,581 | 30,388 |
| 2 | 8000 | 1000 | 4 | 5,195 | 26,950 |
| 2 | 8000 | 1500 | 3 | 6,319 | 34,268 |
| 2 | 8000 | 1500 | 4 | 5,418 | 29,983 |
| 2 | 8000 | 2000 | 3 | 5,482 | 33,780 |
| 2 | 8000 | 2000 | 4 | 4,179 | 20,823 |
| 2 | 12000 | 1000 | 3 | 5,126 | 32,896 |
| 2 | 12000 | 1000 | 4 | 4,326 | 27,628 |
| 2 | 12000 | 1500 | 3 | 6,100 | 31,073 |
| 2 | 12000 | 1500 | 4 | 5,693 | 27,593 |
| 2 | 12000 | 2000 | 3 | 4,016 | 24,900 |
| 2 | 12000 | 2000 | 4 | 5,059 | 31,536 |
| 2 | 16000 | 1000 | 3 | 3,648 | 25,347 |
| 2 | 16000 | 1000 | 4 | 4,289 | 25,297 |
| 2 | 16000 | 1500 | 3 | 6,802 | 40,347 |
| 2 | 16000 | 1500 | 4 | 3,564 | 3,564 |
| 2 | 16000 | 2000 | 3 | 3,521 | 23,287 |
| 2 | 16000 | 2000 | 4 | 4,715 | 30,070 |

Kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (Ra) için varyans analizi sonuçları Çizelge 5.14'te verilmektedir.

Çizelge 5.14. Kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (Ra) için varyans analizi sonuçları.

| Source | DF | Adj SS | Adj MS | F | P |
|--|----|---------|---------|------|-------|
| Kesici tipi | 1 | 2,0948 | 2,09477 | 2,97 | 0,104 |
| Devir sayısı (dev/dak) | 2 | 1,8315 | 0,91577 | 1,30 | 0,300 |
| İlerleme hızı (mm/dak) | 2 | 6,2519 | 3,12595 | 4,43 | 0,029 |
| İşleme katman sayısı | 1 | 0,5148 | 0,51475 | 0,73 | 0,405 |
| Kesici tipi*Devir sayısı (dev/dak) | 2 | 1,7770 | 0,88852 | 1,26 | 0,310 |
| Kesici tipi*İlerleme hızı (mm/dak) | 2 | 0,5451 | 0,27254 | 0,39 | 0,686 |
| Kesici tipi*İşleme katman sayısı | 1 | 0,4474 | 0,44736 | 0,63 | 0,437 |
| Devir sayısı (dev/dak)* İlerleme hızı (mm/dak) | 4 | 2,6285 | 0,65712 | 0,93 | 0,470 |
| Devir sayısı (dev/dak)* İşleme katman sayısı | 2 | 0,1505 | 0,07527 | 0,11 | 0,899 |
| İlerleme hızı (mm/dak)* İşleme katman sayısı | 2 | 3,1202 | 1,56009 | 2,21 | 0,142 |
| Residual Error | 16 | 11,2807 | 0,70505 | | |
| Total | 35 | 30,6424 | | | |

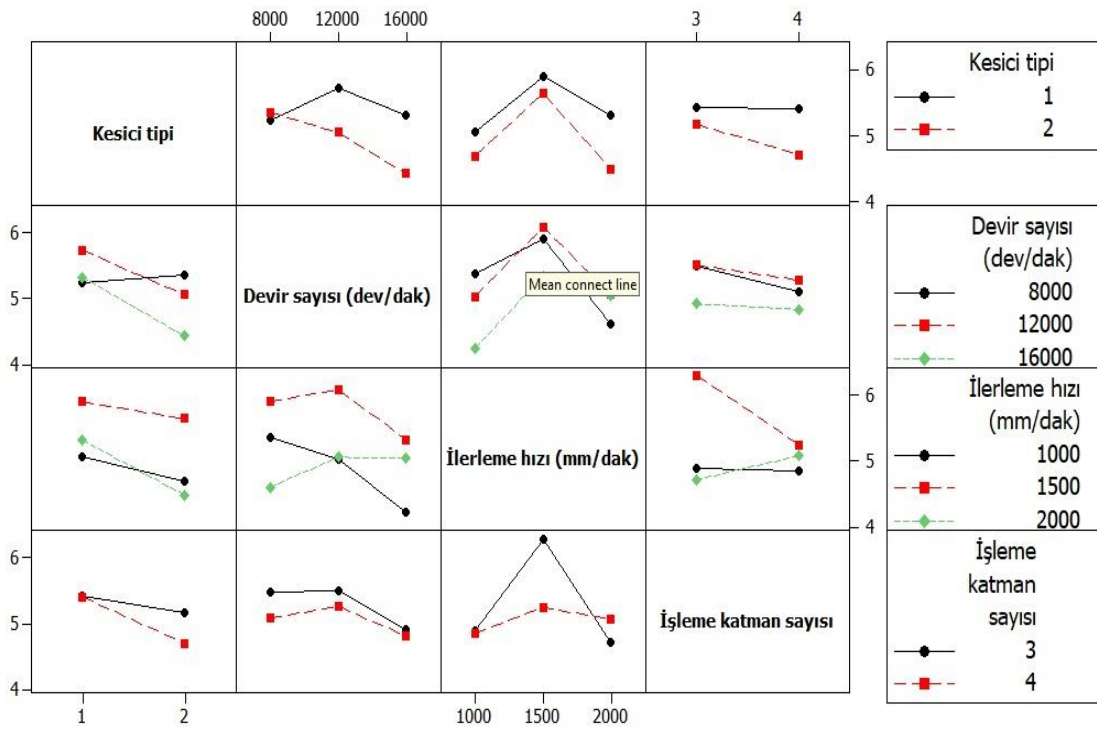
Çizelge 5.14'e göre %95 güven düzeyinde yapılan varyans analiz sonuçlarına göre ilerleme hızı için $p < 0,05$ olduğundan istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaktadır. Şekil 5.17'de ise kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (Ra) için ana etki grafiği görülmektedir.



Şekil 5.17. Kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının ortalama pürüzlülük (Ra) üzerine etkisi.

Şekil 5.17'deki kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (Ra) için ana etki grafiği incelendiğinde devir sayısı 8000 dev/dak'dan 12000 Dev/dak'ya arttıkça pürüzlülük değerinde bir yükselme meydana gelmiştir. Devir sayısı 16000 dev/dak'ya çıkması ile en düşük pürüzlülük değeri elde edilmiştir. Bu fark 8000'den 12000 dev/dak'ya çıkmasındaki farkten çok daha fazla olmuştur. İlerleme hızı incelendiğinde ise, 1000 mm/dak'dan 1500 dev/dak'ya arttıkça pürüzlülük değerinde bir yükselme meydana gelmiştir. İlerleme hızı 2000 dev/dak'ya arttığında ise pürüzlülük değerinde düşüş gerçekleşmiş ancak en düşük pürüzlülük değeri 1000 mm/dak'da elde edilmiştir. Sonuç olarak en düşük pürüzlülük değerleri 2 no'lu kesici tipinde, 16000 dev/dak devir sayısında, 1000 mm/dak ilerleme hızında ve 4 işleme katman sayısında elde edilmiştir.

Şekil 5.18'de ise pürüzlülük sonuçları ile işleme parametreleri arasındaki ilişkiyi daha detaylı görebilmek için etkileşim grafikleri hazırlanmıştır. 4 numaralı katmanın diğer işleme parametrelerinin tamamında en düşük pürüzlülük değeri verdiği görülmüştür. Genellikle ilerlemenin 1000 mm/dak olduğu şartlarda diğer parametreler için en düşük Ra elde edilmiştir. En düşük Ra 16000 dev/dak değeri tüm parametrelerde elde edilmiştir. 2 numaralı kesici ile tüm parametreler için en düşük Ra ölçümleri alınmıştır.



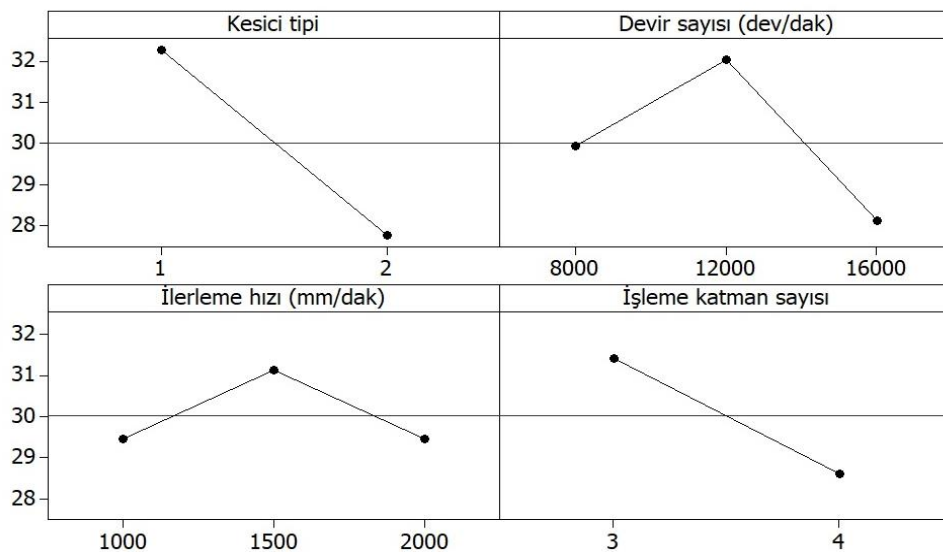
Şekil 5.18. Kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının birbirleri ile ortalama pürüzlülük (Ra) açısından etkileşimleri.

Kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde Rz için varyans analizi sonuçları Çizelge 5.15'te verilmektedir.

Çizelge 5.15. Kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde Rz için varyans analizi sonuçları.

| Source | DF | Adj SS | Adj MS | F | P |
|--|----|---------|--------|------|-------|
| Kesici tipi | 1 | 183,06 | 183,06 | 3,96 | 0,064 |
| Devir sayısı (dev/dak) | 2 | 92,94 | 49,470 | 1,00 | 0,388 |
| İlerleme hızı (mm/dak) | 2 | 22,85 | 11,425 | 0,25 | 0,784 |
| İşleme katman sayısı | 1 | 71,46 | 71,457 | 1,54 | 0,232 |
| Kesici tipi*Devir sayısı (dev/dak) | 2 | 54,66 | 27,328 | 0,59 | 0,566 |
| Kesici tipi*İlerleme hızı (mm/dak) | 2 | 23,93 | 11,965 | 0,26 | 0,775 |
| Kesici tipi*İşleme katman sayısı | 1 | 83,91 | 83,911 | 1,81 | 0,197 |
| Devir sayısı (dev/dak)* İlerleme hızı (mm/dak) | 4 | 107,29 | 26,824 | 0,58 | 0,682 |
| Devir sayısı (dev/dak)* İşleme katman sayısı | 2 | 19,46 | 9,731 | 0,21 | 0,813 |
| İlerleme hızı (mm/dak)* İşleme katman sayısı | 2 | 143,98 | 71,992 | 1,56 | 0,241 |
| Residual Error | 16 | 740,45 | 46,278 | | |
| Total | 35 | 1544,00 | | | |

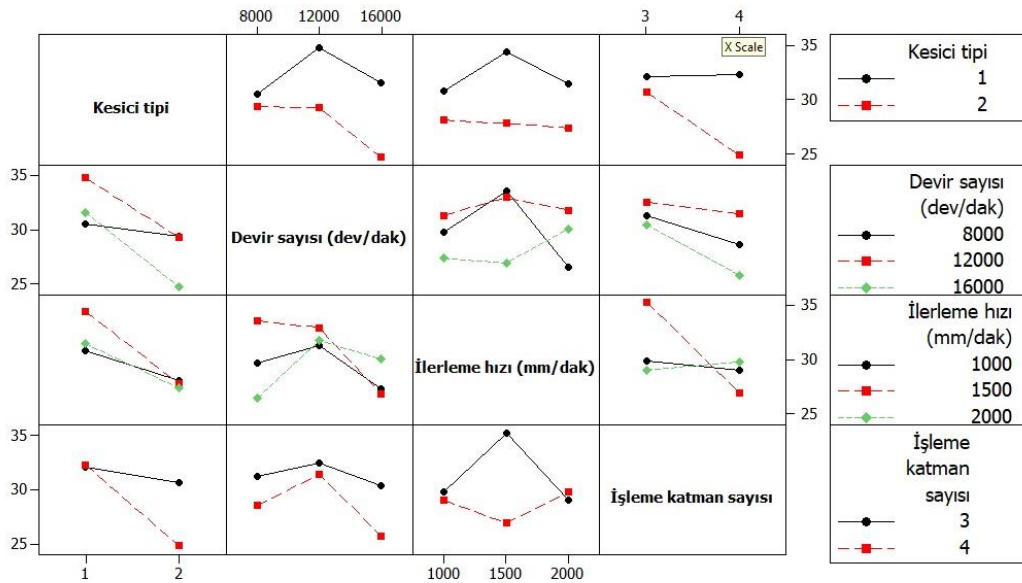
Çizelge 5.15'e göre %95 güven düzeyinde yapılan varyans analiz sonuçlarına göre tüm faktörler (kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı, işleme katman sayısı) için $p > 0,05$ olduğundan anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Şekil 5.19'da ise kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde Rz için ana etki grafiği görülmektedir.



