

**CNC MAKİNESİNDE GERÇEK MERMERLERİN KESME GENİŞLİĞİNİN
YÜZEY KALİTESİNE ETKİSİNİN TAGUCHI YÖNTEMİYLE
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nazmiye TUĞRAL

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Erkan ÖZKAN

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Haziran 2019

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**CNC MAKİNESİNDE GERÇEK MERMERLERİN KESME
GENİŞLİĞİNİN YÜZEY KALİTESİNE ETKİSİNİN TAGUCHI
YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ**

Nazmiye TUĞRAL

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Erkan ÖZKAN

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Haziran 2019

TEZ ONAY SAYFASI

Nazmiye TUĞRAL tarafından hazırlanan “CNC Makinesinde gerçek mermerlerin kesme genişliğinin yüzey kalitesine etkisinin Taguchi yöntemiyle incelenmesi” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 14/06/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Maden Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Erkan ÖZKAN

İmza

Başkan : Prof. Dr. Sedat BÜYÜKSAĞIŞ
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi
Üye : Doç.Dr. Muharrem Kemal ÖZFIRAT
Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi
Üye : Dr. Öğr. Üyesi Erkan ÖZKAN
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. İbrahim EROL
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

14/06/2019

Nazmiye TUĞRAL



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BEYAZ RENKLİ GERÇEK MERMERLERİN CNC MAKİNESİNDE İŞLENMESİNDE KESME GENİŞLİĞİNİN YÜZEY KALİTESİNE ETKİSİNİN TAGUCHI DENEY TASARIMI YÖNTEMİ UYGULANARAK ARAŞTIRILMASI

Nazmiye TUĞRAL
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Erkan ÖZKAN

Bu çalışmada, 6 adet beyaz renkli gerçek mermerde CNC makinesi ile frezeleme işlemi sonrasında en iyi yüzey pürüzlülüğünü elde etmek için Taguchi deney tasarım yöntemi kullanılarak kesme genişliği, ilerleme hızı ve kesme derinliği parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkileri araştırılmıştır. Belirlenen parametrelerin optimum düzeylerini belirlemek için S/N oranları ‘en küçük en iyi’ yaklaşımı ile hesaplanmıştır. Varyans analizi (ANOVA), işleme parametreleri ile yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişkiyi doğrulamıştır. Doğaltaşların tane boyutları ile yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişki incelenmiştir.

Yapılan çalışmalar sonucunda; Afyon Beyaz mermeri için 1 mm derinlik, 1 mm kesme genişliği ve 2500 mm/dk ilerleme hızında, Bursa Kemalpaşa Beyaz mermer için 2 mm derinlik, 1 mm kesme genişliği, 2500 mm/dk ilerleme hızında, Marmara Beyaz mermer için 1 mm derinlik, 1 mm kesme genişliği, 2500 mm/dk ilerleme hızında, Muğla Beyaz mermer için 1 mm derinlik, 1 mm kesme genişliği, 3000 mm/dk ilerleme hızında, Uşak Beyaz mermer için 1 mm derinlik, 1 mm kesme genişliği, 2000 mm/dk ilerleme hızında, Kütahya Beyaz için 1 mm derinlik, 1 mm kesme genişliği, 2000 mm/dk ilerleme hızında en düşük yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir. Genel olarak 1mm derinlikte en iyi yüzey pürüzlülüğü elde edilmiştir. Bursa Kemalpaşa Beyaz mermerde ise doku farklılığı bulunması sonucu etkilemiştir. Kesme genişliklerinde ise genişlik arttıkça yüzey pürüzlülüğü de artmıştır. Bu da bize kesme genişliği ve kesme derinliğinin en etkin

parametreler olduğunu göstermektedir.

2019, xiii + 64 sayfa

Anahtar Kelimeler: Doğaltaş, Bilgisayar Kontrollü Makine (CNC), Taguchi Yöntemi,
Yüzey Pürüzlülüğü, İşleme Parametreleri



ABSTRACT
M.Sc. Thesis

**EXAMINATION OF SURFACE QUALITY BY APPLYING TAGUCHI
EXPERIMENT DESIGN IN THE PROCESSING OF NATURAL STONES WITH
CNC MACHINE**

Nazmiye TUĞRAL

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mining Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Erkan ÖZKAN

In this study, the effects of cutting width, feed rate and cutting depth parameters on surface roughness were investigated using Taguchi experimental design method to obtain the best surface roughness after milling with 6 real marble CNC machines in white color. S/n ratios were calculated using the ‘smallest best’ approach to determine the optimum levels of the parameters. Variance analysis (Anova) has confirmed the relationship between machining parameters and surface roughness. The grain size of the natural stones and surface roughness were investigated by correlation.

As a result of the studies; 1 mm depth for Afyon white marble, 1 mm cutting width and 2500 mm/min progress rate, Bursa Kemalpaşa white marble 2 mm depth, 1 mm cutting width, 2500 mm/min Progress Rate, 1 mm depth for Marmara white marble, 1 mm cutting width, 2500 mm/min Progress Rate, 1 mm depth for Mugla white marble, 1 mm cutting width, 3000 mm/min Progress Rate, The lowest surface roughness values were obtained at feed rate of 2000 mm/min, 1 mm depth for Kütahya white, cutting width of 1 mm, feed rate of 2000 mm/min. Overall, the best surface roughness was obtained at a depth of 1mm. Bursa Kemalpaşa white marble effect as a result of the presence of tissue differentiation. The surface roughness increases as the width increases in the cutting widths. This shows us that cutting width and cutting depth are the most effective parameters.

2019, xiii + 64 pages

Keywords: Natural Stone, Computer Numerical Control (CNC), Taguchi Method, Surface Roughness, Processing Parameters



TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkı, destek ve motivasyonlarından dolayı tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Erkan ÖZKAN' a, her konuda destek ve yardımları için Prof. Dr. Ahmet ŞENTÜRK ve Prof. Dr. Ali SARIİŞİK hocalarıma, öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve çalışmalar sırasında yardımını esirgemeyen Mad. Yük. Müh. Oğuzhan Öz'e teşekkürü borç bilirim.

Çalışmalarım boyunca maddi ve manevi her konuda yanımda olan, destek ve yardımlarını esirgemeyen kıymetli annem ve sevgili eşime, en değerlilerim kızım ve oğluma teşekkür ederim.

Nazmiye TUĞRAL
AFYONKARAHİSAR, 2019

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	2
3. MATERYAL METOT	5
3.1 Frezeleme işlemi ve CNC Tezgâh Seçimi	5
3.2 Taguchi Deney Tasarımı yöntemi.....	6
3.3 Taguchi Tasarımı S/N Oranı	8
3.4 Yüzey Pürüzlük Ölçümleri	9
3.5 CNC Doğal Taş İşleme Makinesi	12
3.6 Deneysel Çalışmada Kullanılan Kesici Uç Takımı	12
3.7 Deneysel Çalışmada Kullanılan Doğaltaşlar	13
3.8 Deney Parametreleri	21
3.9 Deneylerin Modellenmesi	23
3.10 Deneysel Çalışmalarında Kullanılan Tezgâh.....	27
3.11 Deney Uygulamaları	29
3.12 Varyans Analizi	31
3.13 Yüzey Pürüzlülük Ölçümleri	32
4. BULGULAR	34
4.1 Afyon Beyaz Mermer İçin İşleme Parametreleri ve Yüzey Pürüzlülük İncelemesi	34
4.2 Bursa Kemalpaşa Mermeri İçin İşleme Parametreleri ve Yüzey Pürüzlülük İncelemesi	38
4.3 Marmara Beyaz Mermer İçin İşleme Parametreleri ve Yüzey Pürüzlülük İncelemesi	40
4.4 Muğla Beyaz Mermer İçin İşleme Parametreleri ve Yüzey Pürüzlülük İncelemesi	43
4.5 Uşak Beyaz Mermer İçin İşleme Parametreleri ve Yüzey Pürüzlülük İncelemesi	47
4.6 Kütahya Beyaz Mermer İçin İşleme Parametreleri ve Yüzey Pürüzlülük İncelemesi	50

4.7 Kayaçların Ortalama Tane Boyutları ve En Düşük Pürüzlülük Değerleri.....	52
5. İSTATİSTİKSEL ANALİZLER	54
5.1 Kayaçlar İçin Regresyon Analizi	54
6. SONUÇ.....	57
7. KAYNAKLAR.....	59
ÖZGEÇMİŞ.....	64



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1	Parmak freze çakılarıyla çeşitli işleme örnekleri	6
Şekil 3.2	Mahr Perthometer M2 model yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı.....	10
Şekil 3.3	Ra pürüzlülük değerinin grafiksel gösterimi.....	11
Şekil 3.4	Rz pürüzlülük değerinin grafiksel gösterimi.....	11
Şekil 3.5	Megatron marka CNC doğal taş işleme makinesi.....	12
Şekil 3.6	Karbür kaplama parmak freze kesici uç	13
Şekil 3.7	Afyon Beyaz mermer petrografik tanımlaması.....	14
Şekil 3.8	Bursa Kemalpaşa Beyaz mermer petrografik tanımlaması.....	15
Şekil 3.9	Marmara Beyaz mermer petrografik tanımlaması.	15
Şekil 3.10	Muğla Beyaz mermer petrografik tanımlaması	16
Şekil 3.11	Uşak Beyaz mermer petrografik tanımlaması	16
Şekil 3.12	Kütahya Beyaz mermer petrografik tanımlaması	17
Şekil 3.13	Yüzey işleme görünümü	21
Şekil 3.14	Freze uç ile karelerin işlenmesi.....	22
Şekil 3.15	Yüzey taramasının oluşturulması ve takım yolu ataması.....	24
Şekil 3.16	Kare şekillerin oluşturulması ve takım yolu ataması.	24
Şekil 3.17	Son yüzey taraması ve takım yolu ataması.	25
Şekil 3.18	NC kodu alınmadan modellemenin şekli.	25
Şekil 3.19	Örnek takım ataması.	26
Şekil 3.20	Yüzey tarama simülasyonu.	26
Şekil 3.21	40x40 kare işleme simülasyonu.	27

Şekil 3.22 Son yüzey tarama simülasyonu.	27
Şekil 3.23 CNC İşleme makinesindeki yük ölçer sehpa.	28
Şekil 3.24 Sabitleme aparatları ve yük hücreleri.	29
Şekil 3.25 Belirlenen parametrelerle işlenmiş Afyon Beyaz numuneleri.	29
Şekil 3.26 Belirlenen parametrelerle işlenmiş Bursa Kemalpaşa Beyaz numuneleri. ...	29
Şekil 3.27 Belirlenen parametrelerle işlenmiş Marmara Beyaz numuneleri.	30
Şekil 3.28 Belirlenen parametrelerle işlenmiş Muğla Beyaz numuneleri.	30
Şekil 3.29 Belirlenen parametrelerle işlenmiş Uşak Beyaz numuneleri.	30
Şekil 3.30 Belirlenen parametrelerle işlenmiş Kütahya Beyaz numuneleri.	30
Şekil 3.31 Yüzey pürüzlülük ölçümü.	33
Şekil 4.1 Afyon Beyaz mermer için Ra pürüzlülük değerine göre S/N grafiği.	36
Şekil 4.2 Afyon Beyaz mermer için Rz pürüzlülük değerine göre S/N grafiği.	36
Şekil 4.3 Bursa Kemalpaşa Mermeri için Ra yüzey pürüzlülük değerine göre S/N grafiği.	39
Şekil 4.4 Bursa Kemalpaşa Mermeri için Rz yüzey pürüzlülük değerine göre S/N grafiği.	39
Şekil 4.5 Marmara Beyaz Mermer Ra yüzey pürüzlülük değeri için S/N oranı grafiği. 42	
Şekil 4.6 Marmara Beyaz Mermer Rz yüzey pürüzlülük değeri için S/N oranı grafiği. 42	
Şekil 4.7 Muğla Beyaz Mermer Ra yüzey pürüzlülük değeri için S/N oranı grafiği.	45
Şekil 4.8 Muğla Beyaz Mermer Rz yüzey pürüzlülük değeri için S/N oranı grafiği.	45
Şekil 4.9 Uşak Beyaz Mermer Ra yüzey pürüzlülük değeri için S/N grafiği.	48
Şekil 4.10 Uşak Beyaz Mermer Rz yüzey pürüzlülük değeri için S/N grafiği.	48
Şekil 4.11 Kütahya Beyaz Mermer Ra yüzey pürüzlülük değeri için S/N grafiği.	51

Şekil 4.12 Kütahya Beyaz Mermer Rz yüzey pürüzlülük değeri için S/N grafiğı. 51



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1 Faktör ve seviyelere göre ortogonal dizin tablosu.	8
Çizelge 3.2 CNC doğal taş işleme makinesinin teknik özellikleri	12
Çizelge 3.3 Deneysel çalışmada kullanılan parmak freze kesici ucun teknik özellikleri.	13
Çizelge 3.4 Deneysel çalışmada kullanılan mermerlerin özellikleri	14
Çizelge 3.5 Doğaltaşların kimyasal analizleri	34
Çizelge 3.6 Doğaltaşların petrografik analizleri	34
Çizelge 3.7 Mermerlerin fiziksel ve mekanik özellikleri	35
Çizelge 3.8 Parametreler ve seviyeler.	22
Çizelge 3.9 Deneylerin L9 ortogonal dizim modeli.	23
Çizelge 3.10 Varyans analiz tablosu.	31
Çizelge 4.1 Afyon Beyaz mermer için işleme parametrelerine göre yüzey pürüzlülükleri ve S/N değerleri.	35
Çizelge 4.2 Afyon Beyaz mermer yüzey pürüzlülük değerlerinin S/N oranına bağlı olarak rank ve delta değerleri.	35
Çizelge 4.3 Afyon Beyaz mermer Ra yüzey pürüzlülük değerine göre varyans analizi.	37
Çizelge 4.4 Afyon Beyaz mermer Rz yüzey pürüzlülük değerine göre varyans analizi.	37
Çizelge 4.5 Bursa Kemalpaşa Mermeri için işleme parametrelerine göre yüzey pürüzlülükleri ve S/N değerleri.....	38
Çizelge 4.6 Bursa Kemalpaşa Mermeri için yüzey pürüzlülük değerlerinin S/N oranına bağlı olarak rank ve delta değerleri.	38

Çizelge 4.7 Bursa Kemalpaşa Mermeri Ra yüzey pürüzlülük değerine göre varyans analizi.	40
Çizelge 4.8 Bursa Kemalpaşa Beyaz mermer Rz yüzey pürüzlülük değerine göre varyans analizi.....	40
Çizelge 4.9 Marmara Beyaz Mermeri için işleme parametrelerine göre yüzey pürüzlülükleri ve S/N değerleri.	41
Çizelge 4.10 Marmara Beyaz Mermer yüzey pürüzlülük değerlerine göre S/N oranına bağlı olarak rank ve delta değerleri.....	41
Çizelge 4.11 Marmara Beyaz Mermer Ra yüzey pürüzlülük değerlerine göre varyans analizi.....	43
Çizelge 4.12 Marmara Beyaz mermer Rz yüzey pürüzlülük değerlerine göre varyans analizi.....	43
Çizelge 4.13 Muğla Beyaz Mermer işleme parametrelerine göre yüzey pürüzlülükleri ve S/N değerleri.	44
Çizelge 4.14 Muğla Beyaz Mermer yüzey pürüzlülük değerlerine göre S/N oranına bağlı olarak rank ve delta değerleri.	44
Çizelge 4.15 Muğla Beyaz Mermer Ra yüzey pürüzlülük değerlerine göre varyans analizi.	46
Çizelge 4.16 Muğla Beyaz Mermer Rz yüzey pürüzlülük değerlerine göre varyans analizi.	46
Çizelge 4.17 Uşak Beyaz Mermer işleme parametrelerine göre yüzey pürüzlülükleri ve S/N değerleri.	47
Çizelge 4.18 Uşak Beyaz Mermer yüzey pürüzlülük değerinin S/N oranına bağlı olarak rank ve delta değerleri.	47
Çizelge 4.19 Uşak Beyaz Mermer Ra yüzey pürüzlülük değerine göre varyans analizi.	49

Çizelge 4.20 Uşak Beyaz Mermer Rz yüzey pürüzlülük değerine göre varyans analizi.	49
Çizelge 4.21 Kütahya Beyaz Mermer için işleme parametrelerine göre yüzey pürüzlülükleri ve S/N değerleri.....	50
Çizelge 4.22 Kütahya Beyaz Mermer yüzey pürüzlülük değerlerine göre S/N oranına bağlı olarak rank ve delta değerleri.....	50
Çizelge 4.23 Kütahya Beyaz Mermer Ra.....	52
Çizelge 4.24 Kütahya Beyaz Mermer Rz.....	52
Çizelge 4.25 Mermerlerin fiziko-mekanik, petrografik özellikleri ve yüzey pürüzlülük değerleri.....	53
Çizelge 5.1 Kayaçlar için elde edilen eşitliklerin güvenilirlik analizi.	56

1. GİRİŞ

Bilgisayar kontrollü makineler (CNC) semboller ile kodlanarak tasarlanan, insan müdahalesi gerektirmeden mantıksal işleme sırasına göre nihai ürün çıkarabilen sistemlerdir. Bilgisayar kontrollü makineler ile üç boyutlu mermer tasarım ürünlerini oldukça seri ve yüksek hassasiyette üretilmektedir. Bu durum CNC tezgâhların yaygın kullanımının tercih nedenidir.

İşlenen malzemenin yüzey pürüzlülüğü, işleme kalitesinin en önemli göstergesidir. Yüzey pürüzlülüğü işleme parametrelerine bağlı olarak değişmektedir. İşlenmiş bir yüzeyin kalitesini artırmak yüzey pürüzlülüğünün azaltılması ile elde edilebilir. Kaliteli bir yüzey elde etmek için, seçilen parametrelerin iyi belirlenmesi gerekmektedir (Sarıışık ve Özkan 2017).

Doğaltaşlarla frezeleme işleminin amacı, en düşük maliyet ile en yüksek üretim miktarında maksimum yüzey kalitesi elde etmektir. Doğru seçilemeyen işleme parametreleri, işlenen malzemenin bozulması veya yüzey kalitesinin düşüklüğü gibi ekonomik kayıplara da sebep olmaktadır. Rastgele seçilen parametre ile işlenen malzeme üzerinde farklı sonuçlar elde edilecektir. Bu şekilde yapılan işleme de yüzey kalitesini muhafaza etmek mümkün olmayacaktır. En mükemmel yüzey pürüzlülüğünü elde edilmek için optimum işleme parametrelerinin seçimi, ekonomikliğin sağlanmasında önemli bir faktördür (Kara 2012).

Doğaltaşlarda tane boyutu, doku, sertlik ve kimyasal bileşenler işleme parametrelerinin seçiminde göz önünde bulundurularak, yapıya uygun parametreler seçilmelidir.

Bu çalışmada, özellikle seçilen beyaz renkli bazı mermerlerin CNC makinesi ile işlenmesinde kesme genişliği, kesme derinliği ve ilerleme hızı parametreleri değiştirilerek en uygun çalışma koşulları saptanmaya çalışılmış, en uygun yüzey pürüzlülüğüne neden olan kayaç özellikleri araştırılmıştır.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

Literatür incelemeleri sonucunda farklı çalışmalarda görülmüştür ki; farklı alaşımlı paslanmaz çelik iş parçalarının, karbür kaplamalı veya kaplamasız takımlarla CNC tezgâhında işlenmesi sırasında en iyi yüzey kalitesini elde edebilmek için, en uygun işleme parametrelerini tespit etmeye çalışmışlardır. Kesici uç çapı, kesme hızı, ilerleme hızı, kesme derinliği, talaş kalınlığı ve kesme genişliği gibi farklı parametreler ile deneyler yapılmıştır. Yapılmış olan araştırmalarda görülmüştür ki, frezeleme işleminde en önemli parametreler, kesme genişliği, ilerleme hızı ve kesme derinliğidir.

Sarışık ve Özkan (2017) yaptıkları çalışmada, CNC makinesi kullanılarak Afyon Beyaz, Afyon Şeker, Afyon Gri, Kütahya Siyahı, Uşak Beyazı, Afyon Menekşe, Afyon Kaplanpostu mermer numuneleri, 6.0 mm çapında parmak frezeli kesici uç ile, kesme derinliği 1,2, 1,6, 2,0 mm ve ilerleme hızı 2000, 2500 ve 3000 mm/dk parametreleri seçilerek CNC ile işlenmiştir. Belirlenen parametrelere göre, işlenebilirlik deneylerinde teğetsel kesme kuvveti (F_c), radyal kesme kuvveti (F_t) ve spesifik kesme enerji değerlerinin istatistiksel analizi (ANOVA) yapılarak, mermerlerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin kesme kuvvetleri ve spesifik kesme enerjisine olan etkileri regresyon analizi ile incelenmiştir. Seçilen mermerlerin işlenebilirliğinde kesme derinliği ve ilerleme hızı etkili olduğu görülmüştür. Böylece CNC makinalarının verimliliğine mermerin fizikomekanik özelliklerinin etkisi ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Asiltürk ve Neşeli (2012) yapmış oldukları çalışmada; Taguchi deney tasarım yöntemi kullanılarak kesim parametreleri olarak, kesim hızı, kesim derinliği ve ilerleme hızı gibi parametreler tasarlanmıştır. AISI 304 östenitik paslanmaz iş parçası kuru koşullar altında kaplanmış bir karbür kesici uç tarafından işlenmiştir. Kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliğinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Asiltürk ve Akkuş (2011) yaptıkları çalışmada; yüzey pürüzlülüğünü (R_a ve R_z) en aza indirmek için Taguchi yöntemine dayanan tornalama parametrelerinin optimize edilmesine odaklanmaktadır. Bir CNC torna makinesinde L9 ortogonal dizisi kullanılarak deneyler yapılmıştır.

