

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BULANIK İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL TEKNİĞİ İLE BİMS  
HAFİF YAPI MALZEME ÜRETİMİNİN ANALİZİ**

**Kader KAPLAN GÖZTOK**

**Yüksek Lisans Tezi  
İnşaat Mühendisliği  
Anabilim Dalı  
Prof. Dr. Metin UÇURUM  
2019**

T.C.  
BAYBURT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BULANIK İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL TEKNİĞİ İLE BİMS HAFİF  
YAPI MALZEME ÜRETİMİNİN ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kader KAPLAN GÖZTOK

Danışman: Prof. Dr. Metin UÇURUM  
İkinci Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Akın ÖZDEMİR

BAYBURT  
Temmuz - 2019

## KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Prof. Dr. Metin UÇURUM danışmanlığında, 152004019 numaralı Kader KAPLAN GÖZTOK tarafından hazırlanan “BULANIK İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL TEKNİĞİ İLE BİMS HAFİF YAPI MALZEME ÜRETİMİNİN ANALİZİ” başlıklı bu çalışma 03/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

**Başkan** : Prof. Dr. Metin UÇURUM

İmza: 

**Jüri Üyesi** : Doç. Dr. İlker TEKİN

İmza: 

**Jüri Üyesi** : Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YILMAZ

İmza: 

**Jüri Üyesi** : Dr. Öğr. Üyesi Akın ÖZDEMİR


İmza: 

**Jüri Üyesi** : Dr. Öğr. Üyesi H. Süleyman GÖKÇE

İmza: 

Bu tezin Bayburt Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

04 / 07 / 2019

  
Prof. Dr. Metin UÇURUM

Enstitü Müdürü V.

## TEZ BİLDİRİMİ

Bu tez içindeki bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu ve bu çalışmada şahsıma ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

(İmza)

Kader KAPLAN GÖZTOK

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### **BULANIK İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL TEKNİĞİ İLE BİMS HAFİF YAPI MALZEME ÜRETİMİNİN ANALİZİ**

Kader KAPLAN GÖZTOK

Bayburt Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Metin UÇURUM  
İkinci Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Akın ÖZDEMİR

İstatistiksel Proses Kontrolü (İPK), üretim çıktılarının ürün özelliklerini belirlenen kalite aralıklarında yapılmasını kontrol eden, sağlayan ve standart dışı üretimin önüne geçmede mühendislerin kullandığı en önemli matematik esaslı bir araçtır. Ancak konvansiyonel İPK'nın yetersiz kaldığı durumlarda bu yetersizliği gidermek amacıyla, bulanık küme teorisinden yararlanılan daha hassas istatistiksel proses kontrolüne imkan veren bulanık istatistiksel proses kontrol yaklaşımları geliştirilmiştir. Bu çalışmada, bir hafif yapı malzemesi olan Bims'in üretim sürecin kontrol altında olup olmadığının belirlenmesinde bulanık istatistiksel proses kontrol tekniklerinden yararlanılarak elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

**2019, 82 sayfa**

**Anahtar kelimeler:** Hafif yapı malzemesi, Bims, Kalite Kontrol, Bulanık istatistiksel proses kontrol

## **ABSTRACT**

MS Thesis

### **ANALYSIS OF PUMICE BRICK LIGHT BUILDING MATERIAL PRODUCTION WITH FUZZY STATISTICAL PROCESS CONTROL TECHNIQUE**

Kader KAPLAN GÖZTOK

Bayburt University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Civil Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Metin UÇURUM  
Co-Supervisor: Asst.Prof. Dr. Akın ÖZDEMİR

Statistical Process Control (SPC) is the most important a math-based tool used by engineers to control non-standard production and to ensure that production outputs are performed at specified quality ranges. However, in cases where conventional SPC is inadequate, fuzzy statistical process control approaches have been developed which enable more precise statistical process control using fuzzy set theory. In this study, fuzzy statistical process control techniques have been used to determine whether Bims, a lightweight construction material with fuzzy observation values, is under control of the production process.