Şekil 5.19. Kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının Rz üzerine etkisi.

Şekil 5.19'daki kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde Rz için ana etki grafiği incelendiğinde devir sayısı 8000 dev/dak'dan 12000 Dev/dak'ya arttıkça pürüzlülük değerinde bir yükselme meydana gelmiştir. Devir sayısı 16000 dev/dak'ya çıkması ile en düşük pürüzlülük değeri elde edilmiştir. İlerleme hızı incelendiğinde ise, 1000 mm/dak'dan 1500 dev/dak'ya arttıkça pürüzlülük değerinde bir yükselme meydana gelmiştir. İlerleme hızı 2000 dev/dak'ya arttığında ise en düşük pürüzlülük değeri elde edilmiştir. Sonuç olarak en düşük pürüzlülük değerleri 2 no'lu kesici tipinde, 16000 dev/dak devir sayısında, 2000 mm/dak ilerleme hızında ve 4 işleme katman sayısında elde edilmiştir. Grafiklerin yatay ortalama çizgisine göre eğimleri söz konusu parametrenin etkinliği hakkında bilgi verebilmektedir (Çelik, 2018; Sertsöz, 2018). Eğim dikleştikçe parametrenin etkinliği artmaktadır. Tüm parametreler istatistiksel olarak anlamsız olsa da kesici tipinin eğrisinin konumu dikkate alındığında diğerlerinden daha etkin olduğu söylenebilir. En az etkiye sahip olan parametre ise ilerleme hızı olarak görülmektedir.

Şekil 5.20'de ise pürüzlülük sonuçları ile işleme parametreleri arasındaki ilişkiyi daha detaylı görebilmek için etkileşim grafikleri hazırlanmıştır. 4 numaralı katmanın diğer işleme parametrelerinin tamamında en düşük pürüzlülük değeri verdiği görülmüştür. Genellikle ilerlemenin 2000 mm/dak olduğu şartlarda diğer parametreler için en düşük Rz elde edilmiştir. En düşük Rz 16000 dev/dak değeri tüm parametrelerde elde edilmiştir. 2 numaralı kesici ile yine tüm parametreler için en düşük Rz ölçümleri alınmıştır.



Şekil 5.20. Kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının birbirleri ile Rz açısından etkileşimleri.

5.6. Kestane Numunelerde Zemin Yüzeyde Liflere Paralel Yapılan Ölçümlerde Elde Edilen Yüzey Pürüzlülük Değerleri

İşleme şartlarına göre kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri Çizelge 5.16'da verilmektedir.

Çizelge 5.16. İşleme şartlarına göre kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.

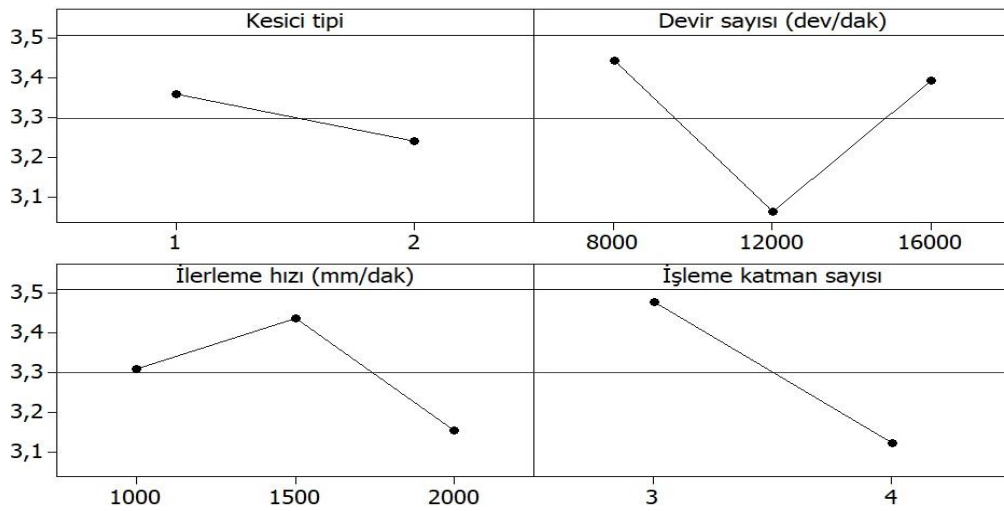
| Kesici tipi | Devir sayısı (dev/dak) | İlerleme hızı (mm/dak) | İşleme katman sayısı | Ra (μm) | Rz (μm) |
|-------------|------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1 | 8000 | 1000 | 3 | 3,990 | 23,048 |
| 1 | 8000 | 1000 | 4 | 2,486 | 12,387 |
| 1 | 8000 | 1500 | 3 | 2,640 | 13,950 |
| 1 | 8000 | 1500 | 4 | 4,963 | 24,187 |
| 1 | 8000 | 2000 | 3 | 3,666 | 19,130 |
| 1 | 8000 | 2000 | 4 | 2,685 | 15,690 |
| 1 | 12000 | 1000 | 3 | 2,208 | 13,873 |
| 1 | 12000 | 1000 | 4 | 3,646 | 19,750 |
| 1 | 12000 | 1500 | 3 | 2,868 | 14,457 |
| 1 | 12000 | 1500 | 4 | 1,699 | 11,990 |
| 1 | 12000 | 2000 | 3 | 4,807 | 26,017 |
| 1 | 12000 | 2000 | 4 | 2,541 | 14,473 |
| 1 | 16000 | 1000 | 3 | 2,588 | 13,043 |
| 1 | 16000 | 1000 | 4 | 4,907 | 29,223 |
| 1 | 16000 | 1500 | 3 | 4,105 | 24,013 |
| 1 | 16000 | 1500 | 4 | 3,716 | 21,260 |
| 1 | 16000 | 2000 | 3 | 3,507 | 20,033 |
| 1 | 16000 | 2000 | 4 | 3,418 | 19,200 |
| 2 | 8000 | 1000 | 3 | 4,126 | 20,830 |
| 2 | 8000 | 1000 | 4 | 4,481 | 22,110 |
| 2 | 8000 | 1500 | 3 | 3,547 | 19,350 |
| 2 | 8000 | 1500 | 4 | 3,589 | 19,727 |
| 2 | 8000 | 2000 | 3 | 2,731 | 16,583 |
| 2 | 8000 | 2000 | 4 | 2,401 | 14,030 |
| 2 | 12000 | 1000 | 3 | 3,470 | 19,357 |
| 2 | 12000 | 1000 | 4 | 2,258 | 13,330 |
| 2 | 12000 | 1500 | 3 | 3,497 | 20,573 |
| 2 | 12000 | 1500 | 4 | 3,993 | 23,970 |
| 2 | 12000 | 2000 | 3 | 2,636 | 14,840 |
| 2 | 12000 | 2000 | 4 | 3,131 | 17,807 |
| 2 | 16000 | 1000 | 3 | 3,554 | 20,167 |
| 2 | 16000 | 1000 | 4 | 1,991 | 14,043 |
| 2 | 16000 | 1500 | 3 | 4,185 | 22,717 |
| 2 | 16000 | 1500 | 4 | 2,431 | 12,640 |
| 2 | 16000 | 2000 | 3 | 4,469 | 26,723 |
| 2 | 16000 | 2000 | 4 | 1,845 | 10,855 |

Kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (Ra) için varyans analizi sonuçları Çizelge 5.17’de verilmektedir.

Çizelge 5.17. Kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (Ra) için varyans analizi sonuçları.

| Source | DF | Adj SS | Adj MS | F | P |
|--|----|---------|--------|------|-------|
| Kesici tipi | 1 | 0,1232 | 0,1232 | 0,11 | 0,743 |
| Devir sayısı (dev/dak) | 2 | 1,0207 | 0,5104 | 0,46 | 0,638 |
| İlerleme hızı (mm/dak) | 2 | 0,4827 | 0,2413 | 0,22 | 0,806 |
| İşleme katman sayısı | 1 | 1,1421 | 1,1421 | 1,03 | 0,325 |
| Kesici tipi*Devir sayısı (dev/dak) | 2 | 1,1974 | 0,5987 | 0,54 | 0,592 |
| Kesici tipi*İlerleme hızı (mm/dak) | 2 | 0,9771 | 0,4885 | 0,44 | 0,650 |
| Kesici tipi*İşleme katman sayısı | 1 | 0,9273 | 0,9273 | 0,84 | 0,373 |
| Devir sayısı (dev/dak)* İlerleme hızı (mm/dak) | 4 | 2,0835 | 0,5209 | 0,47 | 0,756 |
| Devir sayısı (dev/dak)* İşleme katman sayısı | 2 | 0,6684 | 0,3342 | 0,30 | 0,743 |
| İlerleme hızı (mm/dak)* İşleme katman sayısı | 2 | 1,6751 | 0,8375 | 0,76 | 0,485 |
| Residual Error | 16 | 17,6865 | 1,1054 | | |
| Total | 35 | 27,9840 | | | |

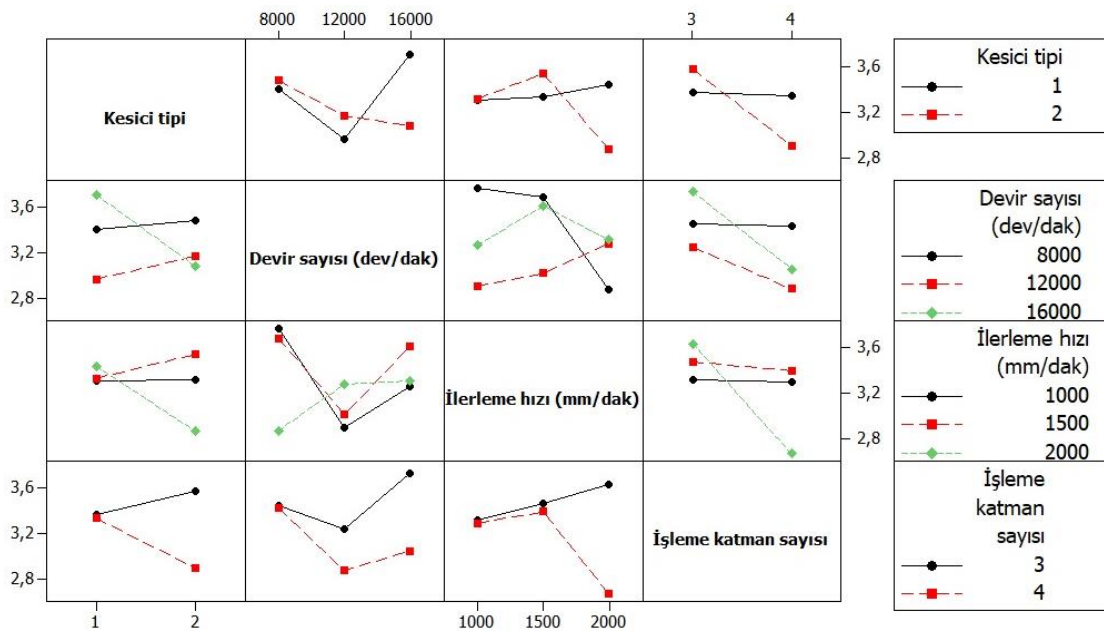
Çizelge 5.17’ye göre %95 güven düzeyinde yapılan varyans analiz sonuçlarına göre tüm faktörler (kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı, işleme katman sayısı) için $p > 0,05$ olduğundan anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Şekil 5.21’de ise kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (Ra) için ana etki grafiği görülmektedir.



Şekil 5.21. Kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının ortalama pürüzlülük (Ra) üzerine etkisi.