Benardos (2002) yapmış olduğu çalışmada; CNC ile frezelemede, yüzey pürüzlülüğünün (R_a) tahmini için bir sinir ağı modelleme yaklaşımı sunulmuştur. Taguchi deney tasarımı (DoE)

yönteminin ilkelerine göre bir CNC freze makinesinde yapılan deneylerden türetilen ağların performansının kontrolü için kullanılan parametreler; kesme derinliği, diş başına besleme hızı, kesme hızı, kesme takımının takılması ve aşınması, kesme sıvısının kullanımı ve kesme kuvvetinin üç bileşenidir. Levenberg Marquardt algoritması ile eğitilmiş feedforward yapay sinir ağları (YSA) kullanılarak, faktörlerin en etkili olduğu, yine DoE ilkeleri kullanılarak belirlenmiştir.

Camposeco Negrete (2013) yapmış olduğu çalışmada; Takım tezgahlarının enerji tüketiminde çevresel faktörler etkilidir. Kesme parametreleri, kesme gücünü, tüketilen güç veya kesme enerjisini en aza indirmek için optimize edilmiştir. Enerji tüketimini en aza indirmek için kaba şartlar altında AISI 061 T6'nın tornalanması sırasında kesme parametrelerini optimize etmek için deneysel çalışmalar yapılmıştır. Tepkime değişkenindeki kesme derinliği, ilerleme hızı ve kesme hızının etkilerini ve katkılarını analiz etmek için ortogonal bir dizi, sinyal / gürültü (S / N) oranı ve varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır.

Fratila ve Caizar (2011) yapmış olduğu çalışmada; AlMg3 (EN AW 5754) ile HSS yüksek hız çeliği işlenirken en iyi yüzey pürüzlülüğünü elde etmek için kesme parametrelerini Taguchi optimizasyon metodolojisi özetlemiştir. Asgari güç tüketimi geleneksel taşkın yağlamanın yanı sıra, araştırmalar minimum miktarda yağlama ve kuru öğütmeyi içerir. Bu çevre dostu kesme teknikleri, temiz üretim için sürdürülebilir üretim bağlamında iki pratik yol olarak kabul edilmektedir. Değerlendirilen parametreler kesme hızı, kesme derinliği, besleme hızı ve soğutma yağlama teknikleridir (kesme sıvısı akışı). Bu parametrelerin iyi yüzey kalitesi üzerindeki etkisini analiz etmek için uygun ortogonal dizi, sinyal / gürültü (S / N) oranı ve Pareto varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır.

Ghani *et al*, (2004) yapmış olduğu çalışmada; yüksek hızda kesme işleminin yarı bitirme ve bitirme koşulları altında sertleştirilmiş çelik AISI H13'ü TiN kaplı P10 karbür kesici alet ile işlerken uç freze işleminde kesme parametrelerini optimize etmek için uygulanan Taguchi optimizasyon yöntemi açıklanmaktadır. Değerlendirilen freze parametreleri kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliğidir. Bu kesme parametrelerinin etkisini analiz etmek için ortogonal bir dizi, sinyal-gürültü (S / N) oranı ve Pareto varyans analizi (ANOVA) kullanılır. Yapılan çalışma sonucunda en uygun parametrelerin yüksek kesme hızı, düşük besleme hızı ve düşük kesme derinliği olduğunu görülmüştür. Taguchi Deney tasarım yöntemi kullanılarak (DOE), freze parametreleri arasındaki etkileşim gibi diğer önemli etkiler de incelenmiştir.

Çalışma, Taguchi yönteminin belirtilen problemi tam bir faktoring tasarımı kıyasla en az sayıda deneme ile çözmeye uygun olduğunu göstermektedir.

Kıvak (2014) yapmış olduğu çalışmada; kuru öğütme koşullarında Hadfield çeliğinin PVD TiAlN- ve CVD TiCN / Al₂O₃ kaplı karbür uçlarla işlenebilirliğini değerlendirmek için Taguchi metodu ve regresyon analizi uygulanmıştır. İşleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve yan yıpranma üzerindeki etkilerini belirlemek için varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır. İşleme parametreleri olarak kesici takım, kesme hızı ve ilerleme hızı seçilmiş. Çalışma sonucunda, besleme hızının yüzey pürüzlülüğünü etkileyen baskın faktör olduğu, yan aşınmayı etkileyen baskın faktörün ise kesme hızı olduğu görülmüş. Deneyin sonuçlarını tahmin etmek için doğrusal ve ikinci dereceden regresyon analizleri uygulanmıştır. Öngörülen değerlerin ölçülen değerlere yakınlığı görülmüş. Onay testi sonuçları, Taguchi yönteminin Hadfield çeliğinde frezelemede minimum yüzey pürüzlülüğü ve yan aşınma için işleme parametrelerinin optimizasyonunda çok başarılı olduğunu göstermiştir.

Alauddin *et al* (1995) yapmış olduğu çalışmada; son frezeleme işleminde oluşan yüzey pürüzlülüğünü etkileyen faktörler genellikle kesme hızı, besleme, kesme derinliği olarak tesbit edilmiştir. Bu kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi, yanıt yüzeyi metodolojisi kullanılarak incelenmiştir. Tepki yüzey hatları bilgisayar tarafından yapılmış ve istenen bir yüzey pürüzlülüğü için optimum kesme koşullarını belirlemek için kullanılmıştır.

İncelenen literatür bilgileri değerlendirildiğinde; işlenebilirlik deneylerinde, frezeleme işleminde, işleme performansına ve yüzey kalitesine etki eden faktörlerden; besleme hızı, ilerleme hızı, kesme hızı, kesme derinliği, kesme takımları, kesme sıvısının kullanımının kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerinin araştırıldığı görülmüştür. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki; kesme parametreleri içerisinde ilerleme hızı, kesme derinliği ve kesme hızı işlemleri kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğünü etkileyen en önemli parametrelerden olmuştur.

3. MATERYAL METOT

3.1 Frezeleme işlemi ve CNC Tezgâh Seçimi

Teknoloji ve bilgisayar alanındaki gelişmeler hayatımızın her alanında büyük değişiklik ve kolaylıkları beraberinde getirmiştir. Bu gelişmeler sanayide işlemeyi kolaylaştırmış ve hızlandırmıştır. Endüstride bol çeşit, üretim maliyeti, ürün kalitesi ve devamlılığı gelişmişlik için önemli kriterler olmuştur. CNC tezgahlar programa dayalı üretim yaptığı için tamamen otomatik olarak imalat yapabilmekte ve endüstriyel devamlılığı sağlamayı kolaylaştırmaktadır. Bu devamlılık üretim maliyetini azaltmaktadır. CNC makineler ile delme, ağaç işleme, ahşap oyma, torna, freze gibi işlemler yapılabilmektedir. CNC freze tezgâhları operasyon çeşitliliği bakımından çok fazla işlem yapabilme kabiliyetine sahip olup en az 3 ve daha fazla eksenle de işlem yapabilmektedir (Sarışık ve Özkan 2016).

Freze; endüstriyel talaşlı imalatla kullanılan takım tezgâhlarıdır. Frezelerin çalışma prensibi, kendi eksenine etrafında dönen bir kesici takım vasıtasıyla iş parçasından talaş kaldırarak delme, yüzey işleme gibi şekillendirme yapan makinelerdir (Şekil 3.1).

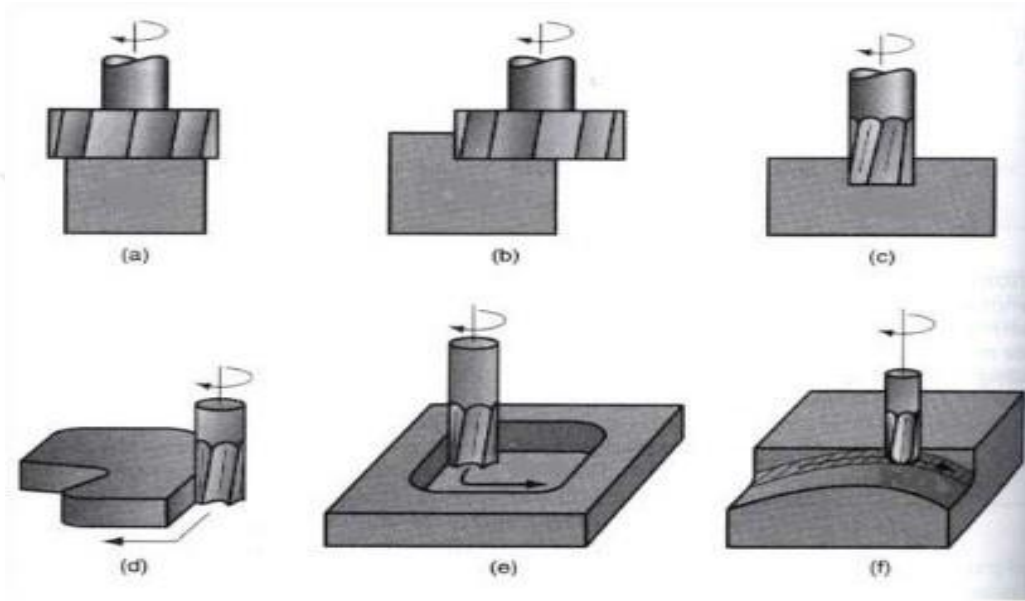
Frezeleme işleme yöntemine göre ikiye ayrılır. Çevresel frezelemede talaş, takımın çevresinde bulunan dişler tarafından kaldırılırken, alın frezelemede ise takımın alın yüzeyindeki dişler tarafından kaldırılır. Frezeler takımın bağlandığı milin konumu yatay olan frezeler; yatay freze, dikey olana; dikey freze denir. Ayrıca hem yatay, hem de dikey çalışan frezelere universal tezgah adı verilir (Ay ve Kalyon 2011, Kara 2012, Meral vd. 2011).

Frezeleme işleminde en önemli unsur uygun CNC tezgah seçimidir. Tezgahın tipi, kapasitesi, gücü, uygulanacak freze yöntemi, frezenin tipi ve boyutu gibi faktörler işleme kalitesi ve sürdürülebilirliği için önemlidir. Planlanan imalat göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle seçimler en verimli sonuç için yapılmalıdır. Doğru yapılmayan tercihler işleme süre ve maliyet artışına ve yüzey kalitesinin bozulmasına neden olacaktır (Akkurt 2012, Çakır 2010).

CNC tezgâh seçiminde öne çıkması gereken başlıklar şunlardır;

- Mevcut veya planlanan imalata, işlenecek malzemeye ve kesim şekline en uygun CNC tezgâhları tercih edilmelidir.

- CNC tezgâhları seçilirken son teknolojiye uygun olan tercih edilmelidir.
- İşleme kalitesini ve hassasiyetini uzun yıllar sürdürebilir özellikte olmalıdır.
- Farklı yazılımlara ve programlara uyumlu olmalıdır.
- Bakım-onarım, teknik destek ve yedek parça gibi konularda ilgili firmanın yeterliliğinin olması, kısa süre sonunda çalışmaya başlaması gerekmektedir.
- Amortisman süresi makul olmalıdır.
- CNC tezgâhları inovasyona açık ve geliştirilebilir olmalıdır.



Şekil 3.1 Parmak freze çakılarıyla çeşitli işleme örnekleri.

3.2 Taguchi Deney Tasarımı yöntemi

1980’li yıllara kadar önemsenmeyen kalite kavramı, gelişen teknoloji ile birlikte ürünlerde aranılan özellik haline gelmiştir. Kalite, Avrupa Kalite Kontrol Organizasyonu (European Organization for Quality Control, EOQC) tarafından “Bir malın ya da hizmetin tüketicinin isteklerine uygunluk derecesi” şeklinde tanımlanmaktadır (Özüak 2008). İkinci Dünya Savaşı’ndan sonra Japonya’da telefon sisteminin geliştirilmesinde aktif rol oynayan Dr. Taguchi Amerika Birleşik Devletleri’nde bulunan bir telefon şirketinin kullandığı sistemin aynısının Japonya’da kurulması için oluşturulan projenin, merkezin büyüklüğüne bağlı olarak ön görülen süre olan 20 yıl yerine, sağlam tasarım ve kesirli faktöriyel tasarım yöntemlerini kullanarak sadece 4 yılda tamamlanmasını sağlamıştır. Kalite alanındaki en iyi ödüllerden olan Deming ödülü, bu başarısından dolayı Dr. Taguchi’ye verilmiştir (Şirvancı 1997).

Taguchi deney tasarım yöntemi, düşük maliyetli ve kaliteli ürünler üretmek için geliştirilmiş önemli bir yöntemdir. Taguchi yöntemi, tüm ürünlerin hedef değerlerde üretilmesi gerektiğine işaret eder. Hedeften sapma, kalite kayıplarını ortaya çıkarır. Bu kayıplar sağlam bir tasarımla ortadan kaldırılabılır. Taguchi, istatistiksel deneysel tasarıma dayanan bir tekniktir. Taguchi'nin sağlam tasarım çalışmaları, ortogonal dizi, çizgi grafikler, sinyal / gürültü oranı gibi kavramları kalite literatürüne girmiştir.

Taguchi yöntemi; geleneksel yöntemlerin aksine tasarım aşamasındaki kalite anlayışı ile maliyeti ve zaman kaybını önleyen bir yöntem olmuştur. Kalite geliştirmede daha az deneme ile daha iyi sonuç alma imkânı vermektedir (Fowkles and Creeveling 1995, Kağrıcioğlu 1998, Ross 1998, Hamzaçebi vd. 2003, Taylan 2009, Majdzadeh-Ardakani *et al.* 2010, Dadkhah *et al.* 2014).

Taguchi yöntemi bir tür kesirli faktöriyel tasarım olup istatistiksel bir yöntemdir ve bu yöntemde kombinasyonlarının denenmesi yerine ortogonal dizinler kullanılarak az sayıda deney yapılmaktadır. Ortogonal dizinlerde, sayılar matrisleri, sütunlar seçilen faktörleri, satırlar ise faktörlerin seviyelerini gösterir. Ortogonal dizinde L harfi ortogonal dizini, L harfinin yanındaki rakam ise öngörülen deney sayısını gösterir. Faktör ve seviyelere uygun olan ortogonal diziler, Çizelge 3.1' de gösterilmiştir (Rajnit 1990, Köksoy 2001, Şanyılmaz 2006, Taylan 2009, Öz 2018).

Çizelge 3.1 Faktör ve seviyelere göre ortogonal dizin tablosu.

Ortogonal Dizi	Deney Sayısı	Faktör Sayısı	Seviyelerdeki Maksimum Faktör Sayısı			
			Seviye 2	Seviye 3	Seviye 4	Seviye 5
L-4	4	3	3	-	-	-
L-8	8	7	7	-	-	-
L-9	9	4	-	4	-	-
L-12	12	11	11	-	-	-
L-16	16	15	15	-	-	-
L-‘16	16	5	-	-	5	-
L-18	18	8	1	7	-	-
L-25	25	6	-	-	-	6
L-27	27	13	-	13	-	-
L-32	32	31	31	-	-	-
L-‘32	32	10	1	-	9	-
L-36	36	23	11	12	-	-
L-‘36	36	16	3	13	-	-
L-50	50	12	1	-	-	11
L-54	54	26	1	25	-	-
L-64	64	63	63	-	-	-
L-‘64	64	21	-	-	21	-
L-81	81	40	-	40	-	-

3.3 Taguchi Tasarımı S/N Oranı

Taguchi deney tasarımında, analiz değişkeni ya da performans ölçütü olarak kullanılması için, sisteme ait varyasyonu azaltmak için sinyal/gürültü (signal/noise) oranı olarak belirtilen istatistik geliştirmiştir.

Bu tasarımda, ölçülmek istenen sinyalin (S) gürültü faktörüne (N) oranıdır ve burada sinyal değeri (S) sistemin verdiği gerçek değeri, gürültü faktörü (N) ise ölçülen değer içerisindeki istenmeyen faktörlerin payını temsil eder ve bu oranının birimi dB (desibel) olarak ifade edilir. Üretim sırasında kontrol edilemeyen fakat deney sırasında kontrol edilebilen gürültü faktörü, ayarlanabilen veya kontrol edilen faktörler ise sinyal faktörleridir.

Bu yöntem ile hedeflenen; ürünün karakteristik değerlerini mümkün olduğunca hedef değerlere yaklaştırmak ve minimum sapmayı sağlamaktır. Amaçlanan kalite standartına göre üç farklı

S/N oranı fonksiyonu vardır (Aydın 1994, Okutan 1995, Ferah 2003, Baynal 2007, Pınar ve Güllü 2010, Yıldırım 2011).

S/N oranının en küçük en iyi olduğu yaklaşım; ölçülen değerdeki küçülme ile iyileşmenin arttığı fonksiyondur. İdeal olan değer 0' dır ve eğer sapma varsa pozitif yöndedir. Bu oranın hesaplama formülü Eşitlik 3.1' de verilmiştir.

$$S/N = -10. \log[yi^2/n] \quad (3.1)$$

S/N oranının en büyük en iyi olduğu yaklaşım; ölçüm değerindeki büyüme ile iyileşmenin arttığı tiptir. Bulunan değerler ne kadar yüksekse iyileşme o oranda artmaktadır. Bu oranın hesaplama formülü Eşitlik 3.2' de verilmiştir.

$$S/N = -10. \log[\sum \left(\frac{1}{yi^2}\right)/n] \quad (3.2)$$

S/N oranının nominal en iyi olduğu yaklaşım; ölçüm sonuçları nominal değerlere en yakın olan en iyidir. Bu oranın hesaplama formülü Eşitlik 3.3' te verilmiştir.

$$S/N = -10. \log[yi^2/S^2] \quad (3.3)$$

yi = Ölçülen karakteristik değer

n = Ölçüm sayısı

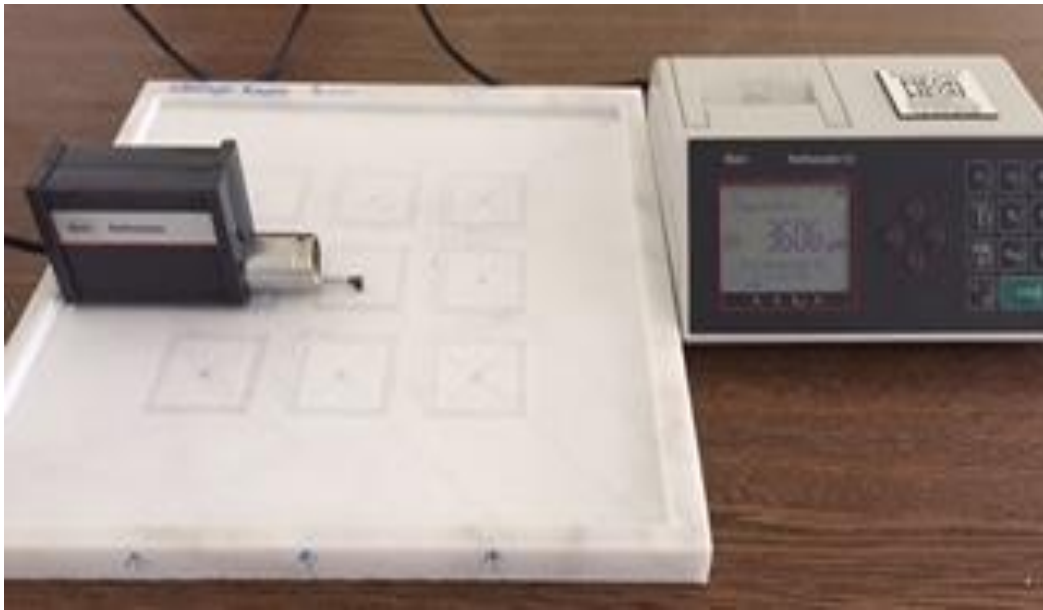
Bu araştırmada amaç en iyi yüzey pürüzlülüğünü elde etmek olduğu için, en küçük en iyi yaklaşımı kullanılmıştır.

3.4 Yüzey Pürüzlük Ölçümleri

Üretilcek malzemelerin yüzey kalitelerinin belirlenmesinde ve geliştirilmesinde yüzey pürüzlülüğü ölçümü önemli bir rol oynar. İşlenmiş malzemenin yüzey pürüzlülüğü, işleme kalitesinin en önemli göstergesidir. Yüzey pürüzlülüğüne temel işleme parametreleri olan ilerleme hızı, kesme hızı, kesme derinliği, kesme genişliği, kaldırılan talaş miktarı gibi faktörlerle birlikte malzemenin yapısal özelliklerinin de çok önemli olduğu görülmüştür (Bağcı 2010, Çelik ve Özek 2011, Karagöz 2011).