**2019, 82 Pages**

**Keywords:** Lightweight construction material, Bims, Quality Control, Fuzzy statistical process control

## TEŞEKKÜR

Bu alıőmanın oluşması s¼recinde bilgilerinden s¼rekli yararlandığım, zamanını esirgemedен çalışmanın őekillenmesine y¼n veren, danıőmanım Prof. Dr. Metin UÇURUM'a, ikinci danıőmanım Dr. Öğretim Üyesi Akın ÖZDEMİR'e ve tüm hayatım boyunca dualarıyla her zaman yanımda olan aileme ve çalıőmam sırasında gösterdiği sabır, sevgi ve destek nedeniyle eőime sonsuz teőekk¼rlerimi sunarım.

Kader KAPLAN GÖZTOK

Temmuz/2019

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>iii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iv</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>x</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. POMZA</b> .....	<b>2</b>
2.1 Pomza Oluşumu ve Maden Yatakları .....	3
2.2 Pomzanın Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri .....	6
2.3 Pomza'nın Kullanım Yerleri .....	11
2.4 Pomza Üretimi .....	14
<b>3. BİMS</b> .....	<b>15</b>
3.1 Bims Özellikleri .....	16
3.2 Bims Üretimi .....	17
3.3 Bims'in Mekanik ve Fiziksel Özellikleri .....	23
<b>4. İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL (İPK) VE GELENEKSEL KONTROL DİYAGRAMLARI VE SÜREÇ YETERLİLİK ANALİZİ</b> .....	<b>26</b>
<b>5. BULANIK MANTIK VE BULANIK KONTROL DİYAGRAMI VE BULANIK SÜREÇ YETERLİLİK ANALİZİ</b> .....	<b>32</b>
5.1 Üçgensel Bulanık Sayı .....	34
5.2 Yamuk Bulanık Sayı .....	35



<b>6. MATERYEL VE METOT</b> .....	37
6.1 Materyal .....	37
6.2 Metot .....	37
<b>7. BULGULAR</b> .....	<b>41</b>
<b>8. SONUÇLAR</b> .....	<b>75</b>
<b>KAYNAKLAR</b> .....	<b>77</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>82</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Asidik karakterli pomza taşı .....	4
Şekil 2.2 Bazik karakterli pomza taşı .....	5
Şekil 2.3 Volkanik malzeme potansiyeli açısından önem arz eden alanlar .....	5
Şekil 2.4 Türkiye'deki volkan ve volkanik alanların genel olarak adlandırılmaları....	6
Şekil 2.5 İllere göre pomza rezerv dağılımı .....	6
Şekil 2.6 Pomza agrega örneğinin poroz yapısının görünümü .....	11
Şekil 2.7 Pomzanın işaat sektöründe yaygın olarak kullanılmasının nedenleri .....	14
Şekil 2.8 Pomza hammaddesinin ocaktan üretilmesi .....	15
Şekil 3.1 Tam otomasyonlu bimsblok üretim tesisinin akım şeması .....	19
Şekil 3.2 Yarı otomasyonlu Bimsblok üretim sistemi sembolik görünümü .....	20
Şekil 3.3 Pomzanın kamyonlar ile fabrikaya getirilmesi .....	20
Şekil 3.4 Agregaya haline dönüştürülmüş pomza .....	21
Şekil 3.5 Bims mikser karışım aşaması .....	21
Şekil 3.6 Bims üretim aşaması .....	23
Şekil 3.7 Bimsbloklarının raflara yerleştirilmesi .....	22
Şekil 3.8 Yaş bims priz kamaralarında stoklanması .....	23
Şekil 3.9 Bimsblok üretiminde bilgisayar otomasyonu .....	23
Şekil 3.10 Hafif Betonların Sınıflandırılması .....	24
Şekil 3.11 Pomza Taşı ile Üretilen Hafif Betonlarda Basınç Dayanımı ile Birim Ağırlık Arasındaki İlişkisi .....	25
Şekil 4.1 İPK uygulamasında kullanılan klasik kontrol sistemi .....	28
Şekil 5.1 $N=(1.2/2/2.4)$ üçgensel bulanık sayısını grafiği .....	34
Şekil 5.2 $M=(1.2/2, 2.4/2.7)$ yamuk bulanık sayısını grafiği .....	35
Şekil 5.3 $P \approx(1.2/2/2.4)$ üçgensel şekilli bulanık sayısını grafiği .....	35
Şekil 6.1 10x39x19 cm (a), 15x39x19 cm (b) ve 19x39x19 cm (c) .....	37
Şekil 7.1 Anderson-Darling normallik testi .....	42