Şekil 5.21'deki kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (Ra) için ana etki grafiği incelendiğinde devir sayısı 8000 dev/dak'dan 12000 Dev/dak'ya arttıkça pürüzlülük değerinde bir düşüş meydana gelmiştir. Devir sayısı 16000 dev/dak'ya çıktığında pürüzlülük değerinde artış gerçekleşmişse de en düşük pürüzlülük değeri 12000 dev/dak'da elde edilmiştir. İlerleme hızı incelendiğinde ise, 1000 mm/dak'dan 1500 dev/dak'ya arttıkça pürüzlülük değerinde bir yükselme meydana gelmiştir. İlerleme hızı 2000 dev/dak'ya arttığında ise en düşük pürüzlülük değeri elde edilmiştir. Sonuç olarak en düşük pürüzlülük değerleri 2 no'lu kesici tipinde, 12000 dev/dak devir sayısında, 2000 mm/dak ilerleme hızında ve 4 işleme katman sayısında elde edilmiştir. Grafiklerin yatay ortalama çizgisine göre eğimleri söz konusu parametrenin etkinliği hakkında bilgi verebilmektedir (Çelik, 2018; Sertsöz, 2018). Eğim dikleştikçe parametrenin etkinliği artmaktadır. Tüm parametreler istatistiksel olarak anlamsız olsa da işleme katman sayısının eğrisinin konumu dikkate alındığında diğerlerinden daha etkin olduğu söylenebilir. En az etkiye sahip olan parametre ise kesici tipi olarak görülmektedir.

Şekil 5.22'de ise pürüzlülük sonuçları ile işleme parametreleri arasındaki ilişkiyi daha detaylı görebilmek için etkileşim grafikleri hazırlanmıştır. Bu grafiklere bakıldığında işleme katman sayısının değişim üzerinde daha etkin olduğu görülmektedir. 4 numaralı katmanın diğer işleme parametrelerinin tamamında en düşük pürüzlülük değeri verdiği görülmüştür.



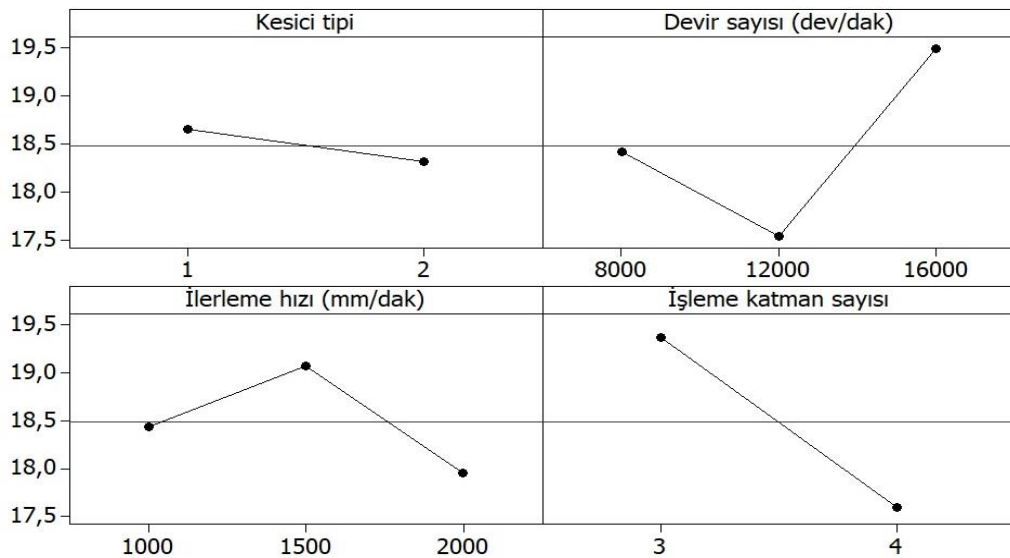
Şekil 5.22. Kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının birbirleri ile ortalama pürüzlülük (Ra) açısından etkileşimleri.

Kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde Rz için varyans analizi sonuçları Çizelge 5.18’de verilmektedir.

Çizelge 5.18. Kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde Rz için varyans analizi sonuçları.

| Source | DF | Adj SS | Adj MS | F | P |
|--|----|---------|--------|------|-------|
| Kesici tipi | 1 | 1,024 | 1,024 | 0,03 | 0,864 |
| Devir sayısı (dev/dak) | 2 | 23,047 | 11,524 | 0,34 | 0,715 |
| İlerleme hızı (mm/dak) | 2 | 7,590 | 3,795 | 0,11 | 0,894 |
| İşleme katman sayısı | 1 | 28,501 | 28,501 | 0,85 | 0,371 |
| Kesici tipi*Devir sayısı (dev/dak) | 2 | 39,810 | 19,905 | 0,59 | 0,565 |
| Kesici tipi*İlerleme hızı (mm/dak) | 2 | 21,742 | 10,871 | 0,32 | 0,728 |
| Kesici tipi*İşleme katman sayısı | 1 | 30,664 | 30,664 | 0,91 | 0,354 |
| Devir sayısı (dev/dak)* İlerleme hızı (mm/dak) | 4 | 26,797 | 6,699 | 0,20 | 0,935 |
| Devir sayısı (dev/dak)* İşleme katman sayısı | 2 | 10,057 | 5,029 | 0,15 | 0,862 |
| İlerleme hızı (mm/dak)* İşleme katman sayısı | 2 | 53,149 | 26,574 | 0,79 | 0,470 |
| Residual Error | 16 | 537,754 | 33,610 | | |
| Total | 35 | 780,135 | | | |

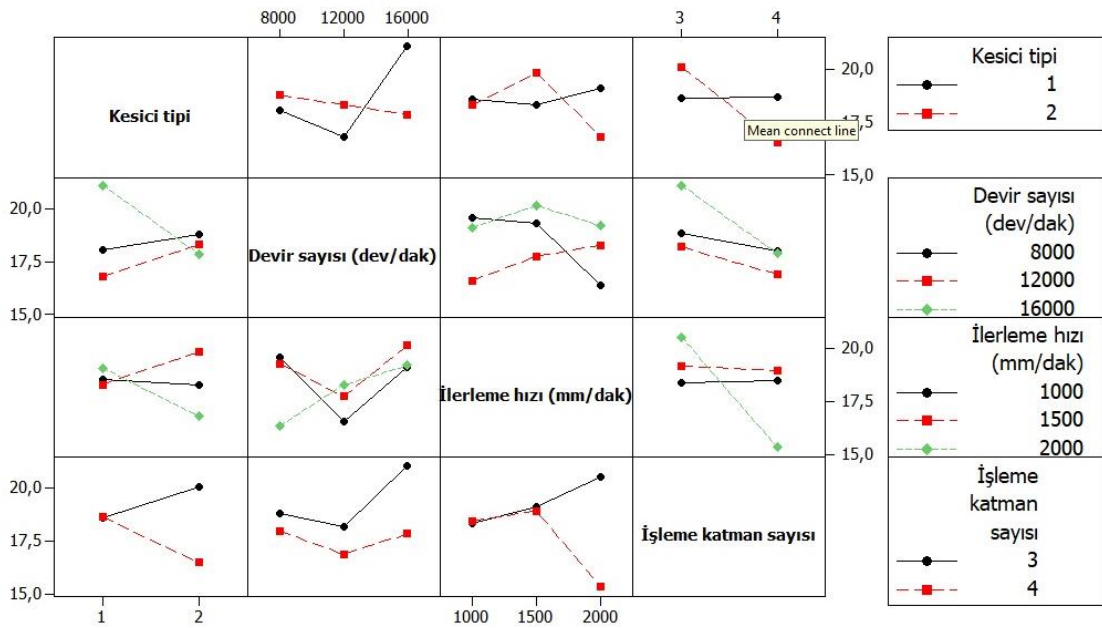
Çizelge 5.18’e göre %95 güven düzeyinde yapılan varyans analiz sonuçlarına göre tüm faktörler (kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı, işleme katman sayısı) için $p > 0,05$ olduğundan anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Şekil 5.23’de ise kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde Rz için ana etki grafiği görülmektedir.



Şekil 5.23. Kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının Rz üzerine etkisi.

Şekil 5.23'teki kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde Rz için ana etki grafiği incelendiğinde devir sayısı 8000 dev/dak'dan 12000 Dev/dak'ya arttıkça pürüzlülük değerinde bir düşüş meydana gelmiştir. Devir sayısı 16000 dev/dak'ya çıktığında pürüzlülük değerinde artış gerçekleşmiştir. En düşük pürüzlülük değeri devir sayısı göz önüne alındığında 12000 dev/dak'da elde edilmiştir. İlerleme hızı incelendiğinde ise, 1000 mm/dak'dan 1500 dev/dak'ya arttıkça pürüzlülük değerinde bir yükselme meydana gelmiştir. İlerleme hızı 2000 dev/dak'ya arttığında ise en düşük pürüzlülük değeri elde edilmiştir. Sonuç olarak en düşük pürüzlülük değerleri 2 no'lu kesici tipinde, 12000 dev/dak devir sayısında, 2000 mm/dak ilerleme hızında ve 4 işleme katman sayısında elde edilmiştir. Grafiklerin yatay ortalama çizgisine göre eğimleri söz konusu parametrenin etkinliği hakkında bilgi verebilmektedir (Çelik, 2018; Sertsöz, 2018). Eğim dikleştikçe parametrenin etkinliği artmaktadır. Tüm parametreler istatistiksel olarak anlamsız olsa da işleme katman sayısının eğrisinin konumu dikkate alındığında diğerlerinden daha etkin olduğu söylenebilir. En az etkiye sahip olan parametre ise kesici tipi olarak görülmektedir.

Şekil 5.24'te ise pürüzlülük sonuçları ile işleme parametreleri arasındaki ilişkiyi daha detaylı görebilmek için etkileşim grafikleri hazırlanmıştır. 4 numaralı katmanın diğer işleme parametrelerinin tamamında en düşük pürüzlülük değeri verdiği görülmüştür. En düşük Rz 12000 dev/dak değeri tüm parametrelerde elde edilmiştir.



Şekil 5.24. Kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının birbirleri ile Rz açısından etkileşimleri.

5.7. Kestane Numunelerde Yan Yüzeyde Liflere Dik Yapılan Ölçümlerde Elde Edilen Yüzey Pürüzlülük Değerleri

İşleme şartlarına göre kestane numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri Çizelge 5.19’da verilmektedir.

Çizelge 5.19. İşleme şartlarına göre kestane numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.

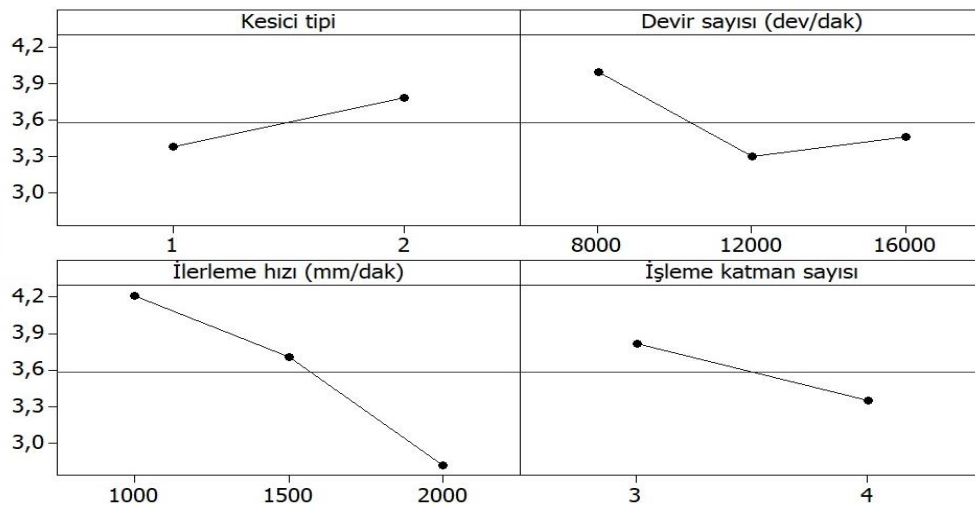
| Kesici tipi | Devir sayısı (dev/dak) | İlerleme hızı (mm/dak) | İşleme katman sayısı | Ra (μm) | Rz (μm) |
|-------------|------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1 | 8000 | 1000 | 3 | 4,651 | 30,933 |
| 1 | 8000 | 1000 | 4 | 3,242 | 22,127 |
| 1 | 8000 | 1500 | 3 | 6,356 | 35,240 |
| 1 | 8000 | 1500 | 4 | 2,308 | 14,210 |
| 1 | 8000 | 2000 | 3 | 1,899 | 13,247 |
| 1 | 8000 | 2000 | 4 | 4,179 | 30,070 |
| 1 | 12000 | 1000 | 3 | 1,793 | 15,097 |
| 1 | 12000 | 1000 | 4 | 6,343 | 33,753 |
| 1 | 12000 | 1500 | 3 | 2,732 | 19,887 |
| 1 | 12000 | 1500 | 4 | 2,555 | 16,550 |
| 1 | 12000 | 2000 | 3 | 1,686 | 9,619 |
| 1 | 12000 | 2000 | 4 | 1,574 | 10,973 |
| 1 | 16000 | 1000 | 3 | 4,336 | 28,123 |
| 1 | 16000 | 1000 | 4 | 4,705 | 25,577 |
| 1 | 16000 | 1500 | 3 | 3,126 | 18,080 |
| 1 | 16000 | 1500 | 4 | 2,858 | 17,007 |
| 1 | 16000 | 2000 | 3 | 3,623 | 22,453 |
| 1 | 16000 | 2000 | 4 | 2,816 | 16,537 |
| 2 | 8000 | 1000 | 3 | 5,720 | 33,823 |
| 2 | 8000 | 1000 | 4 | 4,655 | 27,968 |
| 2 | 8000 | 1500 | 3 | 3,491 | 19,223 |
| 2 | 8000 | 1500 | 4 | 5,557 | 31,657 |
| 2 | 8000 | 2000 | 3 | 3,216 | 20,413 |
| 2 | 8000 | 2000 | 4 | 2,623 | 16,383 |
| 2 | 12000 | 1000 | 3 | 6,576 | 32,543 |
| 2 | 12000 | 1000 | 4 | 2,668 | 17,990 |
| 2 | 12000 | 1500 | 3 | 4,341 | 30,010 |
| 2 | 12000 | 1500 | 4 | 3,816 | 22,190 |
| 2 | 12000 | 2000 | 3 | 2,990 | 14,790 |
| 2 | 12000 | 2000 | 4 | 2,454 | 12,743 |
| 2 | 16000 | 1000 | 3 | 3,595 | 20,800 |
| 2 | 16000 | 1000 | 4 | 2,270 | 16,083 |
| 2 | 16000 | 1500 | 3 | 4,149 | 23,575 |
| 2 | 16000 | 1500 | 4 | 3,230 | 22,157 |
| 2 | 16000 | 2000 | 3 | 4,393 | 23,623 |
| 2 | 16000 | 2000 | 4 | 2,350 | 14,918 |