Frezeleme, düzgün yüzeyler üretmek için yaygın kullanılan bir yöntemdir ve yüzey pürüzlülüğü frezeli imalatla en önemli kalite göstergesidir. Yüzey kalitesinin artması, pürüzlülüğün azalması ile sağlanmaktadır, bu da en uygun işleme parametrelerinin seçilmiş olması ile mümkündür. Aksi takdirde gereksiz yere zaman kaybı ve maliyet artışına neden olur. Yüzey pürüzlülük ölçümlerinde kullanılan parametreler; Ra, Rz, Rq, Rk, Rp ve Rmax'dır (Özsas 2002, Güner vd. 2007, Horozoğlu 2013, Önsel 2014, Özlü vd. 2014, Turhal vd.2013).

Bu çalışmada beyaz renkli gerçek mermerlerin yüzey pürüzlülüklerini ölçmek için, DIN EN ISO 11562 standardına göre çalışan Şekil 3.2' deki Mahr Perthometer M2 model yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı kullanılmıştır. DIN standardına göre çalışan bu cihaz 1.75 mm, 5.6 mm, 17.5 mm ölçüm adımları ve 150 µm ölçüm aralığına sahiptir.



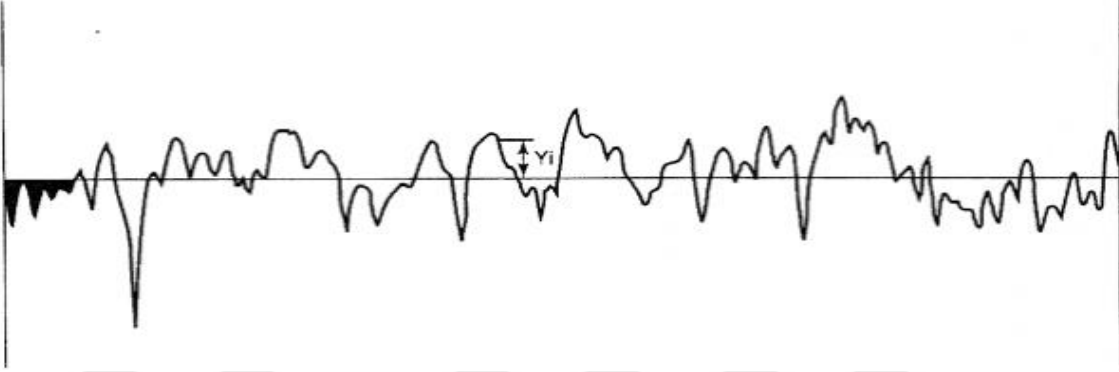
Şekil 3.2 Mahr Perthometer M2 model yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı.

İşleyici bir takımın, işlenecek yüzeyin bir ucundan diğer ucuna hareketiyle oluşan düzensiz çizikli kısa dalga boyu uzunlukları yüzey pürüzlülüğüdür. Yapılan çalışmalarda Ra ve Rz pürüzlülük değerleri en çok dikkate alınan parametreler olarak görülmüştür (Aksulu 2011, Arafat 2009, Sarıcı 2011).

Ra (aritmetik ortalama): Ra parametresi, pürüzlü yüzey üzerindeki orta çizgide kalan düzensiz pürüz değerlerinin mutlak değerinin aritmetik ortalamasıdır. Uluslararası çalışmalarda en çok kabul gören parametredir. Ra pürüzlülük parametresi, yüzey pürüzlülüğünün ortalama aritmetik

sapmasını tanımlar. Şekil 3.3’ te Ra yüzey pürüzlülüğünün grafiksel gösterimi, Eşitlik 3.4 te ise Ra parametresinin hesaplaması verilmiştir.

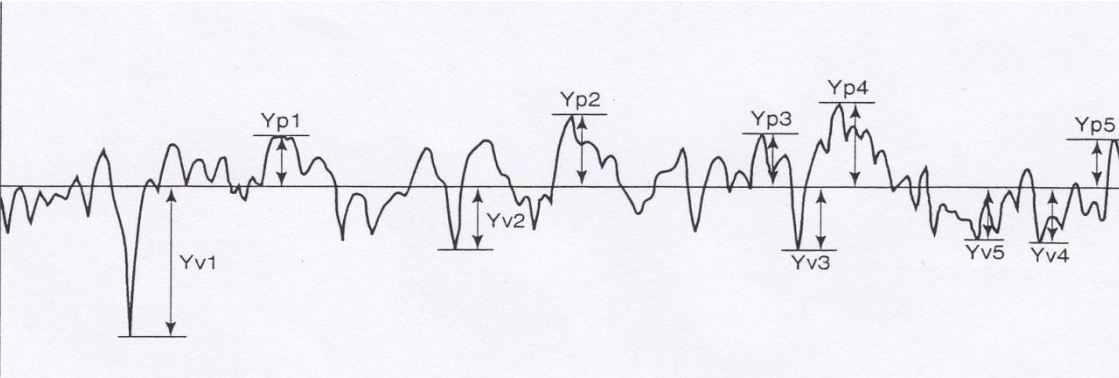
Bu hesaplamada; n ölçülen uzunluktaki pik sayısıdır.



Şekil 3.3 Ra pürüzlülük değerinin grafiksel gösterimi.

$$Ra = \frac{1}{n} |y_i| \quad (3.4)$$

Rz: Rz ortalama profil çizgisine paralel doğrudan, örnekleme uzunluğundaki en yüksek beş noktadaki çıkıntı ile en derin beş noktadaki girinti değerlerinin ortalamasıdır. Şekil 3.4’ te Rz yüzey pürüzlülüğü değerinin grafiksel gösterimi, Eşitlik 3.5’ da ise Rz parametresinin hesaplaması verilmiştir.



Şekil 3.4 Rz pürüzlülük değerinin grafiksel gösterimi.

$$Rz = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 Y_{pi} + \sum_{i=1}^5 Y_{vi} \quad (3.5)$$

3.5 CNC Doğal Taş İşleme Makinesi

Bu araştırma, Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü CNC Laboratuvarı'nda bulunan Megatron Marka 4 Eksenli CNC makinesi ile yapılmıştır. CNC doğal taş işleme makinesinin teknik özellikleri Çizelge 3.1' de, kullanılan Megatron marka CNC doğal taş işleme makinesi Şekil 3.5' de gösterilmiştir.



Şekil 3.5 Megatron marka CNC doğal taş işleme makinesi.

Çizelge 3.2 CNC doğal taş işleme makinesinin teknik özellikleri (Sarıışık ve Özkan 2017).

İşleme özellikleri	Birim	Değerler	İşleme özellikleri	Birim	Değerler
Spindle motor	kW	9	İşleme eni	mm	2000
Eksen sayısı	Adet	4	İşleme yüksekliği	mm	500-600
Motorun devri	rpm	24000	Tezgâh yüksekliği	mm	700-750
İşlem devri	mm/dk	24000	Tezgâh boyu	mm	2500-3000
Motorun X eksen ilerleme hızı	V	80000	Soğutma suyu	l/dk	3
Voltaj	V	380	Otomatik takım sayısı	adet	8
İşleme boyu	mm	4000			

3.6 Deneysel Çalışmada Kullanılan Kesici Uç Takımı

Çalışmalar sırasında CNC doğal taş işleme makinesinde karbür esaslı parmak frezeli 6 mm çapında kesici uç takımı kullanılmıştır. Kullanılan frezeli kesici uç takımının görünümü, Şekil

3.6' de, teknik özellikleri de Çizelge 3.3' de verilmiştir.



Şekil 3.6 Karbür kaplama parmak freze kesici uç.

Çizelge 3.3 Deneysel çalışmada kullanılan parmak freze kesici ucun teknik özellikleri.

Kod	MFR-6
Kesici Uç Çapı/d1 (mm)	6
Sap Çapı/d2 (mm)	4
Kesici Uzunluk/l2 (mm)	20
Uç Uzunluk /l1 (mm)	60
Ağız Sayısı	4
Helis Açısı (°)	25

3.7 Deneysel Çalışmada Kullanılan Doğaltaşlar

Bu tez çalışmasında, 6 farklı beyaz renkli gerçek mermer kullanılmıştır. Deney çalışmaları için hazırlanan mermer numunelerinin ölçüleri, adetleri Çizelge 3.4 'te, mermerlerin kimyasal analizleri Çizelge 3.5' da, mermerlerin petrografik analizleri 3.6' de, mermerlerin fiziko-mekanik özellikleri 3.7' de verilmiştir.

Çizelge 3.4 Deneysel çalışmada kullanılan mermerlerin özellikleri.

Mermerlerin Ticari Adı	Numune Boyutu (mm)	Numune sayısı
Afyon Beyaz	300x300x20	3
Bursa Kemalpaşa Beyaz		3
Marmara Beyaz		3
Muğla Beyaz		3
Kütahya Beyaz		3
Uşak Beyaz		3

Bu çalışmada kullanılan mermerlerin petrografik tanımlaması AKÜ Akredite Doğaltaş Analiz Laboratuvarında (DAL) TS EN 12407 standartlarında petrografik tanımlaması yapılmış ve bu doğaltaşlarda dolomit ile kalsit minerallerinin varlığı görülmüştür. Doğaltaşlara ait petrografik tanımlamalar Şekil 3.7 – 3.12’ de verilmiştir.

Afyon Beyaz Mermer

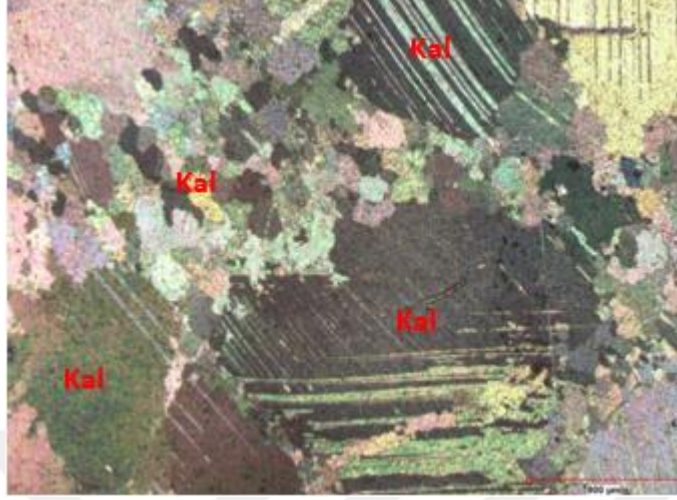


Kayaç içerisindeki kalsit (Kal) mineralleri (Çift nikol (sol - sağ)).

Şekil 3.7 Afyon Beyaz mermer petrografik tanımlaması.

Afyon Beyaz mermerin petrografik analizi incelemesi sonucunda minimum 38,0 μm , maksimum 839,3 μm ve ortalama 287,3 μm tane boyutunda kalsit kristallerinden meydana geldiği ve kristalin dokulu olduğu görülmüştür.

Bursa Kemalpaşa Beyaz Mermer

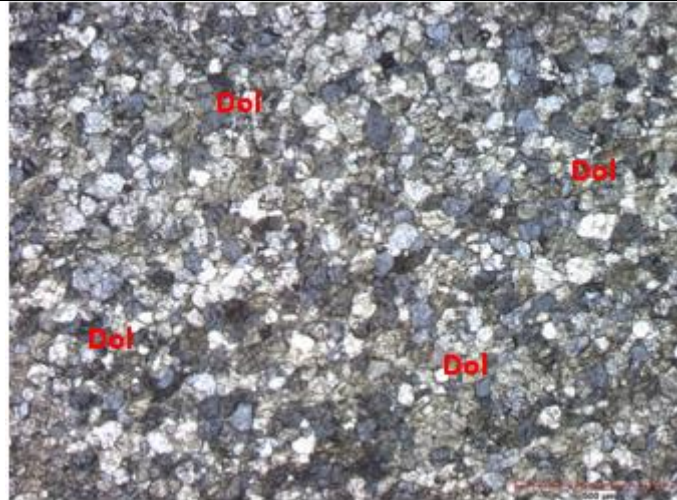


Kayaç içerisindeki kalsit (Kal) mineralleri (ift nikol (sol - sağ)).

şekil 3.8 Bursa Kemalpaşa Beyaz mermer petrografik tanımlaması.

Bursa Kemalpaşa Beyaz mermerin petrografik analizi incelemesi sonucunda minimum 49,8 μm , maksimum 1615 μm ve ortalama 311,1 μm tane boyutunda kalsit kristallerinden meydana geldiği ve granoblastik dokulu olduğu görülmüştür.

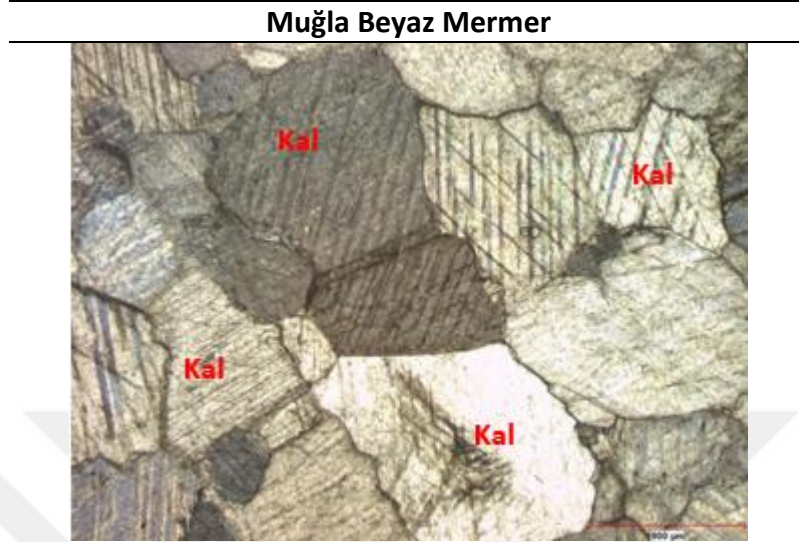
Marmara Beyaz Mermer



Kayaç içerisindeki dolomit (Dol) mineralleri (ift nikol (sol - sağ)).

şekil 3.9 Marmara Beyaz mermer petrografik tanımlaması.

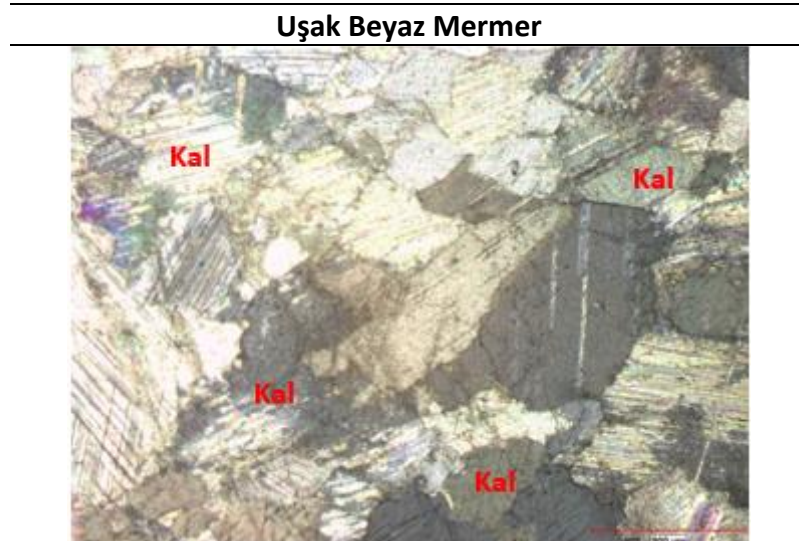
Marmara Beyaz mermerin petrografik analizi incelemesi sonucunda minimum 7,0 μm , maksimum 186,9 μm ve ortalama 60,9 μm tane boyutunda dolomit kristallerinden oluştuğu ve kristalin dokulu olduğu görülmüştür.



Kayaç içerisindeki kalsit (Kal) mineralleri (Çift nikol (sol - sağ)).

Şekil 3.10 Muğla Beyaz mermer petrografik tanımlaması.

Muğla Beyaz mermerin petrografik analizi incelemesi sonucunda minimum 212,9 μm , maksimum 1796,3 μm ve ortalama 742,2 μm tane boyutunda kalsit kristallerinden oluştuğu ve kristalin dokulu olduğu belirlenmiştir.



Kayaç içerisindeki kalsit (Kal) mineralleri (Çift nikol (sol - sağ)).

Şekil 3.11 Uşak Beyaz mermer petrografik tanımlaması.

Uşak Beyaz mermerin petrografik analizi incelemesi sonucunda minimum 37,0 μm , maksimum 1601,8 μm ve ortalama 599,7 μm tane boyutunda kalsit kristallerinden oluştuğu ve kristalin dokulu olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.12 Kütahya Beyaz mermer petrografik tanımlaması.

Kütahya Beyaz mermer petrografik analizi incelemesi sonucunda minimum 6,2 μm , maksimum 544,1 μm ve ortalama 211,1 μm tane boyutunda kalsit kristallerinden oluştuğu ve kristalin dokulu olduğu görülmüştür.

Deneyisel çalışmalarda, 300x300x20 mm boyutlarında cilalanmış metamorfik kökenli 6 tür (Afyon Beyaz, Bursa Kemalpaşa Beyaz, Marmara Beyaz, Muğla Beyaz, Uşak Beyaz ve Kütahya Beyaz) kayaç kullanılmıştır. TS EN 12407:2013 standardına göre mineralojik ve petrografik tanımlamaları Tablo 3.11’de gösterilmiştir. Kimyasal analizler X-ışını floresans yöntemi kullanılarak TS EN 15309:2008 standardına göre gerçekleştirilmiştir.

Kayaçların kimyasal bileşimlerinde % 54,60 ile % 59,44 arasında değişen CaO içeren en az % 99 kalsit mineralinden oluşmuştur. Marmara beyaz ise % 38,1 CaO ve % 14,4 MgO den oluşan en az % 99,7 dolomit mineralinden oluşmaktadır. Numunelerin kimyasal analizleri Çizelge 3.5’de verilmiştir.

Görünür yoğunluk ve açık gözeneklilik TS EN 1936:2010 standardına göre, Atmosfer basıncında su emme TS EN 13755:2014 standardına göre, Sabit moment altında eğilme

dayanımı tayini TS EN 13161:2014 standardına göre, Knoop sertliği tayini TS EN 14205:2004, Tek eksenli basınç dayanımı TS EN 1926:2007 standardına göre, Aşınma direnci tayini TS EN 14157:2017 standardına göre ve Shore sertliği Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakóltesi Maden Mühendisliği Bölümü Akredite Doğaltaş Analiz Laboratuvarında (DAL) gerçekleştirilmiştir. Vickers sertliği deneyi Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi tarafından gerçekleştirilmiştir.

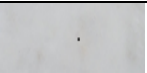
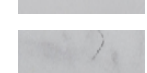
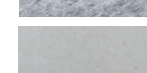


Çizelge 3.5 Doğaltaşların kimyasal analizleri.

Doğaltaşlar	AZ* (%)	Na ₂ O (%)	MgO (%)	Al ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	P ₂ O ₅ (%)	SO ₃ (%)	Cl (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MnO (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	SrO (%)	F (%)
M1	44,0	0,011	0,177	0,129	0,126	0,006	0,007	0,004	0,019	55,4	0,008	0,029	0,008	-
M2	43,6	0,015	0,760	0,100	0,090	0,004	0,009	0,006	0,006	55,2	-	0,065	0,019	0,093
M3	47,2	0,018	14,4	0,049	0,062	0,010	0,011	0,008	0,003	38,1	-	0,018	0,016	-
M4	43,0	0,020	0,348	0,048	0,065	0,003	0,008	0,008	-	56,5	-	0,030	0,020	-
M5	40,15	-	0,267	0,037	0,044	0,003	0,005	-	-	59,44	-	0,023	0,019	-
M6	44,3	0,029	0,875	0,047	0,054	0,002	0,014	0,026	-	54,6	-	0,028	0,029	-

*AZ : Ateş Zaiyatı

Çizelge 3.6 Doğataşların petrografik analizleri.