<b>Şekil 7.2</b> Bulanık X-bar değerleri için her numunenin üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonları .....	45
<b>Şekil 7.3</b> Bulanık R-bar değerleri için her numunenin üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonları .....	48
<b>Şekil 7.4.</b> Üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonları (a) $\check{\mu}$ ; (b) $\check{\sigma}$ ; (c) $\check{C}_p$ ; (d) $\check{C}_{pu}$ ; (e) $\check{C}_{pl}$ .....	52
<b>Şekil 7.5</b> Normallik çizgisi .....	54
<b>Şekil 7.6</b> Bulanık X-bar değerleri için her numunenin üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonları .....	57
<b>Şekil 7.7</b> Bulanık R değerleri için her numunenin üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonları .....	59
<b>Şekil 7.8</b> Üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonları (a) $\check{\mu}$ ; (b) $\check{\sigma}$ ; (c) $\check{C}_p$ ; (d) $\check{C}_{pu}$ ; (e) $\check{C}_{pl}$ .....	63
<b>Şekil 7.9</b> Anderson-Darling normallik testi .....	65
<b>Şekil 7.10</b> Bulanık X-bar değerleri için her numunenin üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonları .....	68
<b>Şekil 7.11</b> Bulanık R değerleri için her numunenin üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonları .....	71
<b>Şekil 7.12</b> Üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonları (a) $\check{\mu}$ ; (b) $\check{\sigma}$ ; (c) $\check{C}_p$ ; (d) $\check{C}_{pu}$ ; (e) $\check{C}_{pl}$ .....	74

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Pomza'nın Genel Kimyasal Bileşimi.....	8
Çizelge 2.2 Ülkemizdeki pomza kayaçlarının genel fiziksel özellikleri.....	9
Çizelge 2.3 Ülkemizdeki pomza kayaçlarının genel kimyasal özellikleri.....	10
Çizelge 2.4 Pomzanın kullanım alanlarına göre oransal dağılımı .....	13
Çizelge 2.5 Pomzanın genel kullanım alanları .....	13
Çizelge 4.1 Farklı Numune Büyüklükleri için $A_2$ , $d_2$ , $D_3$ ve $D_4$ değerleri .....	30
Çizelge 4.2 $C_p$ ve $C_{pk}$ indislerinin karar noktaları .....	31
Çizelge 4.3 Sürekli değişkenler için kontrol şemaları .....	31
Çizelge 6.1 Hafif yapı malzemelerin Brüt Hacim Ağırlıkları ( $\text{kg}/\text{dm}^3$ ) için spesifikasyonlar.....	40
Çizelge 7.1 10x39x19 cm Bims'in birim hacim ağırlıkları ( $\text{kg}/\text{dm}^3$ ).....	41
Çizelge 7.2 10x39x19 cm Bims'in ÜBS olarak gözlem değerleri .....	43
Çizelge 7.3 10x39x19 cm Bims ürünleri için ortalama ve değişim aralığı değerleri ile kontrol sonuçları.....	44
Çizelge 7.4 Kontrol limitleri $\bar{\bar{X}}$ ve $\bar{R}$ için sonuçları göstermektedir .....	51
Çizelge 7.5 $\bar{\mu}$ , $\bar{\sigma}$ , $\check{C}_p$ , $\check{C}_{pu}$ ve $\check{C}_{pl}$ değerleri.....	52
Çizelge 7.6 15x39x19 cm Bims ürünlerine ait brüt birim hacim ağırlık ( $\text{kg}/\text{dm}^3$ ) verileri .....	53
Çizelge 7.7 15x39x19 cm Bims ürünlerinin brüt birim hacim ağırlıklarının üçgen bulanık değerlere dönüştürülmesi .....	55
Çizelge 7.8 Her numunenin süreç durumu ile birlikte süreç ortalama ve aralık değerlerinin sonuçları.....	56
Çizelge 7.9 Kontrol limitleri $\bar{\bar{X}}$ ve $\bar{R}$ için sonuçları göstermektedir .....	62
Çizelge 7.10 $\bar{\mu}$ , $\bar{\sigma}$ , $\check{C}_p$ , $\check{C}_{pu}$ ve $\check{C}_{pl}$ değerleri.....	62
Çizelge 7.11 19x39x19 cm Bims'in brüt hacim ağırlıkları ( $\text{kg}/\text{dm}^3$ ).....	64