Kestane numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (Ra) için varyans analizi sonuçları Çizelge 5.20’de verilmektedir.

Çizelge 5.20. Kestane numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (Ra) için varyans analizi sonuçları.

| Source | DF | Adj SS | Adj MS | F | P |
|--|----|---------|---------|------|-------|
| Kesici tipi | 1 | 1,4853 | 1,48526 | 0,68 | 0,422 |
| Devir sayısı (dev/dak) | 2 | 3,2009 | 1,60045 | 0,73 | 0,496 |
| İlerleme hızı (mm/dak) | 2 | 11,9970 | 5,99852 | 2,74 | 0,095 |
| İşleme katman sayısı | 1 | 1,9932 | 1,99323 | 0,91 | 0,354 |
| Kesici tipi*Devir sayısı (dev/dak) | 2 | 2,4354 | 1,21769 | 0,56 | 0,584 |
| Kesici tipi*İlerleme hızı (mm/dak) | 2 | 0,7524 | 0,37620 | 0,17 | 0,843 |
| Kesici tipi*İşleme katman sayısı | 1 | 2,3649 | 2,36488 | 1,08 | 0,314 |
| Devir sayısı (dev/dak)* İlerleme hızı (mm/dak) | 4 | 4,0730 | 1,01826 | 0,47 | 0,760 |
| Devir sayısı (dev/dak)* İşleme katman sayısı | 2 | 0,7650 | 0,38252 | 0,17 | 0,841 |
| İlerleme hızı (mm/dak)* İşleme katman sayısı | 2 | 0,1769 | 0,08845 | 0,04 | 0,960 |
| Residual Error | 16 | 34,9826 | 2,18641 | | |
| Total | 35 | 64,2267 | | | |

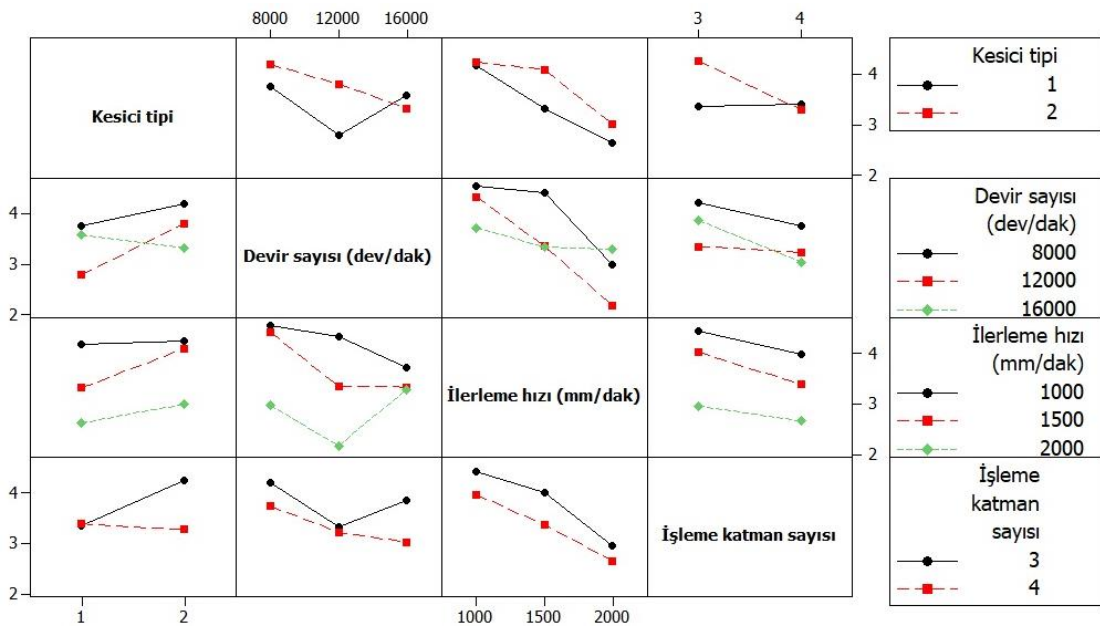
Çizelge 5.20’ye göre %95 güven düzeyinde yapılan varyans analiz sonuçlarına göre tüm faktörler (kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı, işleme katman sayısı) için $p > 0,05$ olduğundan anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Şekil 5.25’de ise kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (Ra) için ana etki grafiği görülmektedir.



Şekil 5.25. Kestane numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının ortalama pürüzlülük (Ra) üzerine etkisi.

Şekil 5.25'deki kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (R_a) için ana etki grafiği incelendiğinde devir sayısı 8000 dev/dak'dan 12000 Dev/dak'ya arttıkça pürüzlülük değerinde bir düşüş meydana gelmiştir. Devir sayısı 16000 dev/dak'ya çıktığında pürüzlülük değerinde az miktarda artış gerçekleşmişse de en düşük pürüzlülük değeri 12000 dev/dak'da elde edilmiştir. İlerleme hızı incelendiğinde ise, 1000 mm/dak'dan 1500 dev/dak'ya arttıkça pürüzlülük değerinde bir düşüş meydana gelmiştir. İlerleme hızı 2000 dev/dak'ya arttığında ise en düşük pürüzlülük değeri elde edilmiştir. Sonuç olarak en düşük pürüzlülük değerleri 2 no'lu kesici tipinde, 12000 dev/dak devir sayısında, 2000 mm/dak ilerleme hızında ve 4 işleme katman sayısında elde edilmiştir. Grafiklerin yatay ortalama çizgisine göre eğimleri söz konusu parametrenin etkinliği hakkında bilgi verebilmektedir (Çelik, 2018; Sertsöz, 2018). Eğim dikleştikçe parametrenin etkinliği artmaktadır. Tüm parametreler istatistiksel olarak anlamsız olsa da ilerleme hızının eğrisinin konumu dikkate alındığında diğerlerinden daha etkin olduğu söylenebilir.

Şekil 5.26'da ise pürüzlülük sonuçları ile işleme parametreleri arasındaki ilişkiyi daha detaylı görebilmek için etkileşim grafikleri hazırlanmıştır. 4 numaralı katmanın diğer işleme parametrelerinin tamamında en düşük pürüzlülük değeri verdiği görülmüştür. İlerlemenin 2000 mm/dak olduğu şartlarda diğer parametreler için en düşük R_a elde edilmiştir. 1 numaralı kesici ile yine tüm parametreler için en düşük R_a ölçümleri alınmıştır.



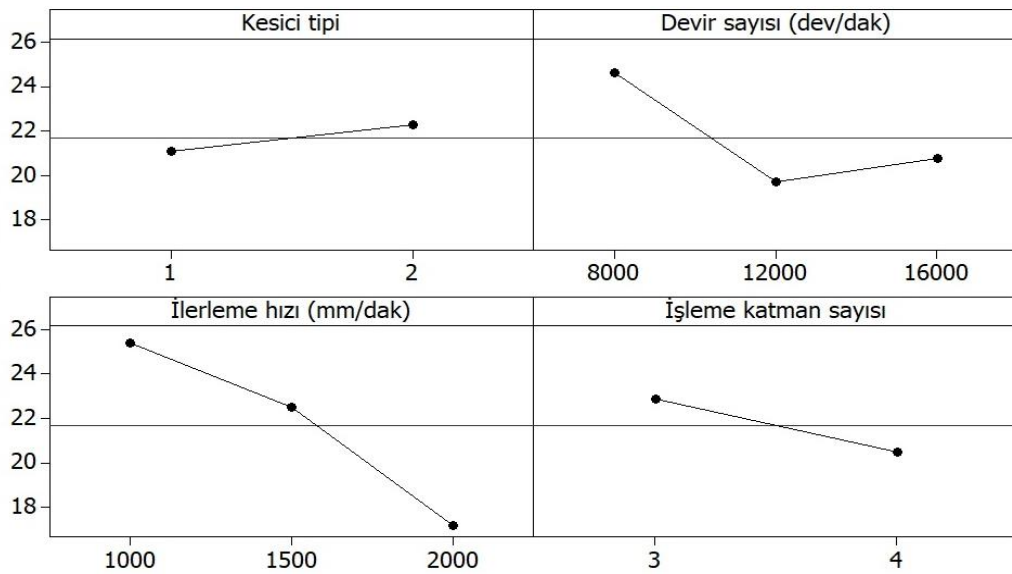
Şekil 5.26. Kestane numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının birbirleri ile ortalama pürüzlülük (R_a) açısından etkileşimleri.

Kestane numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde Rz için varyans analizi sonuçları Çizelge 5.21’de verilmektedir.

Çizelge 5.21. Kestane numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde Rz için varyans analizi sonuçları.

| Source | DF | Adj SS | Adj MS | F | P |
|--|----|---------|---------|------|-------|
| Kesici tipi | 1 | 12,73 | 12,731 | 0,23 | 0,637 |
| Devir sayısı (dev/dak) | 2 | 161,43 | 80,715 | 1,47 | 0,260 |
| İlerleme hızı (mm/dak) | 2 | 420,43 | 210,217 | 3,82 | 0,044 |
| İşleme katman sayısı | 1 | 50,38 | 50,382 | 0,91 | 0,353 |
| Kesici tipi*Devir sayısı (dev/dak) | 2 | 41,59 | 20,795 | 0,38 | 0,691 |
| Kesici tipi*İlerleme hızı (mm/dak) | 2 | 55,27 | 27,633 | 0,50 | 0,615 |
| Kesici tipi*İşleme katman sayısı | 1 | 26,42 | 26,415 | 0,48 | 0,498 |
| Devir sayısı (dev/dak)* İlerleme hızı (mm/dak) | 4 | 120,13 | 30,034 | 0,55 | 0,705 |
| Devir sayısı (dev/dak)* İşleme katman sayısı | 2 | 13,26 | 6,632 | 0,12 | 0,887 |
| İlerleme hızı (mm/dak)* İşleme katman sayısı | 2 | 17,85 | 8,927 | 0,16 | 0,852 |
| Residual Error | 16 | 881,06 | 55,066 | | |
| Total | 35 | 1800,56 | | | |