Doğaltaşlar	Örnek Kod	Görüntü	Renk	Mineral İçeriği	Doku	C/ Po /F	Ortalama tane boyutu (mm)
Afyon Beyaz	M1		N9	% 99.4 Kalsit	Kristalin	-/-/-	0,29
Bursa Beyaz	M2		N9, N8	% 98.8 Kalsit	Granoblastik	-/-/-	0,31
Marmara Beyaz	M3		N9	% 99.7 Dolomit	Kristalin	-/-/-	0,06
Muğla Beyaz	M4		N9	% 99.5 Kalsit	Kristalin	-/-/-	0,74
Kütahya Beyaz	M5		N9	% 99.0 Kalsit	Kristalin	-/-/-	0,21
Uşak Beyaz	M6		N9	% 98.9 Kalsit	Kristalin	-/-/-	0,60

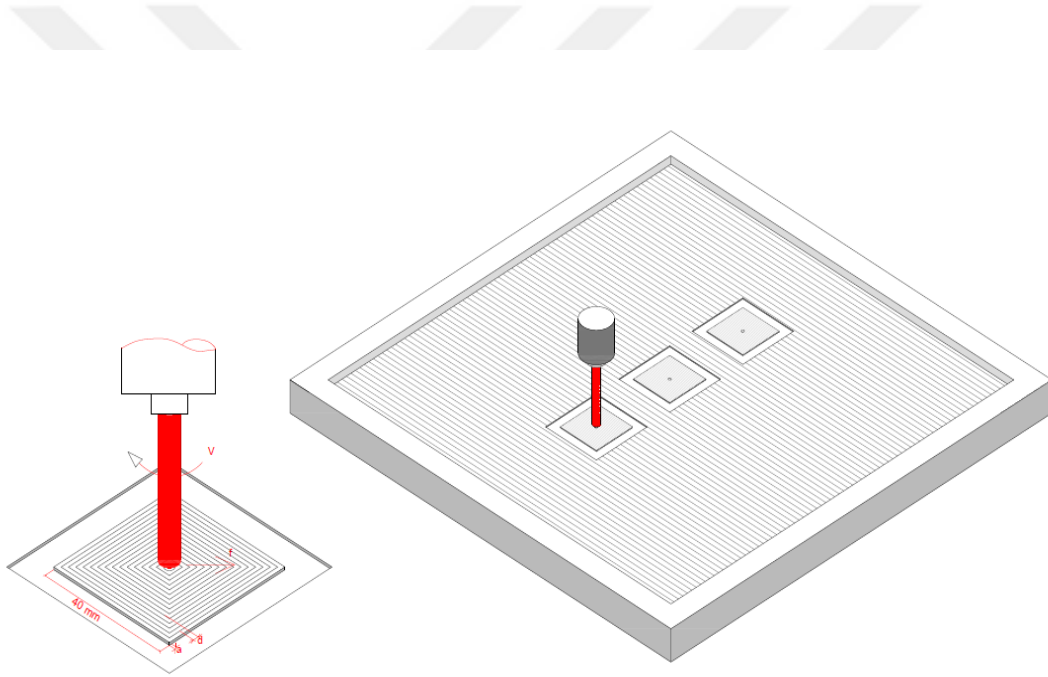
Çizelge 3.7 Mermerlerin fiziksel ve mekanik özellikleri.

Doğaltaşlar	Görünür Yoğunluk (g/cm ³)	Porozite (%)	Atmosfer basıncında su emme (%)	Knoop sertlik indeksi (HK)	Vickers sertlik indeksi (HV)	Shore sertlik indeksi	Basınç dayanımı (MPa)	Eğilme dayanımı (MPa)	Aşınma direnci (cm ³ /50cm ²)
M1	2,686	0,24	0,10	141,15	161	48,9	68,74	14,81	25,41
M2	2,653	0,22	0,06	144,18	144	46,3	94,12	13,31	20,45
M3	2,673	0,12	0,10	157,33	189	49,1	69,04	10,89	29,60
M4	2,710	0,33	0,20	140,43	165	42,5	58,84	5,23	32,36
M5	2,650	0,21	0,12	146,92	126	43,79	84,85	12,54	23,29
M6	2,664	0,21	0,07	145,28	147	50,2	76,20	21,37	14,77

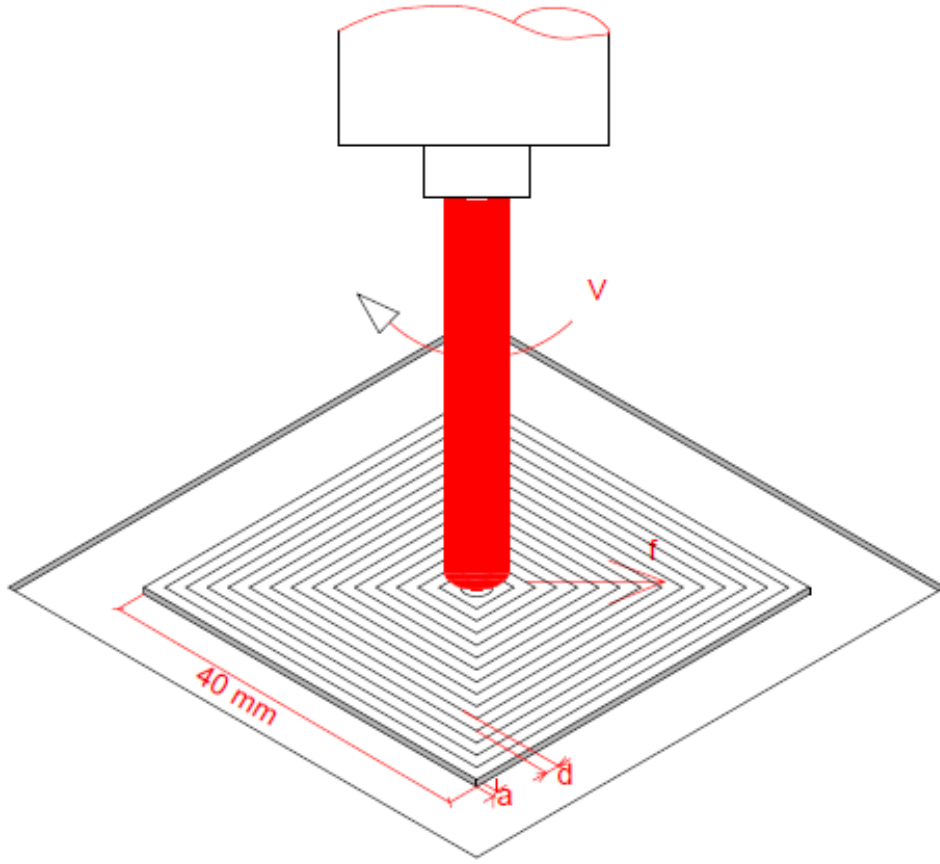
3.8 Deney Parametreleri

Bu tez çalışmasında, mermerlerin işlenebilirlik deneyleri dış hatlar işleme türü seçilerek modellenmiştir. CNC doğal taş işleme makinesinde, farklı seviyelerdeki kesme derinliği, kesme genişliği ve ilerleme hızı parametrelerine göre mermerlerin, işlenebilirlik deneyleri Taguchi deney tasarım yöntemi ile yapılacaktır.

Yapılan çalışmalarda kullanılan mermer numuneler için yapılan yüzey işleme Şekil 3.13 ve Şekil 3.14 de, CNC işleme parametreleri Çizelge 3.8’ de verilmiştir. Bu deneysel çalışma için oluşturulan L9 ortogonal dizim modeli ise Çizelge 3.9’ da verilmiştir.



Şekil 3.13 Yüzey işleme görünümü.



Şekil 3.14 Freze uç ile karelerin işlenmesi.

Çizelge 3.8 Parametreler ve seviyeler.

Parametreler	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
Kesme Derinliği (mm)	1	2	3
Kesme Genişliği (mm)	1	1,5	2
İlerleme Hızı (mm/dk)	2000	2500	3000

Çizelge 3.9 Deneylerin L9 ortogonal dizim modeli.

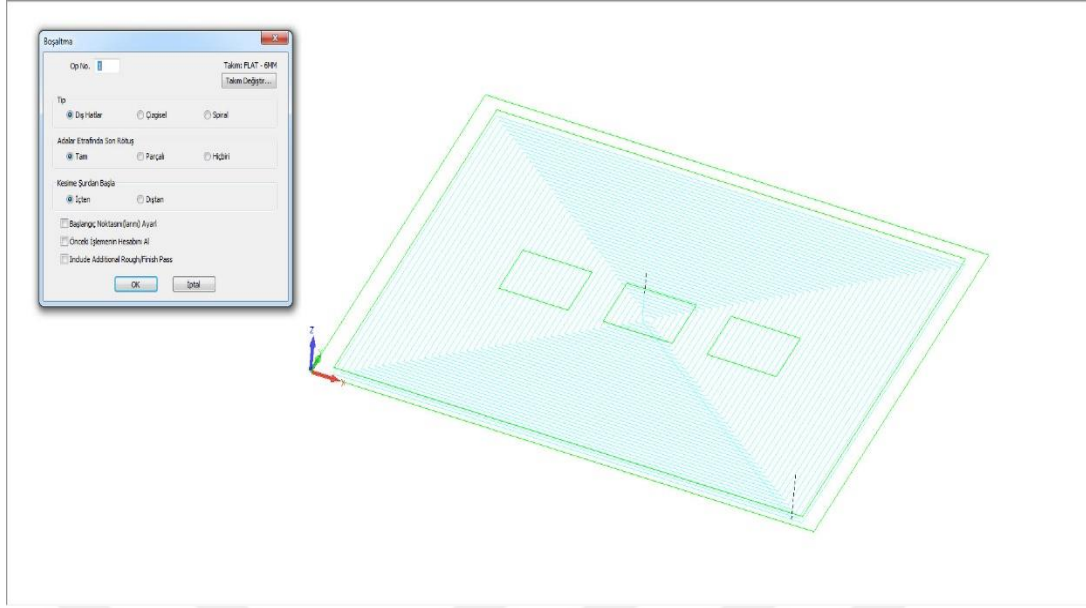
L9	İlerleme Hızı (mm/dk)	Kesme Genişliği(mm)	Kesme Derinliği (mm)
1	2000	1,0	1
2	2000	1,5	2
3	2000	2,0	3
4	2500	1,0	2
5	2500	1,5	3
6	2500	2,0	1
7	3000	1,0	3
8	3000	1,5	1
9	3000	2,0	2

3.9 Deneylerin Modellenmesi

Çalışmada kullanılan mermerler üzerinde yapılacak yüzey işlemleri ve kesme parametrelerinin belirlenmesinde Alpha CAM modelleme programı kullanılmıştır. 300x300x20 mm boyutundaki mermer numuneleri üzerine, 40x40 mm boyutlarında ve 9 adet kare tasarımı üç boyutlu olarak çizim programında hazırlanmıştır.

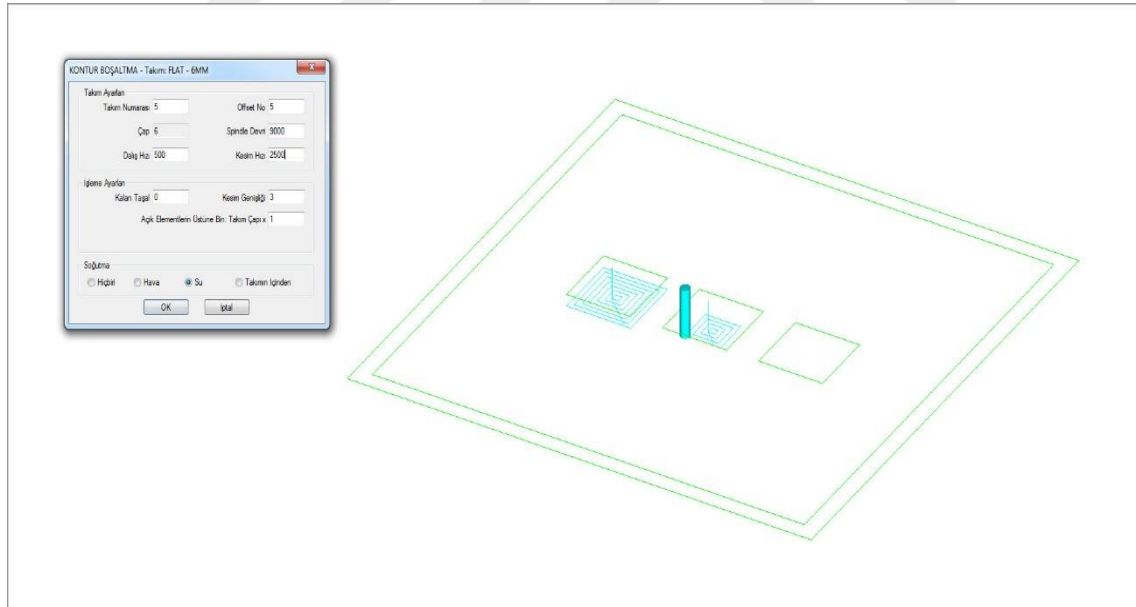
Çalışmada kullanılan numuneler üzerinde yapılacak işlemler Alpha CAM modelleme programı ile sırasıyla;

İlk olarak işleme alınan mermer yüzeyi, daha hassas bir çalışma yapabilmek için 3mm derinliğinde tarama yapılmıştır. Böylece kesici takım mermer üzerinde terazilenmiş, eğim farkı ortadan kaldırılmıştır (Şekil 3.15).



Şekil 3.15 Yüzey taramasının oluşturulması ve takım yolu ataması.

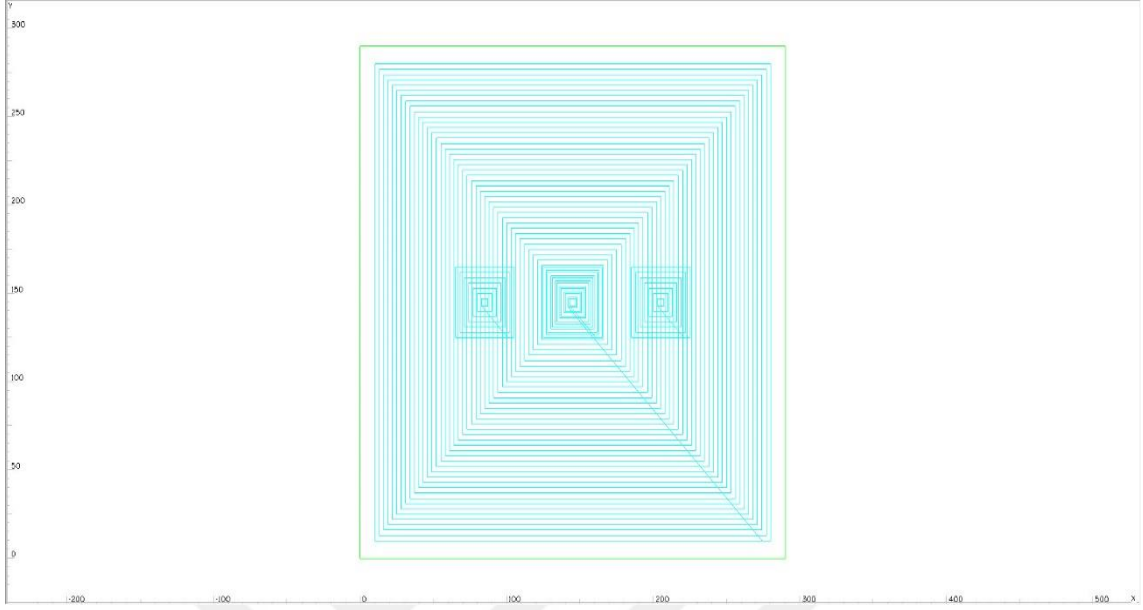
İkinci adım olarak 9 adet kare oluşturulacak ve her bir kare üzerine deney tasarımında oluşturulan parametrelere uygun takım yolu ataması gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.16).



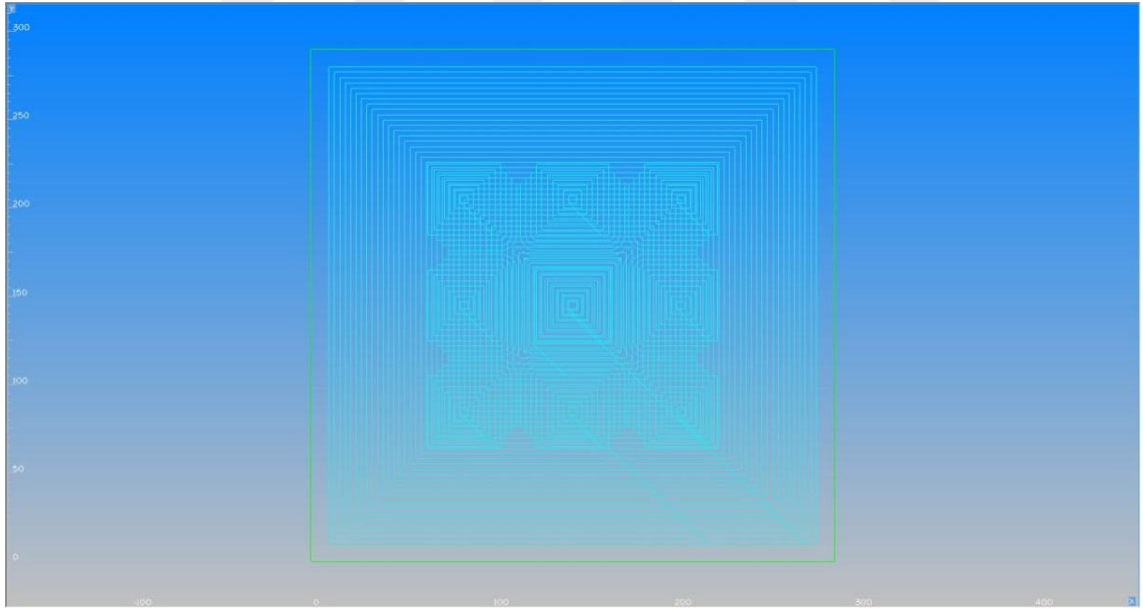
Şekil 3.16 Kare şekillerin oluşturulması ve takım yolu ataması.

Üçüncü adımda ise pürüzlülük ölçümünün yapılabilmesi için işlenen karelerin dışında kalan alan işleme derinliğine uygun olarak taranır (Şekil 3.17) ve modellemenin son haline ulaşılır (Şekil 3.18). Modelleme yapıldıktan sonra takım atamasının yapılması Şekil

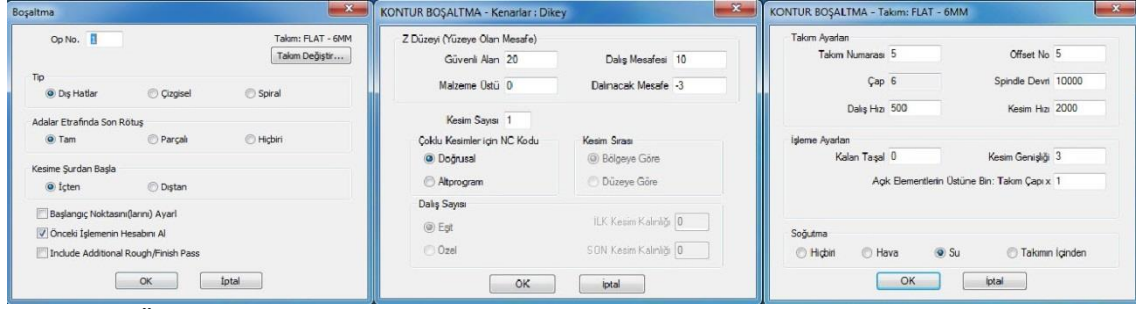
3.19' da gösterilmiştir.



Şekil 3.17 Son yüzey taraması ve takım yolu ataması.

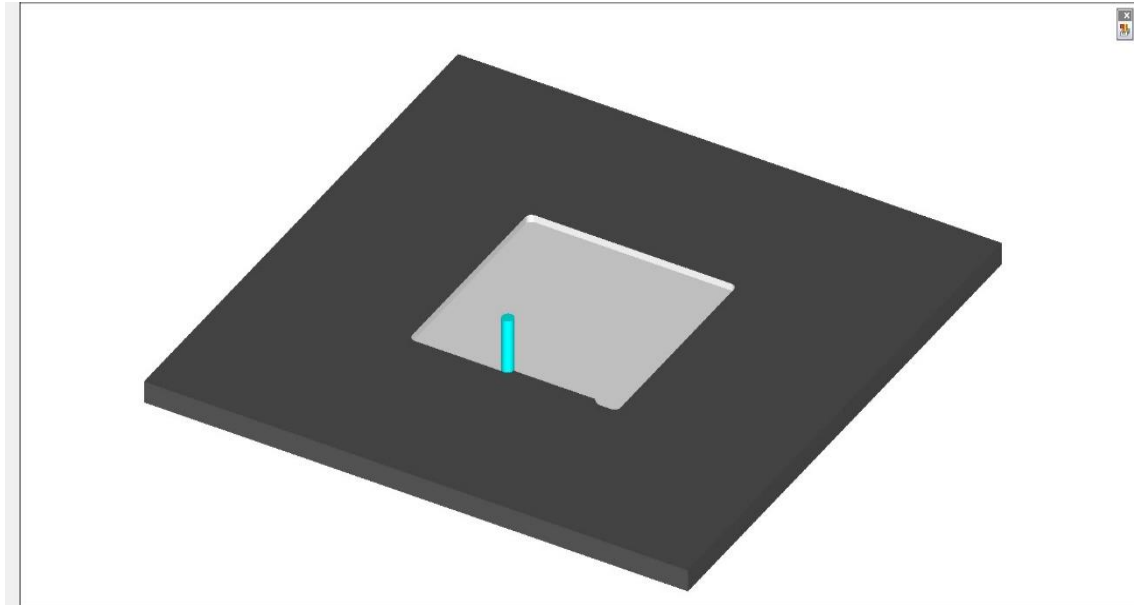


Şekil 3.18 NC kodu alınmadan modellemenin şekli.