<b>Çizelge 7.12</b> 19x39x19 cm Bims ÜBS olarak gözlem değerleri.....	66
<b>Çizelge 7.13</b> Ortalama ve değişim aralığı değerleri ile kontrol sonuçları .....	67
<b>Çizelge 7.14</b> Kontrol limitleri $\bar{X}$ ve $\bar{R}$ için sonuçları göstermektedir .....	73
<b>Çizelge 7.15</b> $\check{\mu}$ , $\check{\sigma}$ , $\check{C}_p$ , $\check{C}_{pu}$ ve $\check{C}_{pl}$ değerleri.....	74

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

C	Santigrat
cal	Kalori
cm	Santimetre
cm <sup>2</sup>	Santimetre Kare
cm <sup>3</sup>	Santimetre Küp
dB	Desibel
dm	Desimetre
dm <sup>3</sup>	Desimetre Küp
g	Gram
kg	Kilogram
mm	Milimetre
mm <sup>2</sup>	Milimetre Kare
m <sup>3</sup>	Metreküp
Mk	Metre Kelvin
K	Kelvin
N	Newton
W	Watt
%	Yüzde
°	Derece

### Kısaltmalar

A.B.D	Amerika Birleşik Devletleri
ASL	Alt Spesifikasyon Limitini
AKL	Alt Kontrol Limiti
M.S.	Milattan Sonra
İPK	İstatistiksel Proses Kontrol

SL	Spesifikasyon limitleri
ÜSL	Üst Spesifikasyon Limitini
ÜKL	Üst Kontrol Limiti
OD	Orta Değer
ÜBS	Üçgen Bulanık Sayılar
TS	Türk Standardı

## 1. GİRİŞ

İnsanoğlunun yapı malzemesi konusundaki araştırmaları hız kesmeden devam etmektedir. Son yıllarda inşaat sektöründe birim hacim ağırlığının düşük olmasının sağladığı avantajların yanı sıra özellikle ısı ve ses yalıtımında çözümler sunan Bims ürünleri gün geçtikçe önemini artırmaktadır.

Hemen hemen her ürünlerin satışlarında müşterilerin istediğı spesifikasyonlarda üretim yapılabilmesi ve bunun sürekli kılınabilmesi günümüz işletmelerin temel anlayışı ve hedefi haline gelmiştir. Üretim proseslerinde belli aralıklarla ortam koşulları, değışen hammadde özellikleri gibi bazı nedenlerden dolayı ürünlerin kalite parametreleri üzerinde değışiklikler olabilmektedir. Bu amaçla, “Kalite Kontrol” çalışmaları bütün üretim esaslı fabrikalarda hız kazanmış durumdadır. Bu nedenle günümüzde işletmeler, İstatistiksel Proses Kontrol (İPK) tekniklerinden faydalanmaktadır. İPK, modern istatistiksel teknikleri kullanarak prostedeki değışiklikleri kontrol etmek ve azaltmak için kullanılan en etkili yöntemlerdendir.

Kontrol diyagramları, süreçten alınan örnek ürünlerin parametre değışlerinin hassas olarak alınamaması gibi bazı durumlarda İPK teknikleri yetersiz kalabilmektedir. Bu yetersizliği gidermek amacıyla, bulanık küme teorisinin kullanıldığı, daha hassas istatistiksel süreç kontrolü sağlayan bulanık kontrol diyagramları yani Bulanık İstatistiksel Proses Kontrol Teknikleri geliştirilmiştir.

Bu yüksek lisans tezi, inşaat sektörünün vazgeçilmez hafif yapı malzemesi olan Bims üretiminin “Kalite Kontrolü” üzerine bir çalışmayı içermektedir. Bu amaçla, bir Bims fabrikasında kalite parametresi olarak birim hacim ağırlığı ( $\text{kg/dm}^3$ ) verileri kullanılarak olabilecek ölçüm, tartım vs. hataların minimize edilmesi için Bulanık İstatistiksel Proses kontrol tekniğı tercih edilmiştir.