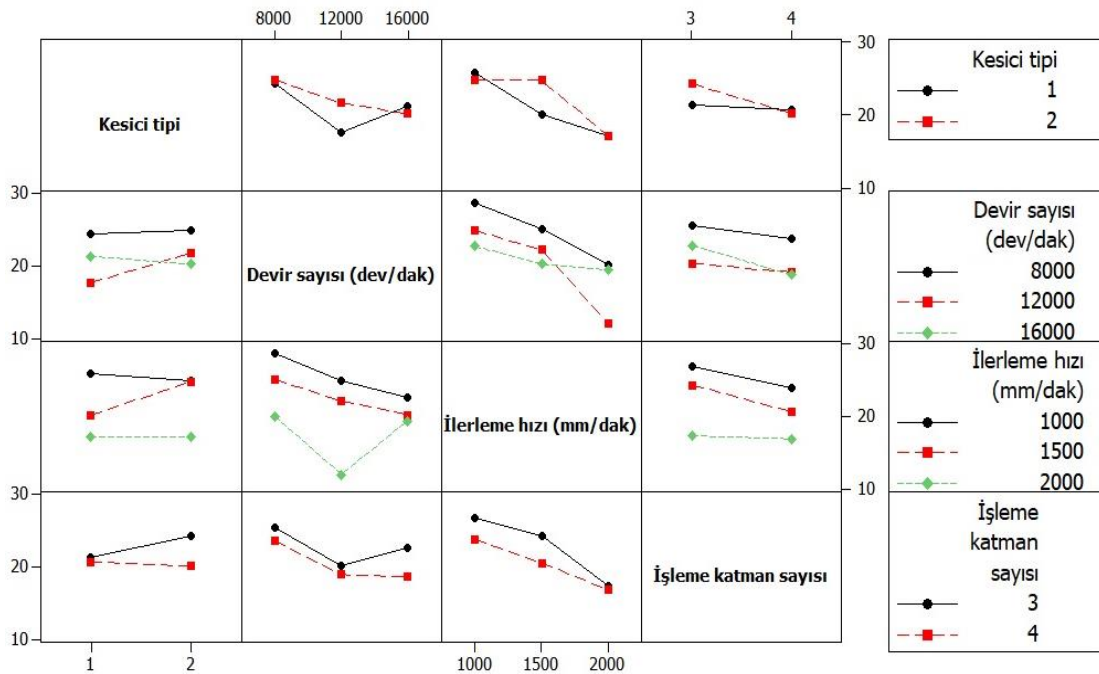
Çizelge 5.21’e göre %95 güven düzeyinde yapılan varyans analiz sonuçlarına göre ilerleme hızı için $p < 0,05$ olduğundan istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaktadır. Şekil 5.27’de ise kestane numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde Rz için ana etki grafiği görülmektedir.



Şekil 5.27. Kestane numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının Rz üzerine etkisi.

Şekil 5.27'deki kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde Rz için ana etki grafiği incelendiğinde 1 nolu kesicide daha düşük pürüzlülük değeri elde edilmiş, devir sayısı 8000 dev/dak'dan 12000 Dev/dak'ya arttıkça pürüzlülük değerinde bir düşüş meydana gelmiştir. Devir sayısı 16000 dev/dak'ya çıktığında pürüzlülük değerinde artış gerçekleşmiştir. En düşük pürüzlülük değeri 12000 dev/dak'da elde edilmiştir. İlerleme hızı incelendiğinde ise, 1000 mm/dak'dan 1500 dev/dak'ya arttıkça pürüzlülük değerinde bir düşüş meydana gelmiştir. İlerleme hızı 2000 dev/dak'ya arttığında ise en düşük pürüzlülük değeri elde edilmiştir. Sonuç olarak en düşük pürüzlülük değerleri 1 no'lu kesici tipinde, 12000 dev/dak devir sayısında, 2000 mm/dak ilerleme hızında ve 4 işleme katman sayısında elde edilmiştir.

Şekil 5.28'de ise pürüzlülük sonuçları ile işleme parametreleri arasındaki ilişkiyi daha detaylı görebilmek için etkileşim grafikleri hazırlanmıştır. 4 numaralı katmanın diğer işleme parametrelerinin tamamında en düşük pürüzlülük değeri verdiği görülmüştür. İlerlemenin 2000 mm/dak olduğu şartlarda diğer parametreler için en düşük Rz elde edilmiştir. Genellikle en düşük Rz 12000 dev/dak değerinde elde edilmiştir. 1 numaralı kesici ile yine tüm parametreler için en düşük Rz ölçümleri alınmıştır.



Şekil 5.28. Kestane numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının birbirleri ile Rz açısından etkileşimleri.

5.8. Kestane Numunelerde Yan Yüzeyde Liflere Paralel Yapılan Ölçümlerde Elde Edilen Yüzey Pürüzlülük Değerleri

İşleme şartlarına göre kestane numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri Çizelge 5.22’de verilmektedir.

Çizelge 5.22. İşleme şartlarına göre kestane numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.

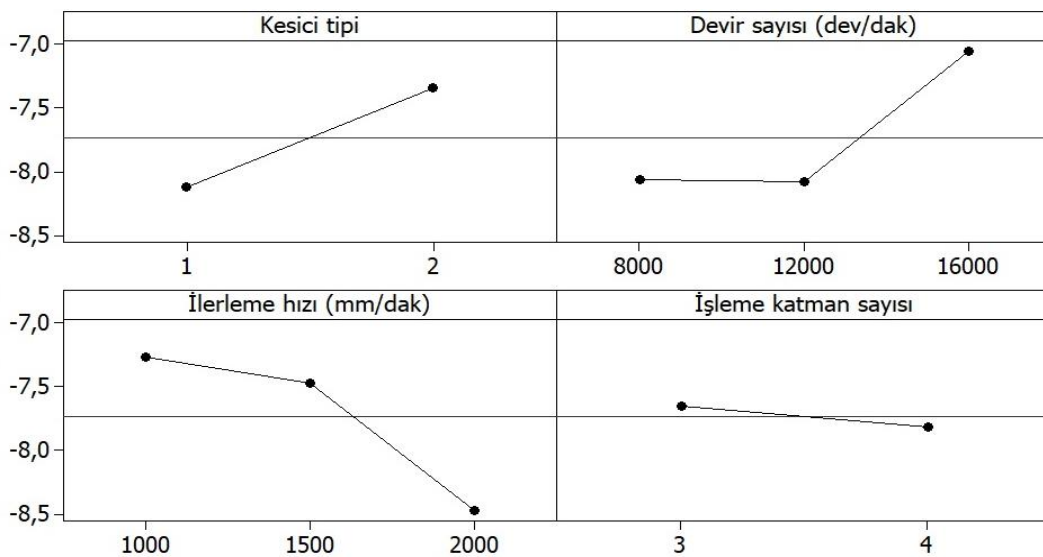
| Kesici tipi | Devir sayısı (dev/dak) | İlerleme hızı (mm/dak) | İşleme katman sayısı | Ra (µm) | Rz (µm) |
|-------------|------------------------|------------------------|----------------------|---------|---------|
| 1 | 8000 | 1000 | 3 | 2,542 | 13,303 |
| 1 | 8000 | 1000 | 4 | 2,244 | 11,276 |
| 1 | 8000 | 1500 | 3 | 2,589 | 13,540 |
| 1 | 8000 | 1500 | 4 | 2,655 | 13,963 |
| 1 | 8000 | 2000 | 3 | 3,035 | 18,823 |
| 1 | 8000 | 2000 | 4 | 3,376 | 16,150 |
| 1 | 12000 | 1000 | 3 | 3,500 | 19,633 |
| 1 | 12000 | 1000 | 4 | 4,573 | 22,093 |
| 1 | 12000 | 1500 | 3 | 3,039 | 17,643 |
| 1 | 12000 | 1500 | 4 | 2,404 | 14,670 |
| 1 | 12000 | 2000 | 3 | 2,173 | 9,674 |
| 1 | 12000 | 2000 | 4 | 1,805 | 9,986 |
| 1 | 16000 | 1000 | 3 | 1,616 | 8,890 |
| 1 | 16000 | 1000 | 4 | 2,030 | 11,660 |
| 1 | 16000 | 1500 | 3 | 2,272 | 12,777 |
| 1 | 16000 | 1500 | 4 | 3,629 | 19,940 |
| 1 | 16000 | 2000 | 3 | 2,038 | 12,267 |
| 1 | 16000 | 2000 | 4 | 2,032 | 12,173 |
| 2 | 8000 | 1000 | 3 | 1,633 | 9,445 |
| 2 | 8000 | 1000 | 4 | 3,541 | 16,157 |
| 2 | 8000 | 1500 | 3 | 1,615 | 7,645 |
| 2 | 8000 | 1500 | 4 | 2,518 | 12,427 |
| 2 | 8000 | 2000 | 3 | 1,758 | 9,168 |
| 2 | 8000 | 2000 | 4 | 4,179 | 20,320 |
| 2 | 12000 | 1000 | 3 | 2,509 | 16,277 |
| 2 | 12000 | 1000 | 4 | 1,311 | 9,259 |
| 2 | 12000 | 1500 | 3 | 2,814 | 13,570 |
| 2 | 12000 | 1500 | 4 | 1,401 | 7,149 |
| 2 | 12000 | 2000 | 3 | 2,317 | 12,757 |
| 2 | 12000 | 2000 | 4 | 5,135 | 29,003 |
| 2 | 16000 | 1000 | 3 | 2,826 | 14,993 |
| 2 | 16000 | 1000 | 4 | 1,418 | 6,468 |
| 2 | 16000 | 1500 | 3 | 3,407 | 18,753 |
| 2 | 16000 | 1500 | 4 | 1,352 | 9,235 |
| 2 | 16000 | 2000 | 3 | 3,059 | 16,977 |
| 2 | 16000 | 2000 | 4 | 2,703 | 16,650 |

Kestane numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (Ra) için varyans analizi sonuçları Çizelge 5.23'te verilmektedir.

Çizelge 5.23. Kestane numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (Ra) için varyans analizi sonuçları.

| Source | DF | Adj SS | Adj MS | F | P |
|--|----|---------|---------|------|-------|
| Kesici tipi | 1 | 0,1173 | 0,11733 | 0,11 | 0,741 |
| Devir sayısı (dev/dak) | 2 | 0,9366 | 0,46832 | 0,45 | 0,645 |
| İlerleme hızı (mm/dak) | 2 | 0,8414 | 0,42071 | 0,41 | 0,673 |
| İşleme katman sayısı | 1 | 0,3526 | 0,35264 | 0,34 | 0,568 |
| Kesici tipi*Devir sayısı (dev/dak) | 2 | 0,4479 | 0,22397 | 0,22 | 0,808 |
| Kesici tipi*İlerleme hızı (mm/dak) | 2 | 3,6159 | 1,80795 | 1,74 | 0,207 |
| Kesici tipi*İşleme katman sayısı | 1 | 0,0029 | 0,00292 | 0,00 | 0,958 |
| Devir sayısı (dev/dak)* İlerleme hızı (mm/dak) | 4 | 2,1044 | 0,52610 | 0,51 | 0,731 |
| Devir sayısı (dev/dak)* İşleme katman sayısı | 2 | 2,3835 | 1,19175 | 1,15 | 0,342 |
| İlerleme hızı (mm/dak)* İşleme katman sayısı | 2 | 1,8920 | 0,94600 | 0,91 | 0,422 |
| Residual Error | 16 | 16,6051 | 1,03782 | | |
| Total | 35 | 29,2998 | | | |

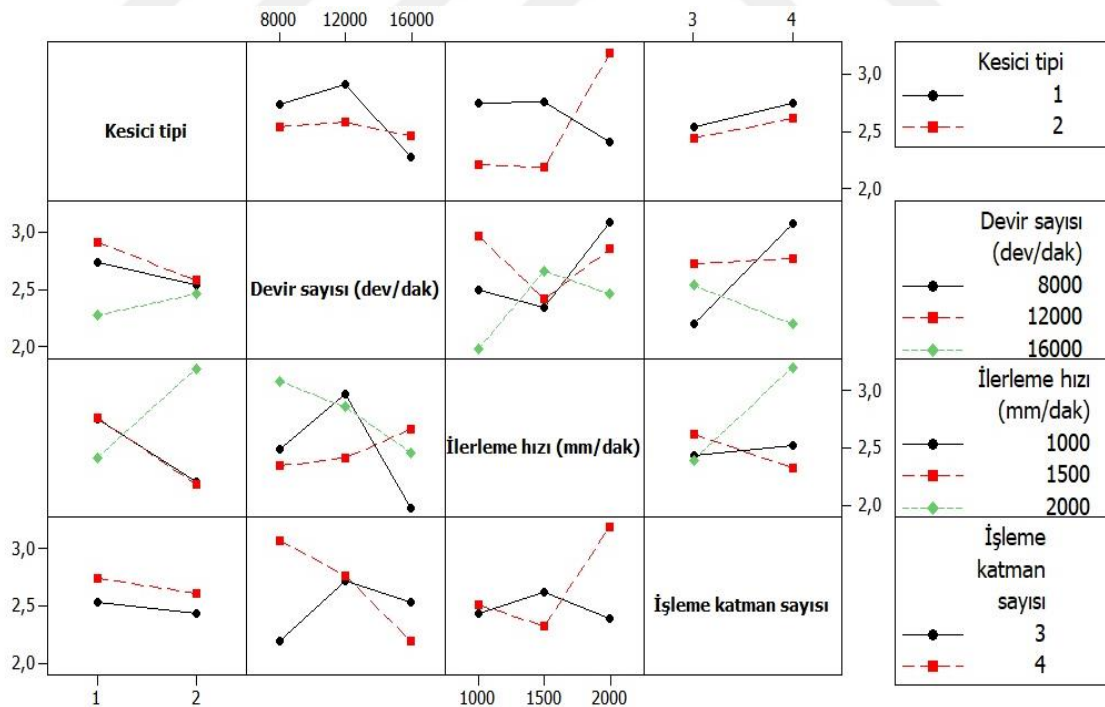
Çizelge 5.23'e göre %95 güven düzeyinde yapılan varyans analiz sonuçlarına göre tüm faktörler (kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı, işleme katman sayısı) için $p > 0,05$ olduğundan anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Şekil 5.29'da ise kestane numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (Ra) için ana etki grafiği görülmektedir.