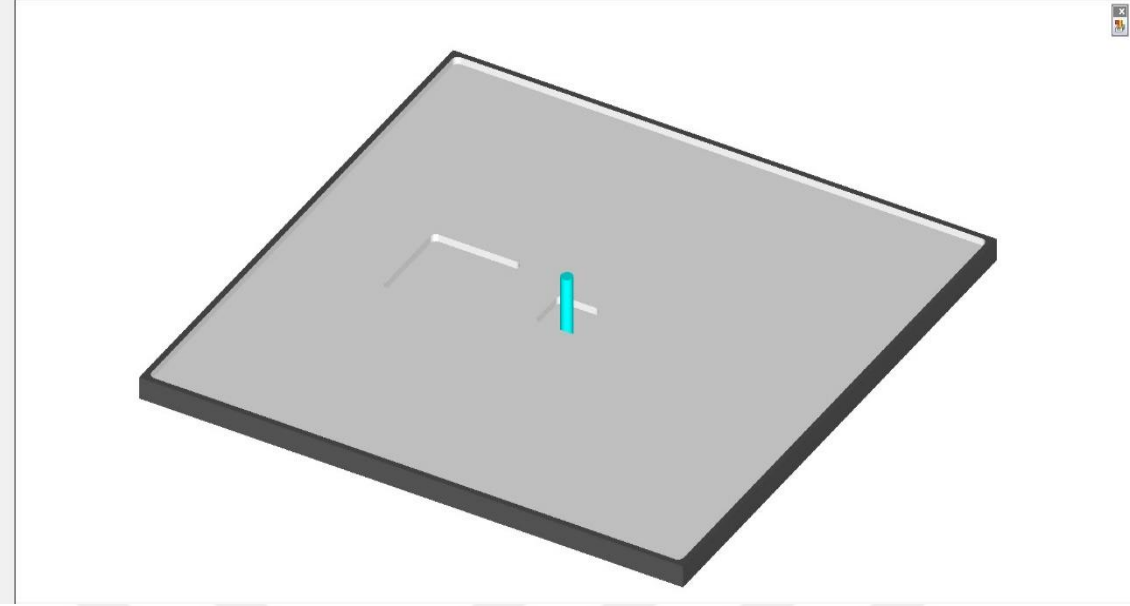


Şekil 3.19 Örnek takım ataması.

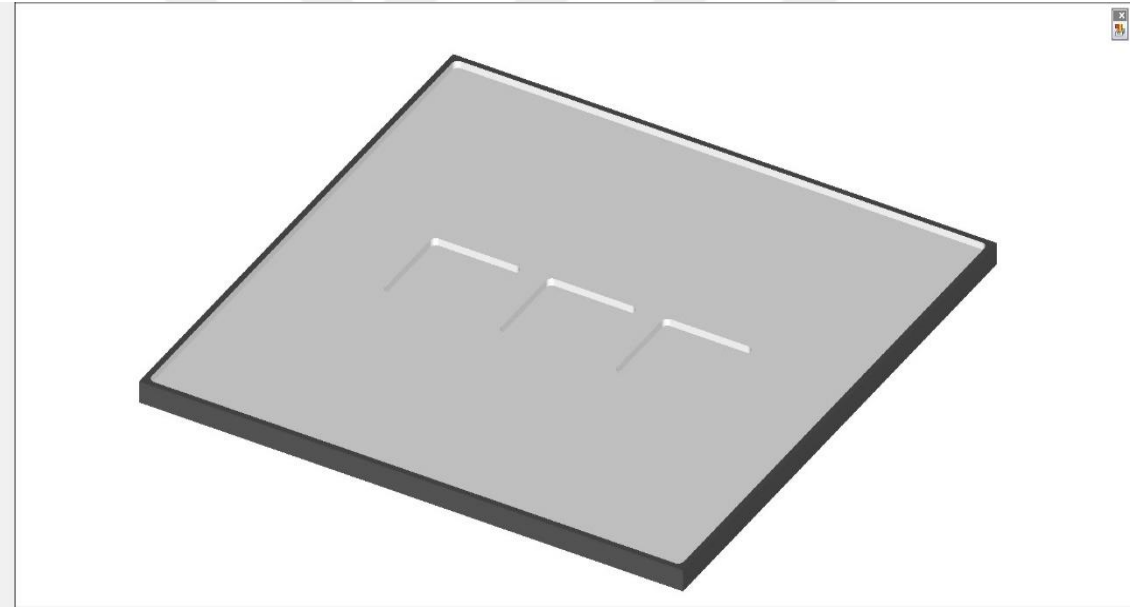
Modelleme tamamlanınca simülasyon ile işleme sıralaması takip edilebilmektedir (Şekil 3.20, 3.21, 3.22).



Şekil 3.20 Yüzey tarama simülasyonu.



Şekil 3.21 40x40 kare işleme simülasyonu.

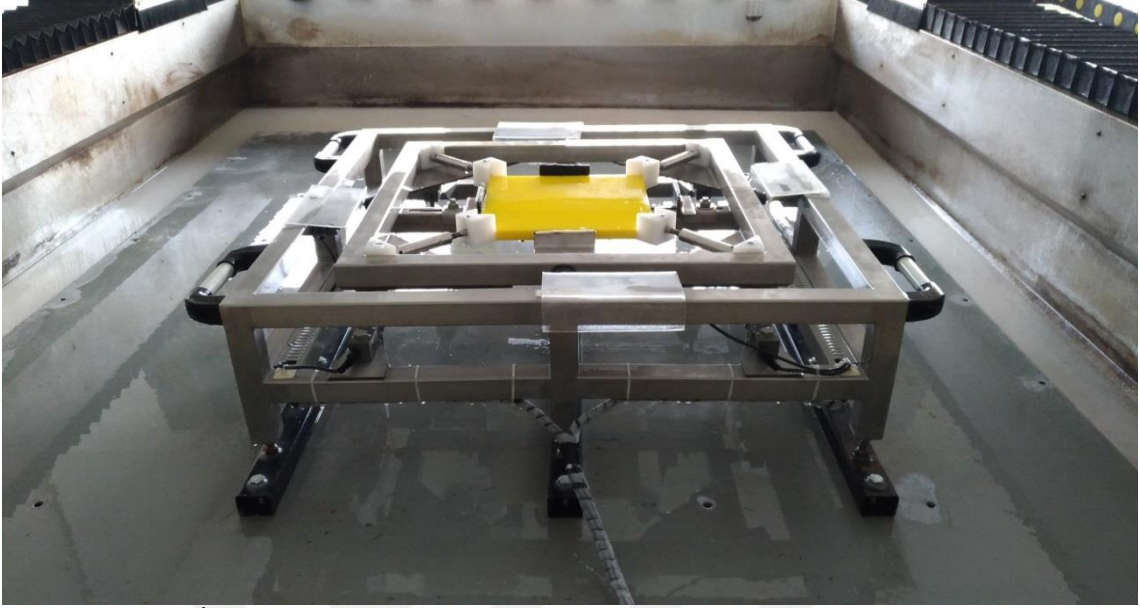


Şekil 3.22 Son yüzey tarama simülasyonu.

3.10 Deneysel Çalışmalarında Kullanılan Tezgâh

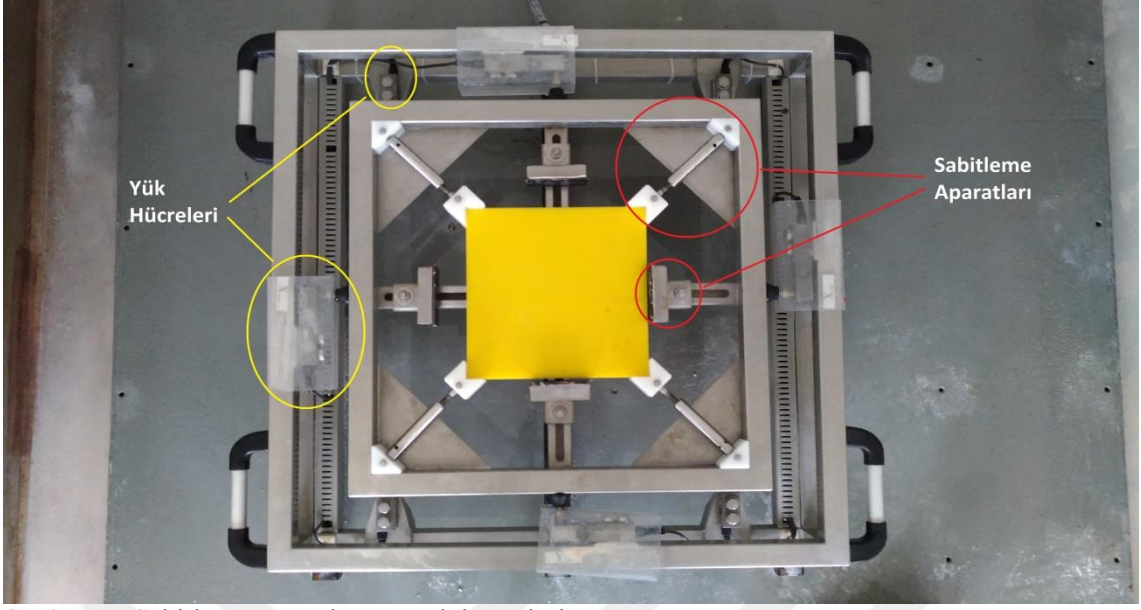
Seçilen mermer numunelerinin işlenebilirlik deneyleri, CNC yük ölçer test cihazı ile eş zamanlı çalışan Defne Lab Soft programı ile gerçekleştirilmiştir. CNC Makinesindeki yük ölçer sehpa ve yük ölçen veri toplama cihazı ile Defne Lab Soft programı sayesinde veriler toplanmaktadır. Test cihazında kuvvetlerin tespiti amacıyla Z ekseninden 4 adet, X ve Y eksenlerinden 4 adet kuvvet ölçülmesi için toplam 8 adet yük hücresi kullanılmıştır. Yük ölçer cihazlarının üzerinde bulunduğu yük ölçer sehpa Şekil 3.23' te

gösterilmiştir.



Şekil 3.23 CNC İşleme makinesindeki yük ölçer sehpa.

CNC Makinesi üzerindeki yük ölçer sehpa 304 kalite paslanmaz çelik malzemeden üretilmiştir (AISI 304).Gövdenin terazisi için ayarlanabilir ayaklar ve üzerinde 8 adet yük ölçüm hücresi bulunmaktadır. Bu yük hücrelerinin 4 tanesi Z eksenindeki dik kuvvetin ölçümünde, 2 şer tanesi X ve Y eksenlerindeki ileri ve geri kuvvet ölçümlerinde kullanılmaktadır. Numuneyi sabitlemek için aparatlar mevcuttur ve çerçevesi 8 adet yük ölçüm hücreleri ile temas halindedir. Şekil 3.24' te yük hücreleri ve malzeme sabitleme aparatları gösterilmiştir.



Şekil 3.24 Sabitleme aparatları ve yük hücreleri.

3.11 Deney Uygulamaları

CNC doğaltaş işleme makinesinde belirlenen parametrelerle işlenen numunelerin son görüntüleri Şekil 3.25 - 3.30' da gösterilmiştir.



Şekil 3.25 Belirlenen parametrelerle işlenmiş Afyon Beyaz numuneleri.



Şekil 3.26 Belirlenen parametrelerle işlenmiş Bursa Kemalpaşa Beyaz numuneleri.



Şekil 3.27 Belirlenen parametrelerle işlenmiş Marmara Beyaz numuneleri.



Şekil 3.28 Belirlenen parametrelerle işlenmiş Muğla Beyaz numuneleri.



Şekil 3.29 Belirlenen parametrelerle işlenmiş Uşak Beyaz numuneleri.



Şekil 3.30 Belirlenen parametrelerle işlenmiş Kütahya Beyaz numuneleri.

3.12 Varyans Analizi

İşleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisini saptamak için; serbestlik derecesi, farkların kareleri, kareler toplamı, kareler ortalaması ve % etkinlik oranı hesaplanır. Bu hesaplamalar aşağıda Çizelge 3.10' de verilmiştir.

Farkların kareleri = (Ortalama Değer - S/N Oranı)² formülü ile hesaplanır.

S/N oranının rank ve delta tablosundan ortalama değer hesaplanır.

Çizelge 3.10 Varyans analiz tablosu.

	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı (KT)	Kareler Ortalaması (KO)	F Hesaplama
Deneme	k-1	KT _{Deneme}	KO _{Deneme}	KO Deneme / KO Hata
Hata	N-k	KT _{Hata}	KO _{Hata}	
Genel	N-1	KT _{Genel}		

Tablodaki tanımlar aşağıda verilen eşitliklerle bulunur;

$$KT_{GENEL} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{ij}^2 - \frac{T^2}{N}$$

$$KT_{GENEL} = \sum_{j=1}^k \frac{T_j^2}{n} - \frac{T^2}{N}$$

$$KT_{Hata} = KT_{Genel} - KT_{Deneme}$$

$$KO_{Deneme} = KT_{Deneme} - sd_{DENEME}$$

$$KO_{Hata} = KT_{Hata} - sd_{Hata}$$

N = Toplam gözlem sayısı

T = Tüm gözlemlerin toplamı

Y_i = i. Gözlem değeri

sd = Serbestlik derecesi

T_j= j inci denemeye ait ortalama

n= Deneme sayısı

F hipotezine göre yapılan varyans analizinde, F testi faktörlerin etkisini göstermektedir.

Bu çalışmada hipotezler;

H₀: Faktörlerin yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkisi yoktur.

H₁: Faktörlerin yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkisi vardır.

Hesaplanan F değerleri ile standart tabloda verilen F değeri karşılaştırılarak hipotezin doğruluğu belirlenir. %95 güven aralığında, gruplar arası serbestlik derecesi 2 ve grup içi serbestlik derecesi 8 olan standart F değeri yani F_{0,05;2;8} değeri 4,46' dır.

H₀ hipotezi % 95 güven seviyesinde tabloda hesaplanan F değeri, F_{0,05;2;8}=4,46 değerinden büyük (F_{0,05;2;8}=4,46 < F_{tablo}) ise ilgili faktörün yüzey pürüzlülüğüne etkisinin olduğu kabul edilir.

3.13 Yüzey Pürüzlülük Ölçümleri

Bu çalışmada mermer numunelerinin yüzey pürüzlülüklerini ölçmek için DIN EN ISO 11562 standardına göre çalışan Marh marka Perthometer M2 model yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı kullanılmıştır.

Beyaz renkli mermer numunelere 3 farklı parametre ve 3 farklı seviyede uygulanan Taguchi deney tasarımının L9 ortogonal dizimi sonucu ortaya çıkan 9 farklı yüzey için yüzey pürüzlülük ölçümleri alınmıştır. Yüzey pürüzlülük ölçümleri sırasında her bir kare için Ra ve Rz yüzey pürüzlülük değerleri dikkate alınarak 36 adet ölçüm yapılmıştır.

Örnek yüzey ölçümü (Şekil 3.31); bölünmüş kare içerisine yerleştirilen cihaza başlama komutunun verilmesi ile birlikte sürücü ünitesine bağlı detektör (elmas iğne uç), bir motor vasıtasıyla yatay olarak doğaltaş üzerinde ileri-geri hareketini yapar. Detektörün, doğaltaş üzerindeki yatay hareketi esnasında, yüzey üzerindeki pürüzlülüklere değen detektöre bağlı elmas uçlu iğnenin dikey hareketinin oluşturduğu mekanik sapmalar, sürücü ünitesi

tarafından elektrik sinyallerine çevrilir. Bu sinyallerin yükseltilmesi ve verilere göre filtrelenmesi sonucu yüzey pürüzlülük parametreleri olan R_a , R_z , R_{max} , R_k , R_q ve R_t değerlerinin cihaz tarafından ölçümü yapılmış ve kaydedilmiş olacaktır.



Şekil 3.31 Yüzey pürüzlülük ölçümü.

4. BULGULAR

Bu çalışmada, beyaz renkli mermerlerin yüzey işlemleri sırasında meydana gelen pürüzlülüğü etkileyen faktörlerden bazıları değerlendirilmiştir. Deneyler de üç farklı seviyede ilerleme hızı, kesme genişliği ve kesme derinliği ile çalışılmıştır. Çalışmalarda 6 adet beyaz renkli mermer numunesi için, Taguchi deney tasarım yöntemiyle elde edilen veriler sonucunda yüzey işleme pürüzlülüğü arasındaki ilişik değerlendirilmiştir. İşleme sonundaki yüzey kalitesi, çalışma parametreleri ile doğrudan ilişkilidir.

Mermerlerin işleme sonrası yüzey pürüzlülüğünün en düşük düzeyde olması ürün kalitesini ve üretim maliyetini etkileyeceği için en uygun parametreler seçilmelidir. Bu parametreler Taguchi deney tasarım yöntemi ile değerlendirilerek, S/N oranı grafikleri elde edilmiştir. Bu grafiklerde en küçük en iyi formülüzasyonu esas alınmıştır. Rank ve delta tabloları, elde edilen S/N oranı değerleri sonucunda ortaya çıkmıştır.

Rank ve Delta tablosu; parametrelerin önem sırasını belirler ve en iyi sonuç için parametrelerin kullanılması gereken seviyelerini göstermektedir. Delta, faktörlerin en yüksek ve en düşük değerleri arasındaki farkı hesaplayarak, parametrelerin etkinliğini belirler. Rank ise bağımsız değişkenlerin önem sırasındır yani S/N oranı en küçük olan en uygun seviyedir.

Yüzey pürüzlülüğü varyans analiziyle de değerlendirilerek kesme derinliği, kesme genişliği ve ilerleme hızı parametre ve seviyeleri için en uygun işleme değerleri bulunmuştur.

4.1 Afyon Beyaz Mermer İçin İşleme Parametreleri ve Yüzey Pürüzlülük İncelemesi

Afyon Beyaz mermerin belirlenen işleme parametreleri ile elde edilen yüzey pürüzlülüğü sonuçları ve bu sonuçların analizleri incelenmiştir.

Afyon Beyaz mermere ait Ra ve Rz pürüzlülük değerleri için S/N oranı Çizelge 4.1' de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Afyon Beyaz mermer için işleme parametrelerine göre yüzey pürüzlülükleri ve S/N değerleri.

İlerleme Hızı (mm/dk)	Kesme Genişliği (mm)	Derinlik (mm)	Ra	S/N-Ra	Rz	S/N-Rz
2000	1,0	1	6,42109	-16,1522	34,0250	-30,6360
2000	1,5	2	7,21575	-17,1656	37,7933	-31,5483
2000	2,0	3	7,47967	-17,4776	38,8750	-31,7934
2500	1,0	2	6,15250	-15,7810	33,3250	-30,4554
2500	1,5	3	7,21592	-17,1658	36,7000	-31,2933
2500	2,0	1	5,20500	-15,2160	32,7750	-30,3109
3000	1,0	3	7,96217	-18,0206	40,6333	-32,1776
3000	1,5	1	6,99200	-16,8920	36,4833	-31,2419
3000	2,0	2	7,43942	-17,4308	40,2333	-32,0917

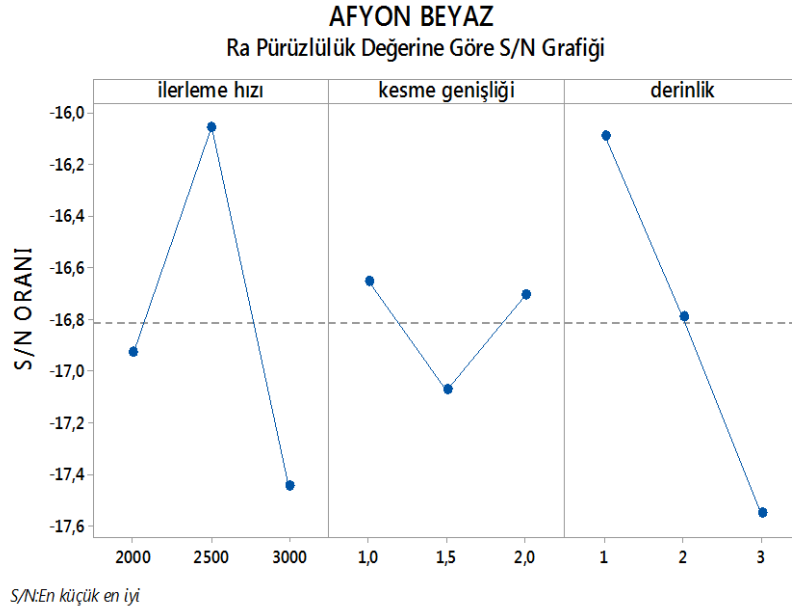
Pürüzlülük değerlerinin S/N oranına bağlı olarak oluşturulan rank ve delta değerleri Çizelge 4.2’ de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Afyon Beyaz mermer yüzey pürüzlülük değerlerinin S/N oranına bağlı olarak rank ve delta değerleri.

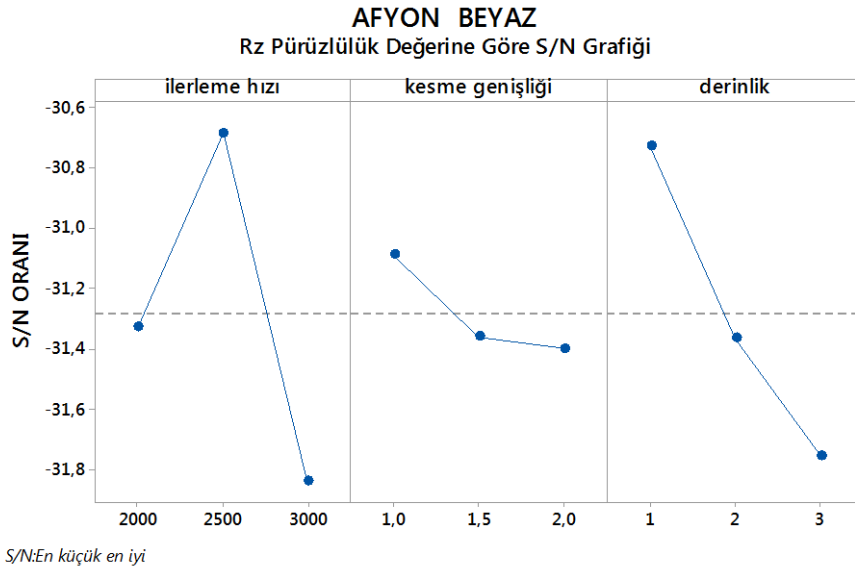
Seviye (Ra)	Derinlik (A)	Kesme Genişliği (B)	İlerleme Hızı (C)	Seviye (Rz)	Derinlik (A)	Kesme Genişliği (B)	İlerleme Hızı (C)
1	-16,09	-16,65	-16,93	1	-30,73	-31,09	-31,33
2	-16,79	-17,07	-16,05	2	-31,37	-31,36	-30,69
3	-17,55	-16,71	-17,45	3	-31,75	-31,4	-31,84
Delta	1,47	0,42	1,39	Delta	1,03	0,31	1,15
Rank	1	3	2	Rank	2	3	1

A1: 1 mm Derinlik, B1: 1 mm, Kesme genişliği, C2: 2500 mm/dk İlerleme Hızı.