## 2. POMZA

Pomza terimi farklı dillerde farklı isimler altında anılmaktadır. Örneğin Fransızcada 'Ponce' olarak geçerken, İngilizcede orta tanelilere 'Pumice', ince taneli olanlara da 'Pumicite' ismi verilmektedir. Almanca dilinde daha farklı olarak iri taneli malzemelere 'Bimstein', küçük taneli ürünlere 'Bims' denilmektedir. Türkçede ise özellikle piyasada ve halk dilinde çok farklı isimler kullanılmakta olup bunlardan bazıları 'süngertaşı', 'nasır taşı', 'topuk taşı', 'haşırtısı', 'kısır'dır. Pomza, volkanik olaylar neticesinde meydana gelmiş, fiziksel ve kimyasal parametrelere karşı dayanıklı, gözenekli, yüksek silis içerikli volkanik bir kayadır. Başka bir deyişle, pomza çok poroz bir yapıya sahip olan volkanik cam taşıdır. Ortalama ergime noktası olarak 1343°C olup 760°C'nin altında herhangi bir hacimsel değişiklik göstermezler. (Akarsu, 1999; Anonim, 1996).

Pomza görünüşünden de anlaşılacağı üzere geniş bir şekilde gaz boşluklarından oluşmaktadır. Meydana gelmesi esnasında, yapısındaki gazların, hızlı bir şekilde ortamdaki uzaklaşması ve ani soğuma ile birlikte pomzanın yapısında makro boyuttan mikro boyuta kadar sayısız gözenek oluşmuştur. Mikro gözenekler daha yoğun ve bağlantısız boşlukların olması nedeni ile geçirgenliği düşük olmakla birlikte ses ve ısı yalıtımı oldukça iyidir. Pomza, kendine özgü jeolojik yapısı nedeni ile perlit ve pekştayn (katran taşı) gibi benzer volkanik camı kayaçlardan farklılıklar ortaya koyar. (Anonim, 1996; Bimsblok Ltd. Şti, 2013).

Eski dönemlerde özellikle Roma duvarlarının inşaatında, su kanallarında ve daha inşaat esaslı yapılarda kullanıldığı görülmektedir. Ayrıca Amerika Birleşik Devletlerinin California bölgesinde 1851 yılından beri inşaat işlerinde kalıplaştırılmış pomza kullanıldığı bilinmektedir. Söz konusu tarihten 1963 yılına kadar A.B.D.'deki

pomza endüstrisi 15 eyalette 103 işletmeye kadar genişlemiştir (Bimsblok Ltd. Şti, 2013; StephenBlock Machine Company, 2015).

Pomza puzolanik (saf halde herhangi bir bağlayıcılık özelliği olmayan veya bağlayıcılığı çok düşük olan, ancak ince taneli forma getirildiğinde sulu ortamda kalsiyum hidroksitle buluştuğunda hidrolik bağlayıcılık özeliği gösteren silikalı ve alüminalı malzemeler) aktivitesinin yüksek olması nedeniyle puzolan ve portland çimentoları ile karıştırılarak A.B.D.'deki çeşitli inşaat yapılarında kullanılmıştır. Pomza inşaat endüstrisinde A.B.D.'de yaygın olarak kullanılmasına rağmen diğer ülkelerde pomza kullanımı sınırlı bir düzeyde kalmıştır. Almanya, II. Dünya Savaşından önce hafif bina yapım ünitelerinde sağlam bir dış ticarete sahip olmuştur. (Akarsu, 1999; Anonim, 1996).