Şekil 5.29. Kestane numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının ortalama pürüzlülük (Ra) üzerine etkisi.

Şekil 5.29'daki kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (R_a) için ana etki grafiği incelendiğinde devir sayısı 8000 dev/dak'dan 12000 Dev/dak'ya arttıkça pürüzlülük değerinde çok az bir düşüş meydana gelmiştir. Devir sayısı 16000 dev/dak'ya çıktığında pürüzlülük değerinde artış gerçekleşmiştir. En düşük pürüzlülük değeri 8000 ve 12000 dev/dak'da birbirine yakın olmakla birlikte 12000 dev/dak'da elde edilmiştir. İlerleme hızı iğöz önüne alındığında 1000 mm/dak'dan 1500 dev/dak'ya arttıkça pürüzlülük değerinde bir düşüş meydana gelmiştir. İlerleme hızı 2000 dev/dak'ya arttığında hızlı bir düşüş gerçekleşmiş ve en düşük pürüzlülük değeri elde edilmiştir. Sonuç olarak en düşük pürüzlülük değerleri 1 no'lu kesici tipinde, 12000 dev/dak devir sayısında, 2000 mm/dak ilerleme hızında ve 4 işleme katman sayısında elde edilmiştir.

Şekil 5.30'da ise pürüzlülük sonuçları ile işleme parametreleri arasındaki ilişkiyi daha detaylı görebilmek için etkileşim grafikleri hazırlanmıştır. 3 numaralı katmanın diğer işleme parametrelerinin çoğunda en düşük pürüzlülük değeri verdiği görülmüştür. İlerlemenin 1000 mm/dak ve devir sayısının 16000 dev/dak olduğu 3 numaralı katmanda en düşük R_a değeri elde edilmiştir.



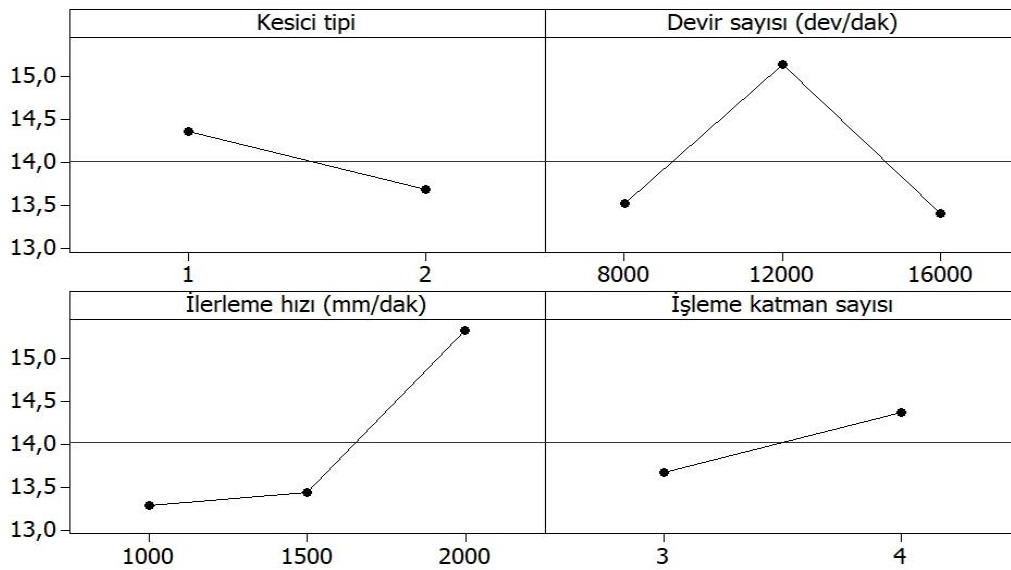
Şekil 5.30. Kestane numunelerinde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının birbirleri ile ortalama pürüzlülük (R_a) açısından etkileşimleri.

Kestane numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde Rz için varyans analizi sonuçları Çizelge 5.24'te verilmektedir.

Çizelge 5.24. Kestane numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde Rz için varyans analizi sonuçları.

| Source | DF | Adj SS | Adj MS | F | P |
|--|----|---------|---------|------|-------|
| Kesici tipi | 1 | 4,141 | 4,1407 | 0,15 | 0,706 |
| Devir sayısı (dev/dak) | 2 | 22,788 | 11,3938 | 0,41 | 0,672 |
| İlerleme hızı (mm/dak) | 2 | 30,991 | 15,4956 | 0,55 | 0,586 |
| İşleme katman sayısı | 1 | 4,302 | 4,3018 | 0,15 | 0,700 |
| Kesici tipi*Devir sayısı (dev/dak) | 2 | 12,745 | 6,3723 | 0,23 | 0,799 |
| Kesici tipi*İlerleme hızı (mm/dak) | 2 | 115,290 | 57,6448 | 2,06 | 0,160 |
| Kesici tipi*İşleme katman sayısı | 1 | 0,082 | 0,0824 | 0,00 | 0,957 |
| Devir sayısı (dev/dak)* İlerleme hızı (mm/dak) | 4 | 87,088 | 21,7719 | 0,78 | 0,556 |
| Devir sayısı (dev/dak)* İşleme katman sayısı | 2 | 30,445 | 15,2226 | 0,54 | 0,591 |
| İlerleme hızı (mm/dak)* İşleme katman sayısı | 2 | 52,408 | 26,2041 | 0,94 | 0,413 |
| Residual Error | 16 | 448,027 | 28,0017 | | |
| Total | 35 | 808,306 | | | |

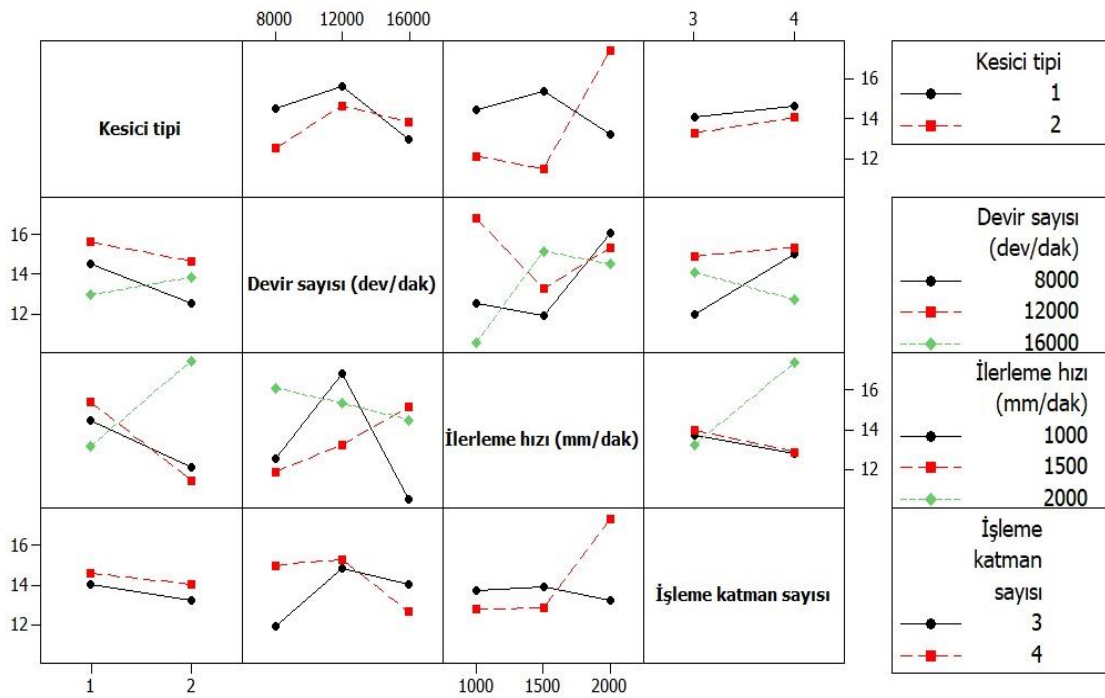
Çizelge 5.24'e göre %95 güven düzeyinde yapılan varyans analiz sonuçlarına göre tüm faktörler (kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı, işleme katman sayısı) için $p > 0,05$ olduğundan anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Şekil 5.31'de ise kestane numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde Rz için ana etki grafiği görülmektedir.



Şekil 5.31. Kestane numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının Rz üzerine etkisi.

Şekil 5.31'deki kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde Rz için ana etki grafiği incelendiğinde devir sayısı 8000 dev/dak'dan 12000 Dev/dak'ya arttıkça pürüzlülük değerinde bir artış meydana gelmiştir. Devir sayısı 16000 dev/dak'ya çıktığında ise en düşük pürüzlülük değeri elde edilmiştir. İlerleme hızı incelendiğinde ise, 1000 mm/dak'dan 2000 dev/dak'ya arttıkça pürüzlülük değerinde bir artış meydana gelmiştir. En yüksek artış 1500 mm/dak ilerleme hızından 2000 mm/dak ilerleme hızına artışta gerçekleşmiştir. Sonuç olarak en düşük pürüzlülük değerleri 2 no'lu kesici tipinde, 16000 dev/dak devir sayısında, 1000 mm/dak ilerleme hızında ve 3 işleme katman sayısında elde edilmiştir. Grafiklerin yatay ortalama çizgisine göre eğimleri açısından bakıldığında; En az etkiye sahip olan parametrenin kesici tipi olduğu görülmektedir.

Şekil 5.32'de ise pürüzlülük sonuçları ile işleme parametreleri arasındaki ilişkiyi daha detaylı görebilmek için etkileşim grafikleri hazırlanmıştır. Bu grafiklere bakıldığında en düşük Rz 16000 dev/dak 1000 mm/dak ve 3 numaralı katmanda elde edilmiştir. 2 numaralı kesici ile parametrelerin çoğunda en düşük Rz ölçümleri alınmıştır.



Şekil 5.32. Kestane numunelerinde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman sayısının birbirleri ile Rz açısından etkileşimleri.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

6.1. Sonuçlar

Bu çalışmada Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) ve Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* M.)'den hazırlanan numunelerin optimum işleme koşullarını belirlemek amacıyla, CNC makinesinde çeşitli parametreler değiştirilerek işleme gerçekleştirilmiş ve elde edilen yüzeylerin yüzey kalitesi yüzey pürüzlülüğü göz önüne alınarak değerlendirilmiştir.

Elde edilen pürüzlülük değerleri incelendiğinde;

Kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde Ra için en düşük pürüzlülük değeri ($Ra = 2,838 \mu m$) 3 katmanlı işlemede 16000 dev/dak devir sayısında 1000 mm/dak ilerleme hızında ve 1 nolu kesici tipinde meydana gelmiştir. Ra değeri en yüksek ($Ra = 6,729 \mu m$) 3 katmanlı işlemede 8000 dev/dak devir sayısında 2000 mm/dak ilerleme hızında ve 1 nolu kesici tipinde meydana gelmiştir.

Kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde Rz için en düşük pürüzlülük değeri ($Rz = 19,290 \mu m$) 3 katmanlı işlemede 16000 dev/dak devir sayısında 1000 mm/dak ilerleme hızında ve 1 nolu kesici tipinde meydana gelmiştir. Rz değeri en yüksek ($Rz = 38,287 \mu m$) 3 katmanlı işlemede 8000 dev/dak devir sayısında 2000 mm/dak ilerleme hızında ve 1 nolu kesici tipinde meydana gelmiştir. Kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde Rz için elde edilen sonuçlar Ra cinsinden elde edilen sonuçlar ile aynı parametrelerde gerçekleşmiştir.

Kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde Ra için en düşük pürüzlülük değeri ($Ra = 2,492 \mu m$) 4 katmanlı işlemede 16000 dev/dak devir sayısında 1000 mm/dak ilerleme hızında ve 1 nolu kesici tipinde meydana gelmiştir. Ra değeri en yüksek ($Ra = 5,294 \mu m$) 4 katmanlı işlemede 12000 dev/dak devir sayısında 1000 mm/dak ilerleme hızında ve 2 nolu kesici tipinde meydana gelmiştir.

Kayın numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde Rz için en düşük pürüzlülük değeri ($Rz = 15,060 \mu m$) 4 katmanlı işlemede 8000 dev/dak devir sayısında 1000 mm/dak ilerleme hızında ve 2 nolu kesici tipinde meydana gelmiştir. Rz değeri en yüksek ($Rz = 28,108 \mu m$) 3 katmanlı işlemede 16000 dev/dak devir sayısında 2000 mm/dak ilerleme hızında ve 2 nolu kesici tipinde meydana gelmiştir.

Kayın numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde Ra için en düşük pürüzlülük değeri ($Ra = 1,841 \mu m$) 3 katmanlı işlemede 16000 dev/dak devir sayısında 1000

mm/dak ilerleme hızında ve 2 nolu kesici tipinde meydana gelmiştir. Ra değeri en yüksek ($R_a = 5,135 \mu\text{m}$) 3 katmanlı işlemede 8000 dev/dak devir sayısında 1500 mm/dak ilerleme hızında ve 2 nolu kesici tipinde meydana gelmiştir.

Kayın numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde Rz için en düşük pürüzlülük değeri ($R_z = 11,000 \mu\text{m}$) 3 katmanlı işlemede 16000 dev/dak devir sayısında 1000 mm/dak ilerleme hızında ve 2 nolu kesici tipinde meydana gelmiştir. Rz değeri en yüksek ($R_z = 33,207 \mu\text{m}$) 3 katmanlı işlemede 8000 dev/dak devir sayısında 1500 mm/dak ilerleme hızında ve 2 nolu kesici tipinde meydana gelmiştir. Kayın numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde Rz için elde edilen sonuçlar Ra cinsinden elde edilen sonuçlar ile aynı parametrelerde gerçekleşmiştir.

Kayın numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde Ra için en düşük pürüzlülük değeri ($R_a = 1,312 \mu\text{m}$) 4 katmanlı işlemede 16000 dev/dak devir sayısında 1500 mm/dak ilerleme hızında ve 2 nolu kesici tipinde meydana gelmiştir. Ra değeri en yüksek ($R_a = 3,194 \mu\text{m}$) 4 katmanlı işlemede 12000 dev/dak devir sayısında 1500 mm/dak ilerleme hızında ve 1 nolu kesici tipinde meydana gelmiştir.

Kayın numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde Rz için en düşük pürüzlülük değeri ($R_z = 7,317 \mu\text{m}$) 3 katmanlı işlemede 16000 dev/dak devir sayısında 1500 mm/dak ilerleme hızında ve 2 nolu kesici tipinde meydana gelmiştir. Rz değeri en yüksek ($R_z = 17,450 \mu\text{m}$) 4 katmanlı işlemede 12000 dev/dak devir sayısında 1000 mm/dak ilerleme hızında ve 1 nolu kesici tipinde meydana gelmiştir.

Kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde Ra için en düşük pürüzlülük değeri ($R_a = 3,521 \mu\text{m}$) 3 katmanlı işlemede 16000 dev/dak devir sayısında 2000 mm/dak ilerleme hızında ve 2 nolu kesici tipinde meydana gelmiştir. Ra değeri en yüksek ($R_a = 6,802 \mu\text{m}$) 3 katmanlı işlemede 16000 dev/dak devir sayısında 1500 mm/dak ilerleme hızında ve 2 nolu kesici tipinde meydana gelmiştir.

Kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde Rz için en düşük pürüzlülük değeri ($R_z = 3,564 \mu\text{m}$) 4 katmanlı işlemede 16000 dev/dak devir sayısında 1500 mm/dak ilerleme hızında ve 2 nolu kesici tipinde meydana gelmiştir. Rz değeri en yüksek ($R_z = 41,680 \mu\text{m}$) 3 katmanlı işlemede 12000 dev/dak devir sayısında 2000 mm/dak ilerleme hızında ve 1 nolu kesici tipinde meydana gelmiştir.

Kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde Ra için en düşük pürüzlülük değeri ($R_a = 1,699 \mu\text{m}$) 4 katmanlı işlemede 12000 dev/dak devir sayısında

1500 mm/dak ilerleme hızında ve 1 nolu kesici tipinde meydana gelmiştir. Ra değeri en yüksek ($R_a = 4,963 \mu\text{m}$) 4 katmanlı işlemede 8000 dev/dak devir sayısında 1500 mm/dak ilerleme hızında ve 1 nolu kesici tipinde meydana gelmiştir.

Kestane numunelerde zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde Rz için en düşük pürüzlülük değeri ($R_z = 11,990 \mu\text{m}$) 4 katmanlı işlemede 12000 dev/dak devir sayısında 1500 mm/dak ilerleme hızında ve 1 nolu kesici tipinde meydana gelmiştir. Rz değeri en yüksek ($R_z = 26,107 \mu\text{m}$) 3 katmanlı işlemede 12000 dev/dak devir sayısında 2000 mm/dak ilerleme hızında ve 1 nolu kesici tipinde meydana gelmiştir.

Kestane numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde Ra için en düşük pürüzlülük değeri ($R_a = 1,574 \mu\text{m}$) 4 katmanlı işlemede 12000 dev/dak devir sayısında 2000 mm/dak ilerleme hızında ve 1 nolu kesici tipinde meydana gelmiştir. Ra değeri en yüksek ($R_a = 6,576 \mu\text{m}$) 3 katmanlı işlemede 12000 dev/dak devir sayısında 1000 mm/dak ilerleme hızında ve 2 nolu kesici tipinde meydana gelmiştir.

Kestane numunelerde yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde Rz için en düşük pürüzlülük değeri ($R_z = 10,973 \mu\text{m}$) 4 katmanlı işlemede 12000 dev/dak devir sayısında 2000 mm/dak ilerleme hızında ve 1 nolu kesici tipinde meydana gelmiştir. Rz değeri en yüksek ($R_z = 35,240 \mu\text{m}$) 3 katmanlı işlemede 8000 dev/dak devir sayısında 1500 mm/dak ilerleme hızında ve 1 nolu kesici tipinde meydana gelmiştir.

Kestane numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde Ra için en düşük pürüzlülük değeri ($R_a = 1,311 \mu\text{m}$) 4 katmanlı işlemede 12000 dev/dak devir sayısında 1000 mm/dak ilerleme hızında ve 2 nolu kesici tipinde meydana gelmiştir. Ra değeri en yüksek ($R_a = 5,135 \mu\text{m}$) 4 katmanlı işlemede 12000 dev/dak devir sayısında 2000 mm/dak ilerleme hızında ve 2 nolu kesici tipinde meydana gelmiştir.

Kestane numunelerde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde Rz için en düşük pürüzlülük değeri ($R_z = 7,149 \mu\text{m}$) 4 katmanlı işlemede 12000 dev/dak devir sayısında 1500 mm/dak ilerleme hızında ve 2 nolu kesici tipinde meydana gelmiştir. Rz değeri en yüksek ($R_z = 29,003 \mu\text{m}$) 4 katmanlı işlemede 12000 dev/dak devir sayısında 2000 mm/dak ilerleme hızında ve 2 nolu kesici tipinde meydana gelmiştir.

6.2. Öneriler

Elde edilen verilere göre Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) ve Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* M.) ağaç türlerinin CNC işlenmesinde aşağıdaki önerilerde bulunulabilir.

- Çalışmanın sonuçlar kısmında herbir ağaç türü için elde edilen optimum noktalar ve sonuçlar değerlendirilerek kesiş için en uygun şartlar belirlenebilir. Genel olarak çalışmadan elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde;
- İşleme derinliği arttıkça yüzey pürüzlülüğünde artış gözlemlenmektedir. Yüzey kalitesinin önemli olduğu durumlarda derin kesişlerden kaçınılmalıdır. Bir derin kesiş yerine iki sığ kesişin daha düzgün yüzey vereceği görülmektedir.
- Kesici devir sayısındaki artış belli bir yere kadar pürüzlülük değerinde iyileşme gösterirken daha fazla artması pürüzlü yüzeyler oluşturmuştur. Yüzey kalitesi için en uygun devir sayısını tespit ederek o devir sayısında kesişi gerçekleştirmek hem yüzey kalitesini arttıracak hem de kesicinin daha uzun süre keskin kalmasını sağlayacaktır.
- Kesici ilerleme hızı arttıkça pürüzlülükte paralel olarak artış göstermiştir. Daha düşük ilerleme hızlarında daha düzgün, pürüzsüz yüzeyler elde edilebilecektir. Ancak bu durum işleme süresini arttıracak ve süre açısından olumsuz bir durum oluşmasına yol açacaktır. Bu durumda hem kesiş süresi hem de ilerleme hızı değerlendirilerek optimum noktada kesiş sağlanmalıdır.
- Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) ve Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* M.) ağaç malzemedeki işleme sonrası pürüzlülük değerlerinin minimum olarak elde edilmesi için elde edilen veriler değerlendirilerek optimum noktada işleme gerçekleştirilmelidir.
- İşleme derinliğinin düşük olması (bir derin kesiş yerine iki sığ kesiş) kesicilerdeki bıçak sayısının artırılması ve kesicilerin bilenmiş olması ve sık aralıklarla bilenmesi iyi bir yüzey kalitesi elde etmek için literatürde incelendiğinde faydalı olacağı görülmektedir.

Ayrıca kullanılan CNC tezgahların stabil olması, yüksek devir sayılarında ve ilerleme hızlarında ve de bazı kesiş tiplerinde titreşimlerden etkilenmemesini sağlayacak ve daha kaliteli yüzeyler elde edilebilecektir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Akkurt, M., (1996), *Bilgisayar Destekli Takım Tezgahları (CNC) ve Bilgisayar Destekli Tasarım ve İmalat (CAD-CAM) Sistemleri*, Birsen Yayınları, İstanbul, Mart, 1. Baskı.

Aydın, İ., (2004), *Çeşitli Ağaç Türlerinden Elde Edilen Kaplamaların İslanabilme Yeteneği ve Yapışma Direnci Üzerine Bazı Üretim Şartlarının Etkileri*, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Aykaç, E. (2018), *Bambu'da İşleme Parametrelerinin Yüzey kalitesi Üzerine Etkisinin Araştırılması*, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Kütahya.

Bal B.C., (2018), CNC makinelerinin bazı ayarlarının parça işleme süresi ve lif levhanın yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 1 (1), 21-30.

Bao, X., Ying, J., Cheng, F., Zhang, J., Luo, B., Li, L., Liu, H. (2018), Research on neural network model of surface roughness in belt sanding process for *Pinus koraiensis*, Measurement, C. 115, 2018, Pages 11-18, ISSN 0263-2241, <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2017.10.013>.

Baykan, İ., (1996), *Rendelenmiş ve Zımparalanmış Masif Ağaç Malzeme Yüzeylerinde Yüzey Pürüzlülüklerine İlişkin Araştırmalar*, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Bendikiene, R., Keturakis, G., (2016), The effect of tool wear and planning parameters on birch wood surface roughness, *Wood Research*, 61 (5): 2016, 791-798

Bozkurt A. Y., Erdin N. (1997), *Ağaç Teknolojisi kitabı* İ.Ü. Yayın No: 3998, 975-404-592-5 sayfa 341-342.

Bozkurt A. Y., Erdin N. (2000), *Odun Anatomisi kitabı* İ.Ü. Yayın No: 4263, 975-404-592-5 sayfa 284-286.

Cutri, F., Maycock, K., Parkin, R., (1991), *Surface Measurement of Planed and Moulded Timber Products, Sensors and Actuators*.

Çabukoğlu, F., (2007), *Masif Parkelerde Kalite Sınıflarına Göre Yüzey Pürüzlülüğünün Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bolu.

Çelik B. (2018), *Küresel grafitli GGG-70 Dökme Demirin Minimum Miktarda Yağlama Tekniği Kullanılarak Frezelenmesinde İşlenebilirliğinin Deneysel Olarak İncelenmesi*, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü İleri Teknolojiler Anabilim dalı Yüksek Lisans Tezi, Kütahya.