Çizelge 4.2’ de Afyon Beyaz mermerde pürüzlülük için en uygun işleme parametre değerleri “A1B1C2” olarak bulunur.



Şekil 4.1 Afyon Beyaz mermer için Ra pürüzlülük değerine göre S/N grafiği.



Şekil 4.2 Afyon Beyaz mermer için Rz pürüzlülük değerine göre S/N grafiği.

Ra ve Rz pürüzlülük değerlerine göre yüzey pürüzlülüğünün incelenmesinde işleme parametrelerinin varyans analizi Çizelge 4. 3 ve 4' de verilmiştir.

Çizelge 4.3 Afyon Beyaz mermer Ra yüzey pürüzlülük değerine göre varyans analizi.

Ra	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	3,0048	1,5024	53,2766	45,7352	53,276
KesmeGenişliği	2	0,3096	0,1548	5,48936	4,71233	5,489
İlerleme Hızı	2	3,1992	1,5996	56,7234	48,6941	56,723
Hata	2	0,0564	0,0282		0,85845	
Toplam	8	6,57			100	

Çizelge 4.4 Afyon Beyaz mermer Rz yüzey pürüzlülük değerine göre varyans analizi.

Rz	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	1,9926	0,9963	89,7568	52,7143	89,756
Kesme Genişliği	2	0,1707	0,08535	7,68919	4,51587	7,689
İlerleme Hızı	2	1,5945	0,79725	71,8243	42,1825	71,824
Hata	2	0,0222	0,0111		0,5873	
Toplam	8	3,78			100	

Afyon Beyaz mermer için belirlenen parametreler ile frezeleme işlemi sonucunda edilen Ra ve Rz yüzey pürüzlülük sonuçları Çizelge 4. 2, Şekil 4. 1 ve 4. 2' de gösterilmiştir. Ra ve Rz yüzey pürüzlülüğü değerlerine, belirlenen tüm işleme parametreleri etkindir. Bu parametrelerden derinlik ve ilerleme hızı, kesme genişliğine göre daha etkilidir. Kesme hızı Afyon Beyaz mermer için 2500 mm/dk en uygun çalışma parametresi olarak görülmektedir. Kesme genişliği ve derinlik arttıkça yüzey pürüzlülüğünün arttığı görülmüştür.

Afyon Beyaz mermer için Çizelge 4.3 ve 4.4 incelendiğinde, F hipotezine göre yapılan varyans analizinde Çizelge 4.3' teki F değerleri $F_{0,05;2;8}=4,46$ ' dan büyük olduğu için Ra ve Rz yüzey pürüzlülüğünde kesme derinliği, kesme genişliği ve ilerleme hızı faktörleri etkili olmakta ve en etkin faktör % 48,69 ile ilerleme hızı olarak görülmektedir.

4.2 Bursa Kemalpaşa Mermeri İçin İşleme Parametreleri ve Yüzey Pürüzlülük İncelemesi

Bursa Kemalpaşa Mermerinde belirlenen işleme parametreleri ile elde edilen yüzey pürüzlülüğü sonuçları ve bu sonuçların analizleri incelenmiştir.

Bursa Kemalpaşa Mermerine ait Ra ve Rz pürüzlülük değerleri için S/N oranı Çizelge 4. 5' de verilmiştir.

Çizelge 4.5 Bursa Kemalpaşa Mermeri için işleme parametrelerine göre yüzey pürüzlülükleri ve S/N değerleri.

İlerleme Hızı (mm/dk)	Kesme Genişliği (mm)	Derinlik (mm)	Ra	S/N-Ra	Rz	S/N-Rz
2000	1,0	1	2,95538	-9,4123	15,3275	-23,7094
2000	1,5	2	2,81775	-8,9980	14,3250	-23,1219
2000	2,0	3	3,71212	-11,3925	18,1250	-25,1656
2500	1,0	2	2,87963	-9,1867	14,6000	-23,2871
2500	1,5	3	3,60425	-11,1363	17,8625	-25,0388
2500	2,0	1	2,90075	-8,7574	12,8000	-22,1442
3000	1,0	3	3,39938	-10,6280	16,8625	-24,5384
3000	1,5	1	3,06925	-9,7406	16,2250	-24,2037
3000	2,0	2	3,00325	-9,5518	15,4500	-23,7786

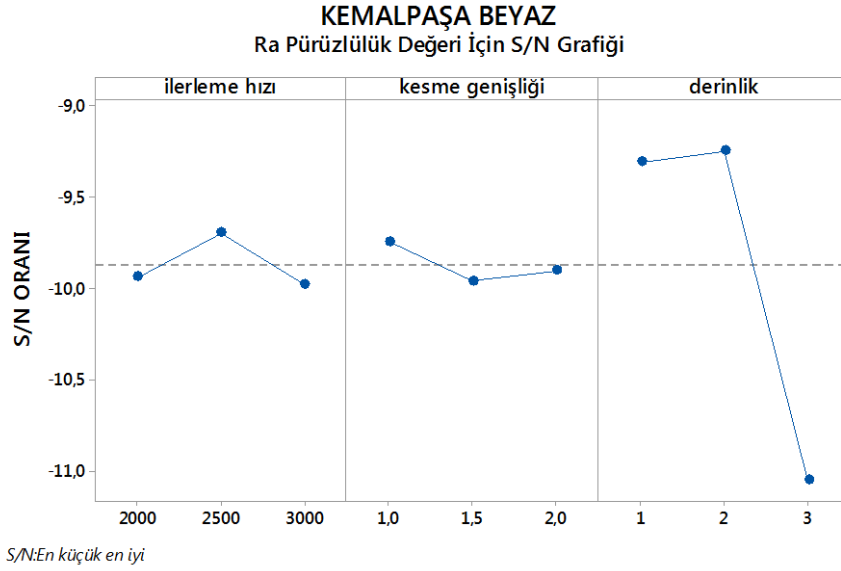
Pürüzlülük değerlerinin S/N oranına bağlı olarak oluşturulan rank ve delta değerleri Çizelge 4. 6' da verilmiştir.

Çizelge 4.6 Bursa Kemalpaşa Mermeri için yüzey pürüzlülük değerlerinin S/N oranına bağlı olarak rank ve delta değerleri.

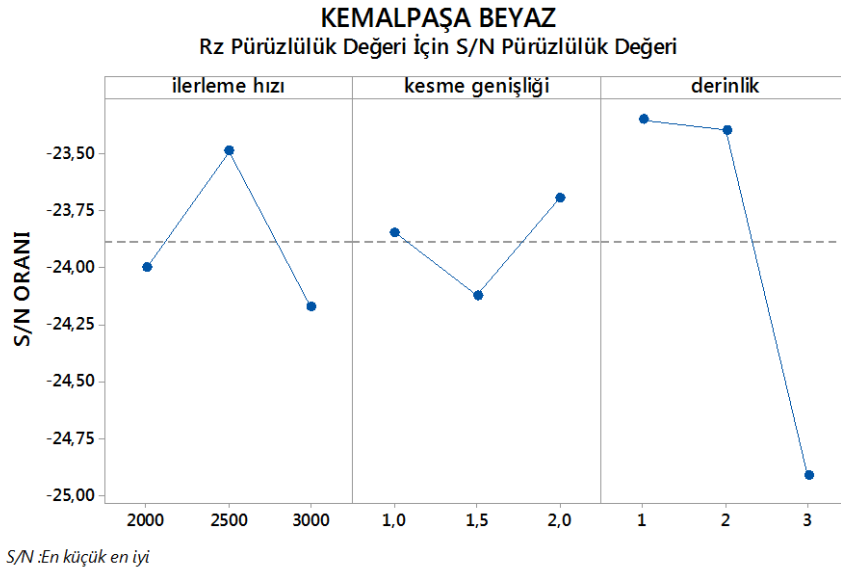
Seviye (Ra)	Derinlik (A)	Kesme Genişliği (B)	İlerleme Hızı (C)	Seviye (Rz)	Derinlik (A)	Kesme Genişliği (B)	İlerleme Hızı (C)
1	-9,303	-9,742	-9,934	1	-23,35	-23,84	-24
2	-9,246	-9,958	-9,693	2	-23,4	-24,12	-23,49
3	-11,052	-9,901	-9,973	3	-24,91	-23,7	-24,17
Delta	1,807	0,216	0,28	Delta	1,56	0,43	0,68
Rank	1	3	2	Rank	1	3	2

A2: 2 mm Derinlik, B1:1 mm Kesme Genişliği, C2: 2500 mm/dk İlerleme Hızı.

Çizelge 4. 6’ da Bursa Kemalpaşa Mermerinde pürüzlülük için en uygun işleme parametre değerleri “A2B1C2” olarak bulunur.



Şekil 4.3 Bursa Kemalpaşa Mermeri için Ra yüzey pürüzlülük değerine göre S/N grafiği.



Şekil 4.4 Bursa Kemalpaşa Mermeri için Rz yüzey pürüzlülük değerine göre S/N grafiği.

Ra ve Rz pürüzlülük değerlerine göre yüzey pürüzlülüğünün incelenmesinde işleme parametrelerinin varyans analizi Çizelge 4. 7 ve 4. 8’ de verilmiştir.

Çizelge 4.7 Bursa Kemalpaşa Mermeri Ra yüzey pürüzlülük değerine göre varyans analizi.

Ra	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	6,324327	3,16216	8,78569	87,1335	8,785
Kesme Genişliği	2	0,075627	0,03781	0,10506	1,04195	0,105
İlerleme Hızı	2	0,138402	0,0692	0,19227	1,90684	0,192
Hata	2	0,719844	0,35992		9,91767	
Toplam	8	7,2582	3,16216		100	

Çizelge 4.8 Bursa Kemalpaşa Beyaz mermer Rz yüzey pürüzlülük değerine göre varyans analizi.

Rz	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	4,7163	2,35815	2,69011	62,9218	2,690
Kesme Genişliği	2	0,2745	0,13725	0,15657	3,6622	0,156
İlerleme Hızı	2	0,7515	0,37575	0,42864	10,026	0,428
Hata	2	1,7532	0,8766		23,39	
Toplam	8	7,4955			100	

Bursa Kemalpaşa Mermeri için belirlenen parametreler ile frezeleme işlemi sonucunda edilen Ra ve Rz yüzey pürüzlülük sonuçları Çizelge 4. 6, Şekil 4. 3 ve 4. 4' te gösterilmiştir. Ra yüzey pürüzlülük değerine, derinlik etkilidir. Bursa Kemalpaşa Mermer için; ilerleme hızı 2500 mm/dk, derinlik 2 mm ve kesme genişliği 1 mm en uygun çalışma parametreleri olarak görülmektedir. Derinlik arttıkça pürüzlülük artmaktadır.

Bursa Kemalpaşa Mermeri için Çizelge 4.7 ve 4.8 incelendiğinde, F hipotezine göre yapılan varyans analizinde Çizelge 4.7' teki F değerleri $F_{0,05;2;8}=4,46'$ dan büyük olduğu için Ra yüzey pürüzlülüğünde kesme derinliği % 87 oranında etkilidir.

4.3 Marmara Beyaz Mermer İçin İşleme Parametreleri ve Yüzey Pürüzlülük İncelemesi

Marmara Beyaz mermer numunesi belirlenen işleme parametreleri ile elde edilen yüzey pürüzlülüğü sonuçları ve bu sonuçların analizleri incelenmiştir.

Marmara Beyaz Mermer ait Ra ve Rz pürüzlülük değerleri için S/N oranı Çizelge 4.9’ da verilmiştir.

Çizelge 4.9 Marmara Beyaz Mermeri için işleme parametrelerine göre yüzey pürüzlülükleri ve S/N değerleri.

Derinlik (mm)	Kesme Genişliği (m/dk)	İlerleme Hızı (mm/dk)	Ra	S/N-Ra	Rz	S/N-Rz
1	1,0	2000	3,46	-10,79	24,23	-27,68
2	1,5	2000	4,52	-13,11	31,10	-29,85
3	2,0	2000	5,18	-14,29	32,56	-30,25
2	1,0	2500	4,33	-12,74	30,34	-29,64
3	1,5	2500	5,22	-14,36	35,52	-31,01
1	2,0	2500	3,99	-12,04	26,95	-28,61
3	1,0	3000	4,94	-13,88	33,08	-30,39
1	1,5	3000	4,16	-12,38	27,87	-28,90
2	2,0	3000	5,29	-14,47	34,91	-30,86

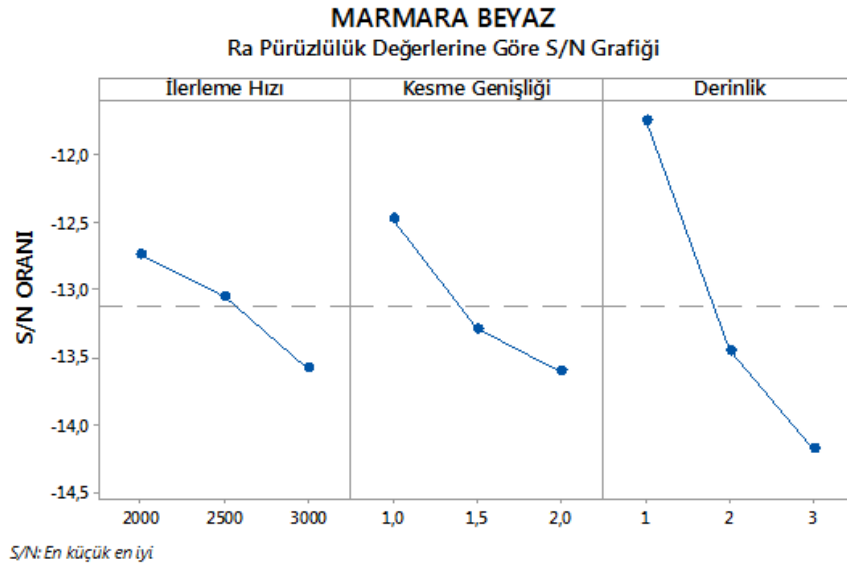
Pürüzlülük değerlerinin S/N oranına bağlı olarak oluşturulan rank ve delta değerleri Çizelge 4.10’ da verilmiştir.

Çizelge 4.10 Marmara Beyaz Mermer yüzey pürüzlülük değerlerine göre S/N oranına bağlı olarak rank ve delta değerleri.

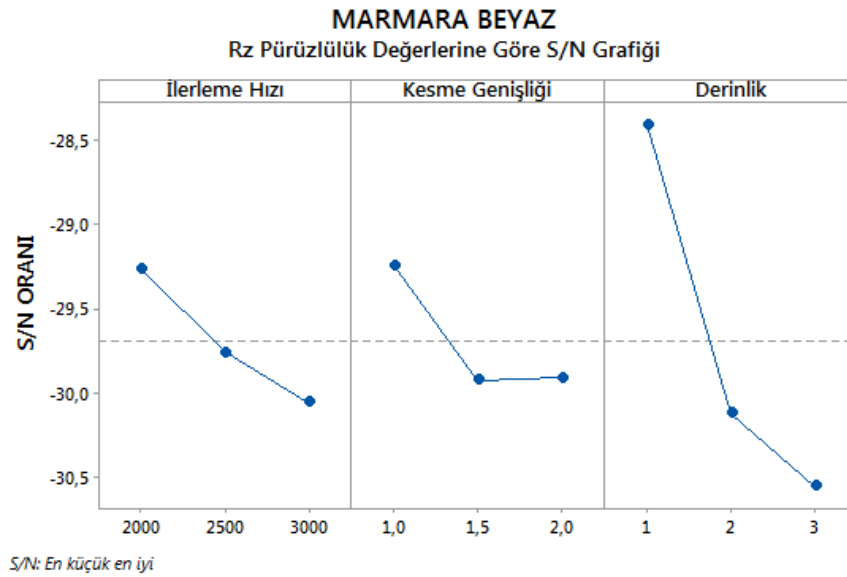
Seviye (Ra)	Derinlik (A)	Kesme Genişliği (B)	İlerleme Hızı (C)	Seviye (Rz)	Derinlik (A)	Kesme Genişliği (B)	İlerleme Hızı (C)
1	-11,74	-12,48	-12,74	1	-28,4	-29,24	-29,27
2	-13,45	-13,29	-13,05	2	-30,12	-29,92	-29,76
3	-14,18	-13,6	-13,58	3	-30,55	-29,91	-30,05
Delta	2,45	1,13	0,85	Delta	2,15	0,68	0,79
Rank	1	2	3	Rank	1	3	2

A1: 1 mm Derinlik, B1: 1 mm Kesme Genişliği, C1: 2000 mm/dk İlerleme Hızı.

Çizelge 4.10’ da en iyi pürüzlülük değerlerine göre en uygun işleme parametre değerleri “A1B1C1” olarak bulunur.



Şekil 4.5 Marmara Beyaz Mermer Ra yüzey pürüzlülük değeri için S/N oranı grafiği.



Şekil 4.6 Marmara Beyaz Mermer Rz yüzey pürüzlülük değeri için S/N oranı grafiği.

Ra ve Rz pürüzlülük değerlerine göre yüzey pürüzlülüğünün incelenmesinde işleme parametrelerinin varyans analizi Çizelge 4.11 ve 4.12' de verilmiştir.

Çizelge 4.11 Marmara Beyaz Mermer Ra yüzey pürüzlülük değerlerine göre varyans analizi.

Ra	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	9,41	4,71	78,48	74,56	78,48
Kesme Genişliği	2	2,01	1,01	16,73	15,90	16,73
İlerleme Hızı	2	1,08	0,54	9,03	8,57	9,03
Hata	2	0,11	0,05		0,95	
Toplam	8	12,62			100	

Çizelge 4.12 Marmara Beyaz mermer Rz yüzey pürüzlülük değerlerine göre varyans analizi.

Rz	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	7,76	3,88	64,66	79,81	64,66
Kesme Genişliği	2	0,91	0,45	7,58	9,36	7,58
İlerleme Hızı	2	0,93	0,46	7,76	9,58	7,76
Hata	2	0,12	0,06		1,23	
Toplam	8	9,73			100	

Marmara Beyaz mermer için belirlenen parametreler ile frezeleme işlemi sonucunda edilen Ra ve Rz yüzey pürüzlülük sonuçları Çizelge 4.10, Şekil 4. 5 ve 4. 6’ da gösterilmiştir. Kesme derinliği, kesme genişliği ve ilerleme hızının yüzey pürüzlülüğünü etkilediği görülmüştür.

Marmara Beyaz mermer için Çizelge 4.11 ve 4.12 incelendiğinde, F hipotezine göre yapılan varyans analizine göre $F > F_{0,05;2;8}=4,46$ ’ dan dolayı tüm işleme parametrelerinin (derinlik, kesme genişliği, ilerleme hızı) Ra ve Rz yüzey pürüzlülük değerlerine etkisi vardır. En büyük etki ise, Ra ‘da % 74,56 ve Rz’de % 79,81 oranında derinlik faktöründedir.

4.4 Muğla Beyaz Mermer İçin İşleme Parametreleri ve Yüzey Pürüzlülük İncelemesi

Muğla Beyaz Mermerin belirlenen işleme parametreleri ile elde edilen yüzey pürüzlülüğü

sonuçları ve bu sonuçların analizleri incelenmiştir. Muğla Beyaz Mermer için Ra ve Rz pürüzlülük değerleri için S/N oranı Çizelge 4.13’ de verilmiştir.

Çizelge 4.13 Muğla Beyaz Mermer işleme parametrelerine göre yüzey pürüzlülükleri ve S/N değerleri.

İlerleme Hızı (mm/dk)	Kesme Genişliği (m/dk)	Derinlik (mm)	Ra	S/N-Ra	Rz	S/N-Rz
2000	1,0	1	8,8168	-18,9063	54,2083	-34,6813
2000	1,5	2	11,9087	-21,5173	66,7500	-36,4890
2000	2,0	3	11,5552	-21,2555	67,5417	-36,5914
2500	1,0	2	10,7517	-20,6295	64,4500	-36,1845
2500	1,5	3	11,8222	-21,4540	68,5083	-36,7149
2500	2,0	1	9,9015	-19,9140	58,5333	-35,3481
3000	1,0	3	10,4299	-20,3656	60,8833	-35,6900
3000	1,5	1	9,4413	-19,5007	57,5250	-35,1971
3000	2,0	2	10,7915	-20,6616	62,6417	-35,9373

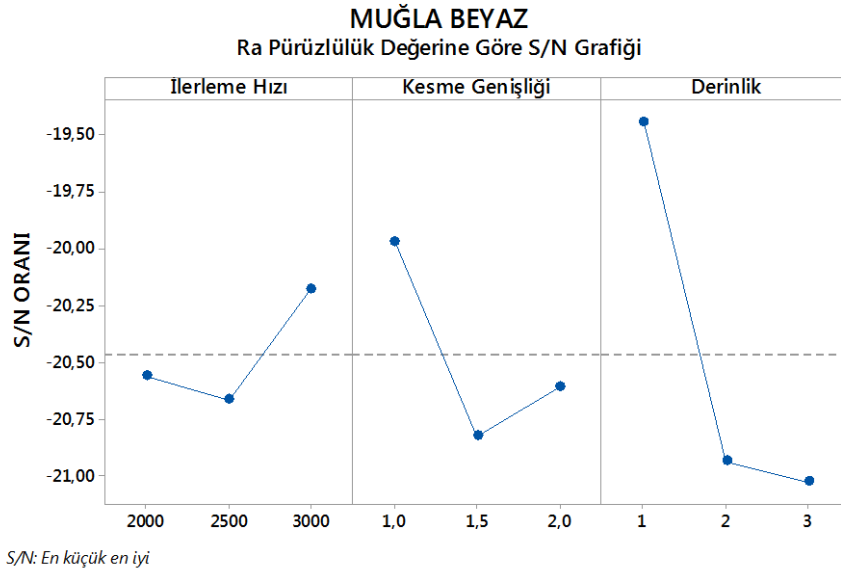
Pürüzlülük değerlerinin S/N oranına bağlı olarak oluşturulan rank ve delta değerleri Çizelge 4.14’ de verilmiştir.

Çizelge 4.14 Muğla Beyaz Mermer yüzey pürüzlülük değerlerine göre S/N oranına bağlı olarak rank ve delta değerleri.

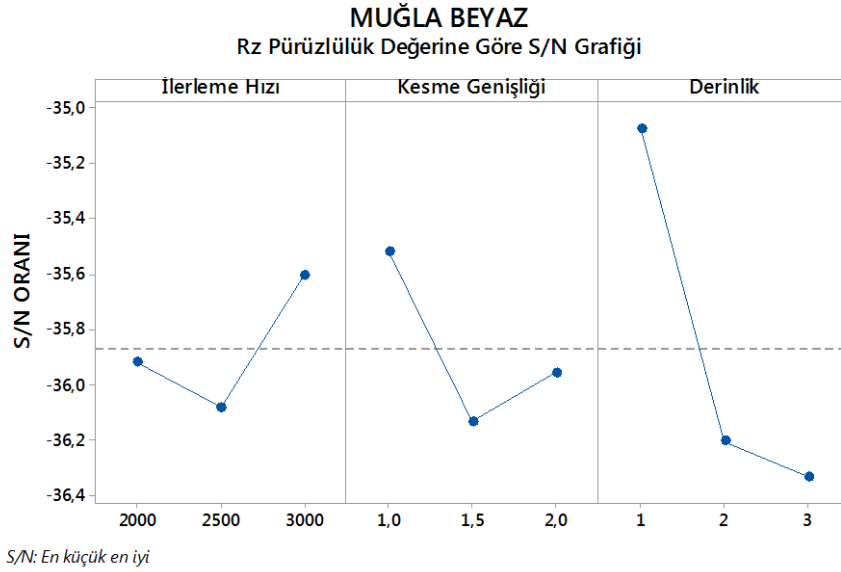
Seviye (Ra)	Derinlik (A)	Kesme Genişliği (B)	İlerleme Hızı (C)	Seviye (Rz)	Derinlik (A)	Kesme Genişliği (B)	İlerleme Hızı (C)
1	-19,44	-19,97	-20,56	1	-35,08	-35,52	-35,92
2	-20,94	-20,82	-20,67	2	-36,2	-36,13	-36,08
3	-21,03	-20,61	-20,18	3	-36,33	-35,96	-35,61
Delta	1,58	0,86	0,49	Delta	1,26	0,62	0,47
Rank	1	2	3	Rank	1	2	3

A1: 1 mm Derinlik, B1: 1 mm Kesme Genişliği, C3: 3000 mm/dk İlerleme Hızı.

Çizelge 4.14’ te en iyi pürüzlülük değerlerine göre en uygun işleme parametre değerleri “A1B1C3” olarak bulunur.



Şekil 4.7 Muğla Beyaz Mermer Ra yüzey pürüzlülük değeri için S/N oranı grafiği.



Şekil 4.8 Muğla Beyaz Mermer Rz yüzey pürüzlülük değeri için S/N oranı grafiği.

Ra ve Rz pürüzlülük değerlerine göre yüzey pürüzlülüğünün incelenmesinde işleme parametrelerinin varyans analizi Çizelge 4.15 ve 4.16' da verilmiştir.

Çizelge 4.15 Muğla Beyaz Mermer Ra yüzey pürüzlülük değerlerine göre varyans analizi.

Ra	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	4,7862	2,3931	94,0314	74,6677	94,031
Kesme Genişliği	2	1,1763	0,58815	23,11	18,351	23,110
İlerleme Hızı	2	0,3966	0,1983	7,79175	6,18721	7,791
Hata	2	0,0509	0,02545		0,79407	
Toplam	8	6,41			100	

Çizelge 4.16 Muğla Beyaz Mermer Rz yüzey pürüzlülük değerlerine göre varyans analizi.

Rz	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	2,8338	1,4169	24,3036	72,8933	24,303
Kesme Genişliği	2	0,5946	0,2973	5,09949	15,2948	5,099
İlerleme Hızı	2	0,3426	0,1713	2,93825	8,81264	2,938
Hata	2	0,1166	0,0583		2,99928	
Toplam	8	3,8876			100	

Muğla Beyaz Mermer için belirlenen parametreler ile frezeleme işlemi sonucunda edilen Ra ve Rz yüzey pürüzlülük sonuçları Çizelge 4.14, Şekil 4. 7 ve 4. 8’ de gösterilmiştir. Kesme derinliği yüzey pürüzlülüğünü önemli ölçüde etkilemektedir. Kesme genişliği arttıkça pürüzlülük artmaktadır. İlerleme hızı ise Ra değerinde etkili iken, Rz değerine etki etmemektedir.

Muğla Beyaz Mermeri için Çizelge 4.15 ve 4.16 incelendiğinde, F hipotezine göre yapılan varyans analizinde Çizelge 4.15’ deki kesme derinliği, kesme genişliği ve ilerleme hızı F değerleri $F_{0,05;2;8}=4,46$ ’dan büyük olduğu için Ra yüzey pürüzlülüğünde etkili olmaktadır. Çizelge 4.16’ da kesme derinliği ve kesme genişliği faktörünün F değerleri $F_{0,05;2;8}=4,46$ ’ dan büyük olduğu için Rz yüzey pürüzlülük değerini etkilerken , ilerleme hızının Rz pürüzlülük değeri için önemsiz olduğu görülmüştür. Ra için % 74,66 ve Rz için %72,89 ile kesme derinliğinin önemli bir etkiye sahip olduğu görülmüştür.

4.5 Uşak Beyaz Mermer İçin İşleme Parametreleri ve Yüzey Pürüzlülük İncelemesi

Uşak Beyaz Mermer numunesine ait belirlenen işleme parametreleri ile yüzey pürüzlülüğü verileri ve bu verilere ait analizler incelenmiştir.

Uşak Beyaz Mermere ait yüzey pürüzlülük değerleri için S/N oranı çizelge 4.17' de verilmiştir.

Çizelge 4.17 Uşak Beyaz Mermer işleme parametrelerine göre yüzey pürüzlülükleri ve S/N değerleri.

İlerleme Hızı (mm/dk)	Kesme Genişliği (m/dk)	Derinlik (mm)	Ra	S/N-Ra	Rz	S/N-Rz
2000	1,0	1	6,3597	-16,0687	42,7583	-32,6204
2000	1,5	2	7,9887	-18,0495	49,0167	-33,8069
2000	2,0	3	11,2805	-21,0465	63,5091	-36,0567
2500	1,0	2	7,1369	-17,0702	43,0167	-32,6727
2500	1,5	3	11,4851	-21,2027	66,8250	-36,4988
2500	2,0	1	8,2136	-18,2907	52,8500	-34,4609
3000	1,0	3	10,0671	-20,0581	58,6000	-35,3580
3000	1,5	1	7,0866	-17,0087	45,4583	-33,1523
3000	2,0	2	11,3772	-21,1207	62,1750	-35,8723

Pürüzlülük değerlerinin S/N oranına bağlı olarak oluşturulan rank ve delta değerleri Çizelge 4.18' de verilmiştir.

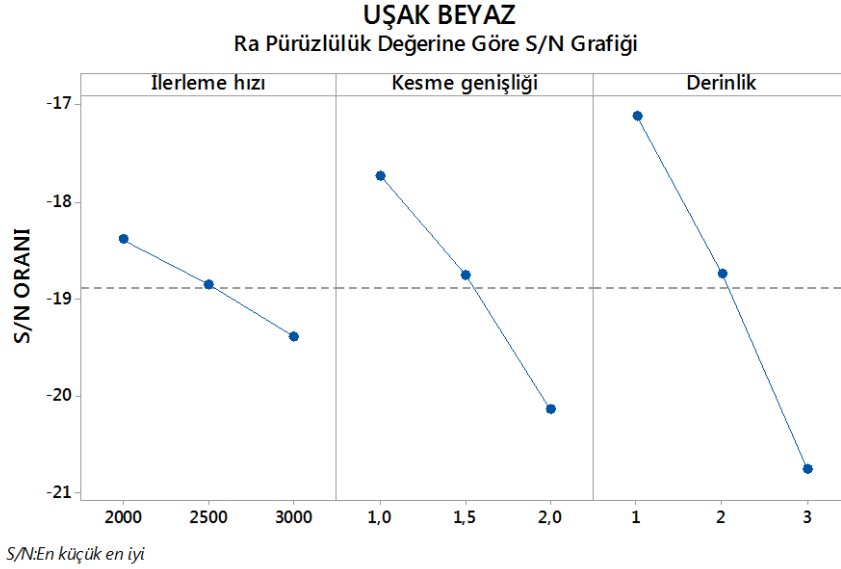
Çizelge 4.18 Uşak Beyaz Mermer yüzey pürüzlülük değerinin S/N oranına bağlı olarak rank ve delta değerleri.

Seviye (Ra)	Derinlik (A)	Kesme Genişliği (B)	İlerleme Hızı (C)	Seviye (Rz)	Derinlik (A)	Kesme Genişliği (B)	İlerleme Hızı (C)
1	-17,12	-17,73	-18,39	1	-33,41	-33,55	-34,16
2	-18,75	-18,75	-18,85	2	-34,12	-34,49	-34,54
3	-20,77	-20,15	-19,4	3	-35,97	-35,46	-34,79
Delta	3,65	2,42	1,01	Delta	2,56	1,91	0,63
Rank	1	2	3	Rank	1	2	3

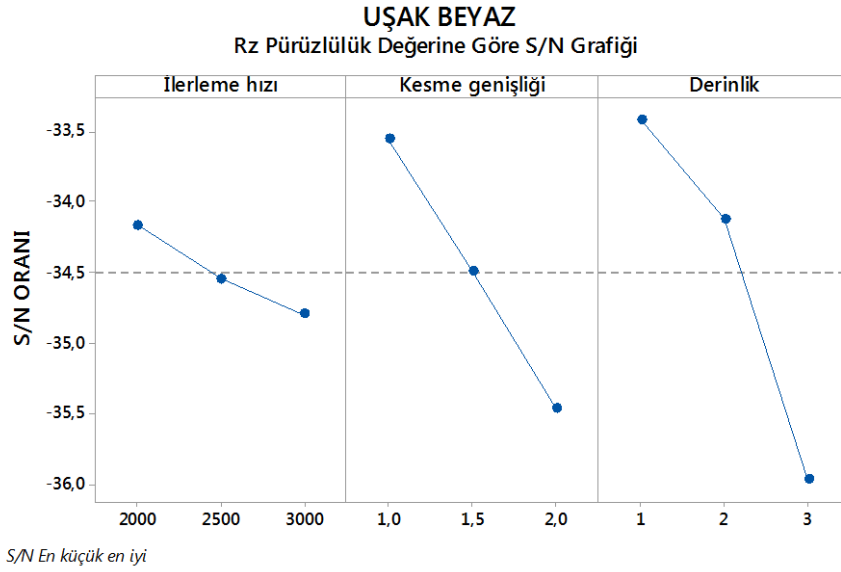
A1: 1 mm Derinlik, B1: 1 mm Kesme Genişliği, C1: 2000 mm/dk İlerleme Hızı.

Çizelge 4.18'e göre en iyi pürüzlülük değerlerine göre en uygun işleme parametre

değerleri “A1B1C1” olarak bulunmuştur.



Şekil 4.9 Uşak Beyaz Mermer Ra yüzey pürüzlülük değeri için S/N grafiği.



Şekil 4.10 Uşak Beyaz Mermer Rz yüzey pürüzlülük değeri için S/N grafiği.

Ra ve Rz pürüzlülük değerlerine göre yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesinde işleme parametrelerinin varyans analizleri Çizelge 4.19 ve 4.20’ de verilmiştir.

Çizelge 4.19 Uşak Beyaz Mermer Ra yüzey pürüzlülük değerine göre varyans analizi.

Ra	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	20,0607	10,0304	11,3472	62,2599	11,347
Kesme Genişliği	2	8,8572	4,4286	5,01001	27,489	5,010
İlerleme Hızı	2	1,5351	0,76755	0,86832	4,7643	0,868
Hata	2	1,7679	0,88395		5,48681	
Toplam	8	32,2209			100	

Çizelge 4.20 Uşak Beyaz Mermer Rz yüzey pürüzlülük değerine göre varyans analizi.

Rz	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	10,4802	5,2401	6,38025	57,5857	6,380
Kesme Genişliği	2	5,4726	2,7363	3,33167	30,0704	3,331
İlerleme Hızı	2	0,6039	0,30195	0,36765	3,31826	0,367
Hata	2	1,6426	0,8213		9,02562	
Toplam	8	18,1993			100	

Uşak Beyaz Mermer için belirlenen parametreler ile frezeleme işlemi sonucunda edilen Ra ve Rz yüzey pürüzlülük sonuçları Çizelge 4.18, Şekil 4. 9 ve 4.10’ da gösterilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü oluşumuna en büyük etkiyi derinlik faktörü gösterirken diğer faktörlerin önemli bir etkisi olmamaktadır. Derinlik azaldıkça yüzey pürüzlülüğü azalmaktadır.

Uşak Beyaz mermer için Çizelge 4.19 ve 4.20 incelendiğinde, F hipotezine göre yapılan varyans analizinde Çizelge 4.19’ da $F_{\text{derinlik}}=11,34 > F_{0,05;2;8}=4,46$ ve $F_{\text{kesme genişliği}} > 5,01 > F_{0,05;2;8}=4,46$ olduğu için derinlik ve kesme genişliği parametreleri Ra pürüzlülüğüne etkilidir. Çizelge 4.20’ de $F_{\text{derinlik}}=6,38 > F_{0,05;2;8}=4,46$ olduğu için sadece derinlik Rz yüzey pürüzlülüğüne etki etmektedir.

4.6 Kütahya Beyaz Mermer İçin İşleme Parametreleri ve Yüzey Pürüzlülük İncelemesi

Kütahya Beyaz Mermerin belirlenen işleme parametreleri ile elde edilen yüzey pürüzlülüğü sonuçları ve bu sonuçların analizleri incelenmiştir.

Kütahya Beyaz mermere ait Ra ve Rz pürüzlülük değerleri için S/N oranı Çizelge 4.21’ de verilmiştir.

Çizelge 4.21 Kütahya Beyaz Mermer için işleme parametrelerine göre yüzey pürüzlülükleri ve S/N değerleri.

İlerleme Hızı (mm/dk)	Kesme Genişliği (m/dk)	Derinlik (mm)	Ra	S/N-Ra	Rz	S/N-Rz
2000	1,0	1	3,27513	-10,3046	16,6750	-24,4413
2000	1,5	2	3,92362	-11,8737	19,7750	-25,9223
2000	2,0	3	4,48363	-13,0326	22,1750	-26,9173
2500	1,0	2	3,35475	-10,5132	16,4875	-24,3431
2500	1,5	3	4,28400	-12,6370	21,1625	-26,5113
2500	2,0	1	3,98338	-12,0050	19,1250	-25,6320
3000	1,0	3	4,21313	-12,4921	20,3250	-26,1606
3000	1,5	1	3,95075	-11,9336	20,1625	-26,0909
3000	2,0	2	4,13938	-12,3387	19,8375	-25,9497

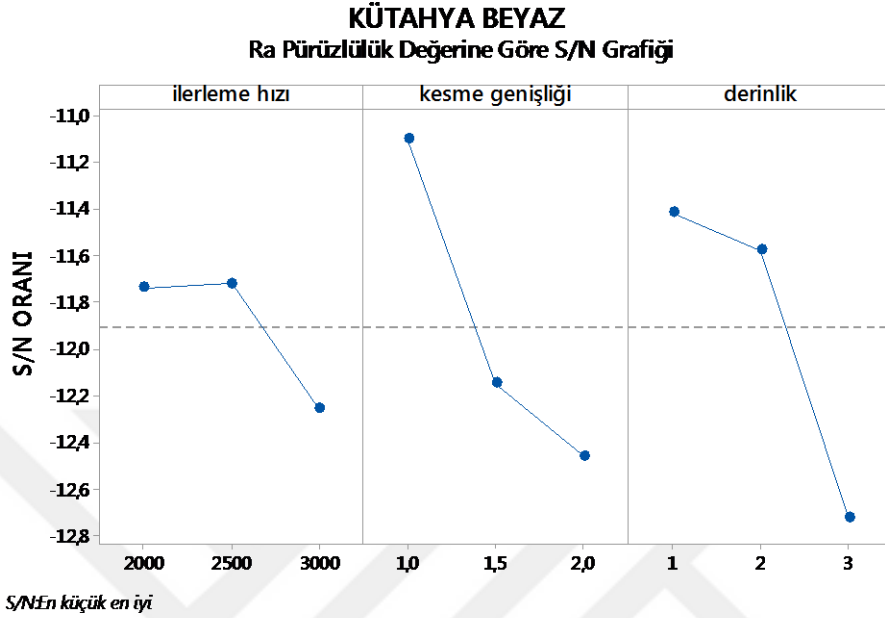
Pürüzlülük değerlerinin S/N oranına bağlı olarak oluşturulan rank ve delta değerleri Çizelge 4.22’ de verilmiştir.

Çizelge 4.22 Kütahya Beyaz Mermer yüzey pürüzlülük değerlerine göre S/N oranına bağlı olarak rank ve delta değerleri.

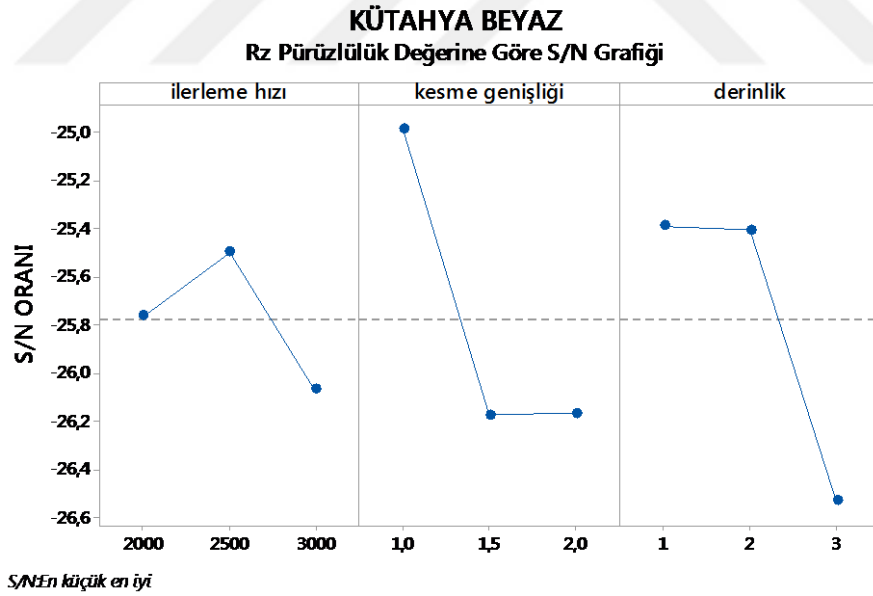
Seviye (Ra)	Derinlik (A)	Kesme Genişliği (B)	İlerleme Hızı (C)	Seviye (Rz)	Derinlik (A)	Kesme Genişliği (B)	İlerleme Hızı (C)
1	-11,41	-11,1	-11,74	1	-25,39	-24,98	-25,76
2	-11,58	-12,15	-11,72	2	-25,41	-26,17	-25,5
3	-12,72	-12,46	-12,25	3	-26,53	-26,17	-26,07
Delta	1,31	1,36	0,54	Delta	1,14	1,19	0,57
Rank	2	1	3	Rank	2	1	3

A1: 1 mm Derinlik, B1: 1 mm Kesme Genişliği, C1: 2000 mm/dk İlerleme Hızı.