Damga, S., (2006), *Deri Giyim Üretiminde Optimizasyonunda CAD/CAM Sistemlerinin Kullanımı Üzerine Araştırmalar*, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Efe, H., (1999), Yüksek Lisans Ders Notları, Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü, Ankara.

Efe, H., Demirci, S., Kılıç, Y., (2003), Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.) Odununun Rendelenmesinde Kesiş Yönü, Bıçak Sayısı, Besleme Hızı ve Kesme Derinliğinin Yüzey Düzgünlüğüne Etkisi, Gazi Üniversitesi, *Orman Fakültesi Dergisi*, Ankara, Sayı 1: s. 77-87.

Efe, H., Gürleyen, L., (2003), Bazı Ağaç Malzemelerde Kesiş Yönü, Kesici Adeti ve Devir Sayısının Yüzey Düzgünlüğüne Etkileri, *Gazi Üniversitesi, Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi*, Ankara, Sayı 1: s. 77, 87.

Efe, H., Gürleyen, L., Budakçı, M., (2007), Akasya Odununda Kesiş Yönü ve Kesici Sayısının Yüzey Düzgünlüğü ve Yapışma Direncine Etkisi, *Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, Kastamonu, Sayı 1: s. 13-32.

Faust, D. T., (1987), Real Time Measurement of Veneer Surface Roughness by Image Analysis, *Forest Products Journal*. June 1987, 37(6): 34-40.

Faust, D. T., Rice, J. T., (1986), Effect of Veneer Surface Roughness on the Bond Quality of Southern Pine Plywood , *Forest Products Journal*, 36(4), 57-62.

Gaff, M., Gašparík, G., Kvietková, M. (2017), Evaluation of wood surface quality depending on the embossing parameters, *Wood Research*, 62 (5): 2017, 751-762

Gürleyen, L., (1998), Mobilyada Kullanılan Masif Ağaç Malzemelerde Yüzey Düzgünlüğünün Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Hernandez, R.E., 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: 147. <https://doi.org/10.1007/s00107-007-0222-4>

Iskra, P., Herna'ndez, R.E., (2012), Toward a process monitoring of CNC wood router. Sensor selection and surface roughness prediction, *Wood Sci Technol*, 46:115–128 DOI 10.1007/s00226-010-0378-7

İlter, E., Çamlıyurt, C., Balkız, Ö.D., (2001), *Uludağ Göknarı (Abies bornmülleriana* Mattf.) *Odununun Yüzey Pürüzlülük Değerlerinin Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar*, İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten No: 281, Kardelen Matbaacılık, Ankara.

İşleyen, Ü.K. Karamanoğlu, M. (2019), The Influence of Machining Parameters on Surface Roughness of MDF in Milling Operation, *BioResources*, C.14, No 2.

Jakub, S., Martino, N., (2005), Wood Surface Roughness-What is it, Rosenheim Workshop, September, Boku University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna, Austria.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Kaçal, A., Sofuoğlu, S.D., (2013), Experimentally and Statistically Evaluating of Drilling of Massive Wooden Table which is Made of Scotch Pine (*Pinus sylvestris* L.), 21st International Wood Machining Seminar, Tsukuba International Congress Center, Tsukuba, Japan. August 4-7, 2013, 421-428.

Kantay, R., Ünsal, Ö., Korkut, S., (2001), Türkiye’de Üretilen Ceviz ve Kayın Kesme Kaplama Levhalarının Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Araştırmalar, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri: A, Cilt: 51, Sayı:1, İstanbul.

Karagöz, Ü., (2010), Ahşap Malzemenin CNC İle İşlenmesinde Yüzey Kalitesini Etkileyen İşleme Parametrelerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Kılıç, Y., Demirci, S. (2003), Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Kestane (*Castania sativa* Mill.) Odunlarının Yüzey Pürüzlülük Değerlerinin Araştırılması, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 16(3)-553-558.

Koc, K.H., Erdinler, E.S., Hazır, E., Öztürk, E., (2017), Effect of CNC application parameters on wooden surface quality, *Measurement*, Volume 107, 2017, Pages 12-18, ISSN 0263-2241, <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2017.05.001>.

Koç, H.K., (1993), Bilgisayar Destekli Üretim ve Orman Ürünleri Sanayinde Uygulaması, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Korkut, S., (2005), Yüzey Pürüzlülüğü Çalışmaları, Ahşap Teknik, *Ahşap-Araştırma-Teknoloji Endüstriyel Tasarım ve Mobilya Dergisi*, Sayı:10, Sayfa: 10-16.

Kúdela, J., Mrenica, L., Javorek, L. (2018), The Influence of Milling and Sanding on Wood Surface Morphology, *Acta Facultatis Xylogogae Zvolen*, 60(1): 71–83, 2018 Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene DOI: 10.17423/afx.2018.60.1.08.

Kurtoğlu, A., Sofuoğlu, S.D., (2014), Some Machining Properties of Four Wood Species Grown in Turkey, *Turk. J. Agric. For.*, 38, (2014), s. 420-427, doi:10.3906/tar-1304-124.

Kurtoğlu, A., Sofuoğlu, S.D., (2015), Effects of Machining Conditions on Surface Roughness in Planing and Sanding of Solid Wood, *Drvna industrija*, 66 (4), s. 265-272. DOI:10.5552/drind.2015.1406.

Malkoçoğlu, A., Özdemir, T., (1999), Yüzey Pürüzlülüğü Araştırmalarının Tarihi Gelişimi, *Mobilya Dergisi*, 32, 60-68.

Malkoçoğlu, A., 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*, Trabzon, Sayı 173 (3): s. 315-320.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Marian, J.E., Suchland, O., (1962), Surface Texture Measurement The ories, Methods, Applications, *Forest Productions Journal*, Sayı 13: s. 303.

Mitchell, P., Lemaster, R., (2002), Investigation of Machine Parameters on The Surface Quality in Routing Soft Maple, *Forest Products Journal*, Sayı 52(6): s. 85–90.

Örs, Y., Baykan, İ., (1999), Masif Ağaç Malzemede Rendeleme ve Zımparalamanın Yüzey Pürüzlülüğüne Etkileri, *Turkish J. of Agriculture and Forestry*, Sayı 23: s. 577-582.

Örs, Y., Demirci, S. (2003), “Akasya (*Robinia Pseudoacacia* L.) ve Meşe (*Quercus Petrea* L.) odunlarında yüzey düzgünlüğüne Kesiş Yönü ve Zımparalamanın Etkisi”, *Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Politeknik Dergisi*, 6: 2, 491-4955, Ankara.

Peters, C., Mergen, A., (1971), Measuring Wood Surface Smoothness: A Proposed Method, *Forest Products Journal*, 21,6, 28-30.

Pinkowski, G., Szymański, W., Nosowski, T., (2012), Analyses of surface roughness in selected wood species after machining on a CNC woodworking centre, *Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW Forestry and Wood Technology* No 79, 2012: 164-169 (Ann. WULS-SGGW, Forestry and Wood Technology 79, 2012)

Pinkowski, G., Szymański, W., Krauss, A., and Stefanowski, S. (2018), "Effect of sharpness angle and feeding speed on the surface roughness during milling of various wood species," *BioRes.* 13(3), 6952-6962.

Sedlecký, M., Kvietková, M., and Kminiak, R. (2018), "Medium-density fiberboard (MDF) and edge-glued panels (EGP) after edge milling-Surface roughness after machining with different parameters," *BioRes.* 13(1), 2005-2021.

Sertsöz Ş. (2018), Küresel grafitli GGG-70 Dökme Demirin Minimum Miktarında Yağlama Tekniği Kullanılarak Tornalanmasında İşlenebilirliğinin Deneysel Olarak İncelenmesi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İleri Teknolojiler Anabilim dalı Yüksek Lisans Tezi, Kütahya.

Sofuoğlu, S.D., (2008), Bazı Yerli Ağaç Türü Odunlarının İşlenme Özelliklerinden Yüzey Kalitesi Üzerine Etkileri, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Sofuoğlu, S.D., (2015a), Determination of Optimal Machining Parameters of Massive Wooden Edge-Glued Panels Made of European larch (*Larix decidua* Mill.) using Taguchi Design Method, *BioRes.* 10(4), s. 6797-6808. DOI:10.15376/biores.10.4.7772-7781.

Sofuoğlu, S.D., (2015b), 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, *BioRes.* 10(4), s. 6797-6808, DOI:10.15376/biores.10.4.6797-6808.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

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 Methods, *European Journal of Wood and Wood Products*.

Sofuoğlu, S.D., Kaçal, A., (2013), Investigating of Machining Performance in Terms of Tool Wear and Hole Accuracy in Drilling of Particleboard Surfaced with Synthetic Resin Sheet, 21st International Wood Machining Seminar, Tsukuba International Congress Center, Tsukuba, Japan, August 4-7, 2013, s. 233-240.

Sofuoğlu, S.D., Perçin O., Yeşil H., Kuşcuoğlu M.Ö., (2015), Evaluation of Hole Drilling Operations of Drill Holes Some Tree Species in Turkey. 22nd International Wood Machining Seminar, Quebec city, Canada, June, 14-17.

Söğütlü, C., Döngel, N. (2009), Emprenye İşleminin Ağaç Malzeme Yüzey Pürüzlülüğü ve Renk Değişimine Etkisi *Journal Politeknik Dergisi*, Cilt:12 Sayı: 3 s. 179-184, 2009 C: 12 No: 3 s.179-184.

Stewart, H. A., (1970), Cross Grain Knife Planing, Hard Maple Produces High Quality Surfaces and Flakes, *Forest Products Journal*, 20, 10, s. 39-42.

Stewart, H.A., (1976), Abrasive Planing Accros the Grain with Higher Grit Numbers can Reduce Finish, *Forest Products Journal*, Sayı 20(4): s. 49-51.

Stumbo, D.A., (1960), Surface Texture Measurements for Quality and Production Control, *Forest Products Journal*, S. A, Sayı 10, 12: s. 122-124.

Sütçü, A., Güntekin, E., Özdemir, G., Şahin, H.T., (2008), CNC İle İşlenen Yüzeylerde Yüzey Kalitesinin Taguchi Deney Tasarımı İle İyileştirilmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri, Artvin, 1255-M-06 (yayınlanmamış proje raporu).

Sütçü, A., Karagöz, Ü., (2012), Effect of Machining Parameters on Surface Quality after Face Milling of MDF, *Wood Research*, 57 (2): 231-240.

Time TR200, Surface Roughness Tester, *Kullanma Kılavuzu*, CV Instruments Europe BV.

Tiryaki, S., Malkoçoğlu, A., Özşahin, Ş. (2014), Using artificial neural networks for modeling surface roughness of wood in machining process, *Construction and Building Materials*, C.66, s.329-335, ISSN 0950-0618, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.05.098>.

TS 6956 EN ISO 4287 (2004), Geometrik Mamul Özellikleri (GMÖ)-Yüzey Yapısı: Profil Metodu Terimler, Tarifler ve Yüzey Yapısı Parametreleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 971, (1988), Yüzey Pürüzlülüğünün Parametreler ve Pürüzlülük Tespiti Kuralları, TSE Standardı, Ankara.

United Nations, (1981), Technical Criteria For The Selection of Wood-Working Machines, United Nations, Industrial Develepment Organization.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Usta, İ., Demirci, S., Kılıç, Y., (2007), Comparison of Surface Roughness of Locust Acacia (*Robinia pseudoacacia* L.), and European oak (*Quercus petraea* (Mattu.) Lieble.) in Terms of The Preparative Process by Planing, Building and Environment.

Ünsal, Ö., Kantay, R., (2002), Türkiye’de Üretilen Meşe ve Kayın Masif Parkelerin Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Araştırmalar, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri: A, Cilt: 52, Sayı:1, İstanbul.

Z.W. Zhong, Hiziroglu, S., C.T.M. Chan, Measurement of the surface roughness of wood based materials used in furniture manufacture, *Measurement*, C.46, S.4, 2013, s.1482-1487, ISSN 0263-2241, <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2012.11.041>.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ARAS, Oruç
Doğum tarihi ve yeri : 04. 01. 1980 İĞDIR
e-mail : orucaras@gmail.com

Eğitim

| Derece | Eğitim Birimi | Mezuniyet Tarihi |
|---------------|--|------------------|
| Yüksek lisans | Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İleri Teknolojiler Anabilim Dalı | Mezun Durumda |
| Lisans | Dumlupınar Üniversitesi Simav Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü | 2014 |
| Lise | İğdır Endüstri Meslek Lisesi Mobilya ve Dekorasyon | 1996 |