Çizelge 4.22’ ten pürüzlülük için en uygun işleme parametre değerleri “A1B1C1” olarak bulunur.



Şekil 4.11 Kütahya Beyaz Mermer Ra yüzey pürüzlülük değeri için S/N grafiği.



Şekil 4.12 Kütahya Beyaz Mermer Rz yüzey pürüzlülük değeri için S/N grafiği.

Ra ve Rz pürüzlülük değerlerine göre yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesinde işleme parametrelerinin varyans analizi Çizelge 4.23 ve 4.24’ de verilmiştir.

Çizelge 4.23 Kütahya Beyaz Mermer Ra yüzey pürüzlülük değerine göre varyans analizi.

Ra	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	3,0447	1,52235	12,9232	44,3181	12,923
Kesme Genişliği	2	3,0483	1,52415	12,9385	44,3705	12,938
İlerleme Hızı	2	0,5415	0,27075	2,29839	7,88198	2,298
Hata	2	0,2356	0,1178		3,42935	
Toplam	8	6,8701			100	

Çizelge 4.24 Kütahya Beyaz Mermer Rz yüzey pürüzlülük değerine göre varyans analizi.

Rz	Serbestleşme Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	% Etkinlik	F
Derinlik	2	2,5548	1,2774	19,1658	8,13725	19,165
Kesme Genişliği	2	2,8323	1,41615	21,2476	47,1312	21,247
İlerleme Hızı	2	0,489	0,2445	3,66842	42,5134	3,668
Hata	2	0,1333	0,06665		2,21819	
Toplam	8	6,0094			100	

Kütahya Beyaz Mermer için belirlenen parametreler ile frezeleme işlemi sonucunda edilen Ra ve Rz yüzey pürüzlülük sonuçlarına göre en etkin parametreler kesme derinliği ve kesme genişliği olduğu Çizelge 4.22, Şekil 4,11 ve 4.12’ görülmüştür. Kesme derinliği ve kesme genişliği değerlerindeki artış ile yüzey pürüzlülüğü artmaktadır. İlerleme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkisi görülmemektedir.

İncelenen numune için Çizelge 4.23 ve 4.24 de bakıldığında; F hipotezine göre yapılan varyans analizindeki F_{derinlik} ve $F_{\text{kesme genişliği}} > F_{0,05;2;8}=4,46$ ’ dan dolayı Ra ve Rz yüzey pürüzlülük değerlerine derinlik ve kesme genişliğinin etkisi vardır.

4.7 Kayaçların Ortalama Tane Boyutları ve En Düşük Pürüzlülük Değerleri

Karbonatik kayaçların tane boyutlarının incelenmesi sonucunda elde edilen ortalama tane boyutları (OTB) ile her bir kayacın belirlenen işleme parametrelerde elde edilen en düşük

yüzey pürüzlülüğü değerleri (Ra) aşağıdaki, çizelge 4.25’ de verilmiştir.

Çizelge 4.25 Mermerlerin fiziko-mekanik, petrografik özellikleri ve yüzey pürüzlülük değerleri.

Doğaltaşlar	Ortalama	
	tane boyutu (mm)	Ra (μm)
Afyon Beyaz	0,29	5,2
Bursa Kemalpaşa Beyaz	0,31	2,9
Marmara Beyaz	0,06	3,46
Muğla Beyaz	0,74	8,81
Uşak Beyaz	0,6	7,08
Kütahya Beyaz	0,21	3,27

5. İSTATİSTİKSEL ANALİZLER

CNC makinesi ile işlenmesinde, doğaltaşların fiziko-mekanik ve petrografik özellikleri ile yüzey pürüzlülüğü arasında bir ilişki olup olmadığı korelasyon ve regresyon analizi ile incelenmiştir. Regresyon analizinde kullanılan mermerler Afyon Beyaz, Bursa Kemalpaşa Beyaz, Marmara Beyaz, Muğla Beyaz, Uşak Beyaz ve Kütahya Beyaz şeklindedir.

5.1 Kayaçlar İçin Regresyon Analizi

Kayaçların yüzey pürüzlülükleri (Ra) ile kayacın fiziko-mekanik, mineralojik ve sertlik özellikleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi amacı ile SPSS 23 programı yardımıyla çok değişkenli regresyon analizleri yapılarak, en az değişken yardımı ile en yüksek güvenilirliğe sahip eşitlikler elde edilmeye çalışılmıştır. Aşağıda her bir kayaç grubu için elde edilen eşitlikler görülmektedir.

Mermerler için yüzey pürüzlülüğü ile fiziko-mekanik ve mineralojik özellikler arasındaki ilişkisi regresyon analizi yardımı ile incelenmiş ve yüzey pürüzlülük (Ra) eşitliği aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

$$Ra = 12,074 + 6,473(OTB) - 0,106(UCS) - 0,057(AD)$$
$$R^2 = 0,999 \quad (5.1)$$

Eşitlikten anlaşılmaktadır ki; mermerler için CNC yüzey işlemede yüzey pürüzlülüğü kayacın ortalama tane boyutundan (OTB), Tek Eksenli Basınç Dayanımı (UCS) ve Aşınma Dayanımı (AD) etkilenmektedir. Özellikle yüzeyin ortalama tane büyüklüğünün (OTB) artması yüzey pürüzlülüğünü oldukça arttırmaktadır. Elde edilen eşitliğin istatistiksel olarak güvenilirliği t ve F testleri yapılarak Çizelge 5.1’ de verilmiştir. Buna göre Eşitlik 5.1 t ve F testlerinden geçmiş olup güvenilirdir.

Görüldüğü gibi mermerler için OTB’nun yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkin bir parametre olduğu anlaşılmaktadır. Ancak, diğer taraftan OTB olmaksızın hangi parametrelerin etkin olduğu da araştırılmış ve ilintisi yüksek olan aşağıdaki eşitlik elde edilmiştir.

$$Ra = 60,847 - 0,925 (AD) - 0,772 (BS) - 0,308 (UCS)$$

$$R^2 = 0,984 \quad (5.2)$$

Eşitlikten anlaşılmaktadır ki; mermerler için CNC yüzey işlemede yüzey pürüzlülüğü kayacın ortalama tane boyutu (OTB) olmaksızın, Aşınma Dayanımı (AD), Tek Eksenli Basınç Dayanımı (UCS) ve Eğilme Dayanımı (BS) etkilenmektedir. Özellikle yüzeyin Aşınma Dayanımı (AD) artması yüzey pürüzlülüğünü oldukça azaltmaktadır. Elde edilen eşitliğin istatistiksel olarak güvenirliliği t ve F testleri yapılarak Çizelge 5.1' de verilmiştir. Buna göre Eşitlik 5.1 t ve F testlerinden geçmiş olup güvenilirdir.

Ayrıca, daha az değişken parametre ile mermerlerin yüzey pürüzlülüğünün de tahmin edilmesi için 2 değişkenli regresyon analizleri yapılmış ve ilintisi yüksek olan aşağıdaki eşitlik elde edilmiştir.

$$Ra = 8,757 + 7,005(OTB) - 0,083(UCS)$$

$$R^2 = 0,989 \quad (5.3)$$

Eşitlikten anlaşılmaktadır ki; mermerler için CNC yüzey işlemede yüzey pürüzlülüğü sadece kayacın ortalama tane boyutu (OTB) ve Tek Eksenli Basınç Dayanımı (UCS) ile de yüksek ilintiyle tahmin edilebilmektedir. Elde edilen eşitliğin istatistiksel olarak güvenirliliği t ve F testleri yapılarak Çizelge 5.1' de verilmiştir. Buna göre Eşitlik 5.1 t ve F testlerinden geçmiş olup güvenilirdir.

Çizelge 5.1 Kayaçlar için elde edilen eşitliklerin güvenilirlik analizi.

Model	Bağımsız Değişkenler	Katsayı	Standart hata	Standart hata tahmini	Hesaplanan t-değeri	t-Tablo değeri	Hesaplanan F-değeri	F-Tablo değeri	Determinasyon katsayısı (R ²)
5.1	Sabit	12,074	0,754	0,001	16,024	±2,353	798,110	9,55	0,999
	OTB	6,473	0,234		27,683				
	UCS	-0,106	0,006		-16,979				
	AD	-0,057	0,011		-4,984				
5.2	Sabit	60,847	6,251	0,024	9,733	±2,353	41,627	9,55	0,984
	AD	-0,925	0,124		-7,436				
	BS	-0,772	0,124		-6,220				
	UCS	-0,308	0,028		-11,000				
5.3	Sabit	8,757	1,057	0,001	8,285	±2,132	132,404	7,71	0,989
	OTB	7,005	0,622		11,253				
	UCS	-0,083	0,012		-6,614				

6. SONUÇ

Bu çalışmada 6 adet beyaz renkli gerçek mermerlerin farklı işleme parametrelerinin farklı seviyelerde yüzey pürüzlülüğüne etkileri incelenmiş, yüzey kalitesinin en iyi değerleri için en uygun işleme parametreleri tespit edilmeye çalışılmıştır.

Kesme derinliği, kesme genişliği ve ilerleme hızı faktörlerinin en uygun seviyeleri belirlenerek, işleme performansı verimi yükseltilmiş, nihai ürünün yüzey kalitesi artırılmıştır. Çalışma sırasında kullanılan Taguchi deney tasarım yöntemi sayesinde zaman kaybı, malzeme israfı ve maliyeti minimuma indirilmiştir. Seçilen mermer numunelerinde, belirlenen parametre ve seviyelerde geçerli olmak üzere;

- Afyon Beyaz mermeri için 1 mm derinlik, 1 mm kesme genişliği ve 2500 mm/dk ilerleme hızında,
- Bursa Kemalpaşa Beyaz mermer için 2 mm derinlik, 1 mm kesme genişliği, 2500 mm/dk ilerleme hızında,
- Marmara Beyaz mermer için 1 mm derinlik, 1 mm kesme genişliği, 2500 mm/dk ilerleme hızında,
- Muğla Beyaz mermer için 1 mm derinlik, 1 mm kesme genişliği, 3000 mm/dk ilerleme hızında,
- Uşak Beyaz mermer için 1 mm derinlik, 1 mm kesme genişliği, 2000 mm/dk ilerleme hızında,
- Kütahya Beyaz için 1 mm derinlik, 1 mm kesme genişliği, 2000 mm/dk ilerleme hızında en düşük yüzey pürüzlülüğü değerleri ortaya çıkmıştır.

Yapılan çalışma sonucunda yüzey kalitesine kesme genişliği ve derinlik parametresinin etkisi ortaya çıkmıştır. Tüm numunelerde en iyi yüzey pürüzlülüğü 1 mm kesme genişliğinde elde edilmiştir. İkinci etkili faktör ise derinlik parametresidir. İşleme derinliği ve kesme genişliği arttıkça yüzey kalitesinin düştüğü görülmüştür.

CNC ile işlenebilirlikte mermerlerin sahip oldukları kristal yapıları ve tane boyutları en iyi yüzey kalitesini elde edebilmek için uygulanan işleme parametrelerinin belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır.

Kayaçlar için optimum çalışma koşullarında yapılan yüzey işleme sonrasında elde edilen en düşük yüzey pürüzlülük (R_a) değerleri ile mermerlerin OTB değerleri arasında doğrusal bir ilişki görülmüştür. Kayacı oluşturan minerallerin dokusal özelliklerinin ve tane boyutlarının artışının yüzey pürüzlülüğünü de artırdığı düşünülmektedir.

Bu çalışmada örneklenen kayaçlarda geçerli olmak üzere elde edilen regresyon sonuçlarına göre; CNC ile yüzey işlemede, yüzey pürüzlülüğü mermerlerin ortalama tane büyüklüğü, tek eksenli basınç dayanımı, aşınma dayanımı ve eğilme dayanımından etkilenmektedir. Özellikle mermerlerin ortalama tane boyutu (OTB) artması yüzey pürüzlülüğünü oldukça arttırmaktadır. Ayrıca, yüz pürüzlülüğü ile tek eksenli basınç dayanımı, aşınma dayanımı ve eğilme dayanımı arasında da ters ilişki olduğu da anlaşılmaktadır. Ancak, aşınma dayanımının yüz pürüzlülüğü ile çok kuvvetli bir ilişkisi olduğu söylenemez.

Mermerlerin yüzey pürüzlülüğü ile kayaçların fiziksel, mekanik ve mineralojik özellikleri arasındaki iltelerin saptanması için yapılan bazı regresyon eşitliklerinin (5.1-5.3), istatistiksel olarak güvenilirliği saptamak için yapılan t ve F testlerinden (Çizelge 5.1) geçmiş olup güvenilirdir.

7. KAYNAKLAR

- Alauddin, M., El Baradie, M.A. and Hashmi M.s.J. (1995). Computer-aided analysis of a surface-roughness model for end milling. *Journal of Materials Processing Technology*, **55**:123-127.
- Akkurt, M. (2012), Talaş Kaldırma Bilimi ve Teknolojisi CNC Takım Tezgâhları ve Üretim Otomasyonu. Birsen Yayıncılık, 2. Baskı, İstanbul, Türkiye.
- Aksulu, M., Ganioglu, O. ve Yardayan, T. (2011). Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümleri ve Yüzey Pürüzlülüğü Parametreleri. TMMOB Makina Mühendisleri Odası IV. Ulusal Ölçüm Bilim Kongresi, Eskişehir, 25-26 Ekim, 184-195.
- Arafat, M. (2009). CNC Delme İşleminde Delme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğü Açısından Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Asiltürk, İ., Akkuş, H. (2011). Determining the Effect of Cutting Parameters on Surface Roughness in Hard Turning Using the Taguchi Method Article *in Measurement*, **44**:1697-1704.
- Asiltürk, I. and Neşeli, S. (2012). Multi response optimisation of CNC turning parameters via Taguchi method-based response surface analysis. *Measurement*, **45**: 785-794.
- Ay, M. ve Kalyon, A. (2011). CNC torna tezgâhında 17-4 PH paslanmaz çeliğin işleme parametrelerinin deneysel olarak belirlenmesi. 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), Elazığ, 16-18 Mayıs, 197-201.
- Aydın, M. E. (1994). Taguchi Metodu ve Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Üretim Ana Bilim Dalı, İstanbul.
- Bağcı, E. (2010). Serbest Formlu Yüzeylere Sahip Parçaların CNC Frezeleme İle İmalatında Tolerans ve Yüzey Pürüzlülük Değerlerinin İyileştirilmesi İçin Kesme Parametreleri ve Stratejilerinin Optimizasyonu. Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Baynal, K., Gencel, İ. (2006). Soğuk Çekme Prosesinde Ürün Yüzey Pürüzlülük (Ra)En İyilenmesinde Taguchi Yönteminin Uygulanması.Yöneylem Araştırma Endüstri Mühendisliği XXVI Ulusal Kongresi, Kocaeli, 3-5 Temmuz, 693-697.

- Benardos, P.G., Vosniakos, G.C. (2002). Prediction of surface roughness in CNC face milling using neural networks and Taguchi's design of experiments. *Robot Cim-int Manuf*, 18: 343–354
- Çakır, M.C. (2010). Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri. Dora Yayıncılık, 2. Baskı, Bursa, Türkiye.
- Çelik, Y. H. ve Özek, C. (2011). CNC plazma ile kesmede işleme parametrelerinin kesme kalitesine etkisinin araştırılması. 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), Elazığ, 16-18 Mayıs, 65-70.
- Dadkhah, D., Navarchian, A.H. and Aref, L. (2014). Application of Taguchi Method to Investigate the Drug Release Behaviour of Poly (Acrylamide-co-Maleic Acid)/Montmorillonite Nanocomposite Hydrogels. *Advances in Polymer Technology*, 33: 21426, 1-9.
- Fratila, D., Caizar, C. (2011). Application of Taguchi method to selection of optimal lubrication and cutting conditions in face milling of AlMg3. *Article in Journal of Cleaner Production*, 19: 640-645.
- Ferah, M. (2003). Çok yanıtlı Taguchi deneysel tasarım metodu ve alüminyum sanayinde bir uygulama. *SAU Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7: 61-69.
- Fowlkes, W. Y. and Creveling, C.M. (1995). Engineering methods for robust product design: Using Taguchi methods in technology and product development. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Ghani, A.J., Choudhuri, I., Hassan, H. H. (2004). Application of Taguchi method in the optimization of end milling parameters. *Article in Journal of Materials Processing Technology*, 145: 84-92.
- Gürer, C., Akbulut, H. ve Çetin, S. (2007). Afyonkarahisar şehir içi kaplamalarında kullanılan agregaların kayma direnci özelliklerinin araştırılması. *Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 13: 129-134.
- Hamzaçebi, C., Kutay, F. (2003). Teknoloji. Jul-Dec, Cilt. 6 Sayı 3/4, s7-17.
- Hamzaçebi, C. (2000). Kalite yönetiminde Taguchi felsefesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Horozoğlu, E. (2013). Görüntü İşleme İle Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü ve Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Kağnıcıoğlu, C. H. (1998). Üretim Öncesi Kalite Kontrolünde Taguchi Yöntemi ve Kükürtdioksit Giderici Sitrata Yöntemine Uygulanması. Doktora tezi, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Kara, V. (2012). Taguchi Metodu Yardımıyla, GS 24MN5 N Malzemenin Frezeleme Operasyonunda, İşleme Parametrelerinin Yüzey Kalitesine Etkisinin Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- Karagöz, Ü. (2011). CNC ile İşlemede Ahşap Malzemenin Yüzey Kalitesini Etkileyen Faktörler. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, **11**: 18-26.
- Köksoy, O. (2001). Taguchi ve Cevap Yüzey Felsefelerinin Birleştirilmesi: Problem ve Çözüm Stratejileri. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Majdzadeh-Ardakani, K., Navarchian, A.H. and Sadeghi, F. (2010). Optimization of mechanical properties of thermoplastic starch/clay nanocomposites. *Carbohydrate Polymers*, **79**: 547-554.
- Meral, G., Sarıkaya, M. ve Dilipak, H. (2011). Delme işlemlerinde kesme parametrelerinin Taguchi yöntemiyle optimizasyonu. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **27**: 332-338.
- Negrete, C. C. (2013). Optimization of cutting parameters for minimizing energy consumption in turning of AISI 6061 T6 using Taguchi methodology and ANOVA. *Journal of Cleaner Production*, **53**:195–203.
- Okutan, E.G. (1995). Deneysel tasarımın taguchi yöntemleri ile karşılaştırılması ve uygulamalar. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Önsel, İ. E. (2014). Kaya Kütlesindeki Süreksizliklerin Pürüzlülük Ölçümleri İçin Objektif Yöntemlerin Geliştirilmesi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Öz, O. (2018). Doğal taşların cnc makinesi ile işlenmesinde taguchi deney tasarımı yöntemi uygulanarak yüzey kalitesinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Özlü, B., Demir, H. ve Nas, E. (2014). CNC tornalama işleminde yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerine etki eden parametrelerin matematiksel olarak modellenmesi. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, **3**: 75-86.
- Pınar, A. M. ve Güllü, A. (2010). Sayısal denetimli hidrolik pozisyonlama sisteminin Taguchi metodu ile optimizasyonu. *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*. **25**: 93-100.
- Ross, P.J. (1998). The role of Taguchi Methods and Design of Experiments in QFD. Quality Progress.
- Ranjit, K.R. (1990). A primer on the Taguchi method: Van Nostrand Reinhold.
- Sarıışık, G. ve Özkan, E. (2016). Bilgisayar Kontrollü Makine (CNC) ile Mermerlerin İşlenebilirliğinde Kesme Kuvveti ve Spesifik Enerjinin Belirlenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*. **16**: 420-430.
- Sarıışık, G. ve Özkan, E. (2017). Mermerlerin CNC Makinesi ile İşlenmesinde Kesme Kuvvetleri ve Spesifik Kesme Enerjisinin İstatistiksel Analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi-Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*. **19**: 178-193.
- Sarıcı, D. E. (2011). Akçadağ (Malatya) Batısındaki Eosen Yaşlı Mermerlerin Optimum İşleme Koşullarının Belirlenmesi. Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- Şanyılmaz, M. (2006). Deney Tasarımı ve Kalite Geliştirme Faaliyetlerinde Taguchi Yöntemi ile Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- Şirvancı, M. (1997). Kalite İçin Deney Tasarımı Taguchi Yaklaşımı. Literatür yayıncılık, 1. Baskı, İstanbul, Türkiye.
- Taylan, D. (2009). Taguchi Deney Tasarımı Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Turhal, Ç. Ü., Düğüncü, S., Dener, G. (2015). Mermer Plakalarında Görüntü İşleme

Teknikleri ile Yüzey Pürüzlülüğünün Değerlendirilmesi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*.1:9-17.

Yıldırım, S. (2011). Ürün Tasarımı Geliştirilmesi: Taguchi Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Nazmiye Tuğral
Doğum Yeri ve Tarihi : Merzifon, 1979
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (e-posta) : nazmiyetugral@gmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Isparta Şehit Ali İhsan Kalmaz Lisesi (1993-1994)
Lisans : Süleyman Demirel Üniversitesi, Jeoloji
Mühendisliği, (1996-2000)
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri
Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı,
(2015-2019)

Çalıştığı Kurum ve Yıl : Eminoğlu Mermer / 2000-2001
Temmer Mermer / 2001-2002
Karamahmet Mermer / 2003-2005
Sinerji OSGB / 2013-2014
Aktif OSGB / 2014