## **2.1 Pomza Oluşumu ve Maden Yatakları**

Bilindiği üzere asidik magma bazik magma ile karşılaştırıldığında daha yüksek bir viskoziteye sahiptir. Bazik magmanın sıvı bir formda olduğu sıcaklıklarda asidik magma ise katı halde bulunur. Bu nedenle volkanik aktivitenin durduğu veya yavaşladığı dönemlerde magma akışı da durarak asidik kayaç ve kütleler meydana gelmiştir. Jeolojik olarak volkanik baca içinde tıkanma sonrasında doğal basınç meydana gelir ve bir volkanın genel aktivite karakteristiği oluşur. Basıncın yükselmesi ile birlikte asidik malzeme ile magma bünyesindeki erimiş gazlar büyük patlamalar halinde bacadan püskürmeye başlar ve ani basınç düşmesi doğal olarak ani genişmeleri de beraberinde getirir. Bu esnada bünyedeki uçucu bileşenlerin de çok hızlı bir şekilde ortamdaki uzaklaşması söz konusudur. Uçucu maddeleri ardından geride kalan erimiş küresel parçalar ise atmosferle temas eder etmez hızlı bir şekilde soğumaya maruz kalırlar. Bunun neticesinde ise pomza kayacı oluşur. Asidik ve Bazik karakterli pomza taşı görünümleri Şekil 2.1 ve Şekil 2.2'de verilmiştir. Burada pomza oluşumunda etkili olan faktörler;

- Ara süreler,
- Püskürme süresi,
- Magmadaki erimiş gaz miktarı,
- Magmanın ısısı,
- Püsküren malzemenin soğuma zamanıdır.

Bu oluşan pomza kayalarđı volkan bacalarđnđn etrafđndan itibaren geniş bir alana yayılmış ve depolanmış olup pomza yataklarđnđ meydana getirmişlerdir. Söz konusu pomza yatakları ise zaman içinde akarsular tarafından taşınarak uygun havzalarda birikip depolanmışlardır. Oluşan pomza yataklarında yüzde 1 ila 3 oranında andezit, trakit-andezit, bazalt, obsidyen gibi volkanik kayalarđ bünyesinde bulundurlar. (Akarsu, 1999; Anonim, 1996; Sur Bims A.ř., 2014).

Günümüzde ise renk yapısı ve genel görünümünü itibariyle bazı kayaç oluşumları, bu tip pomza kayacı ile karıřtırđlabilmektedir. Bundan dolayı, bazik özellik gösteren volkanik kayaların, tanımlamaları muhakkak kayacđn petrografisi ve mineralojisine göre yapılmaktadır. Bazik karakterli pomza taşına benzer kayaç grupları için, kayaçtan elde edilen ince kesit örnekleri üzerinde, yapısındaki mineraller ve matris yapı tanımlanarak ve gözenek olgusu da dikkate alınarak kayaç oluşumuna terminolojik olarak bir isim konulmalıdır (Gündüz, 1998; Gündüz vd, 2005).

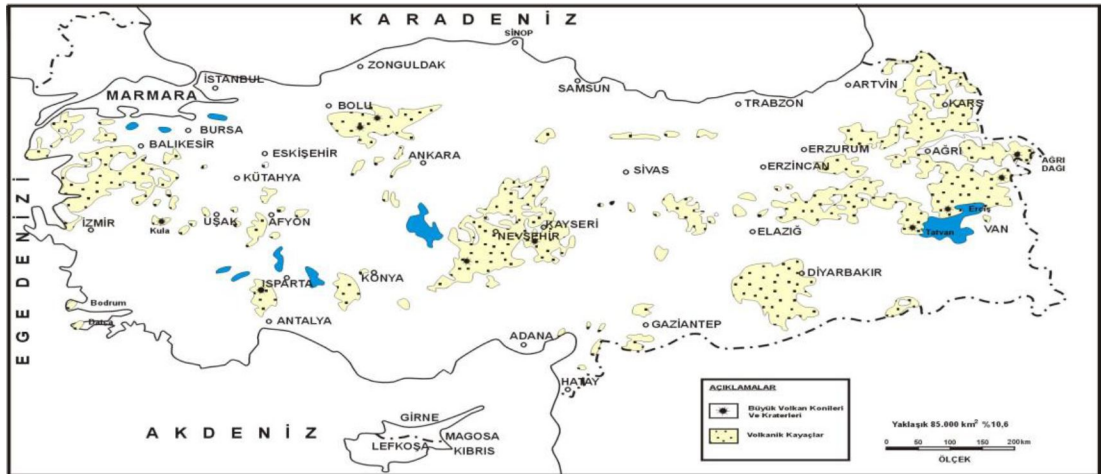


**şekil 2.1** Asidik karakterli pomza taşı (Gündüz, 1998)

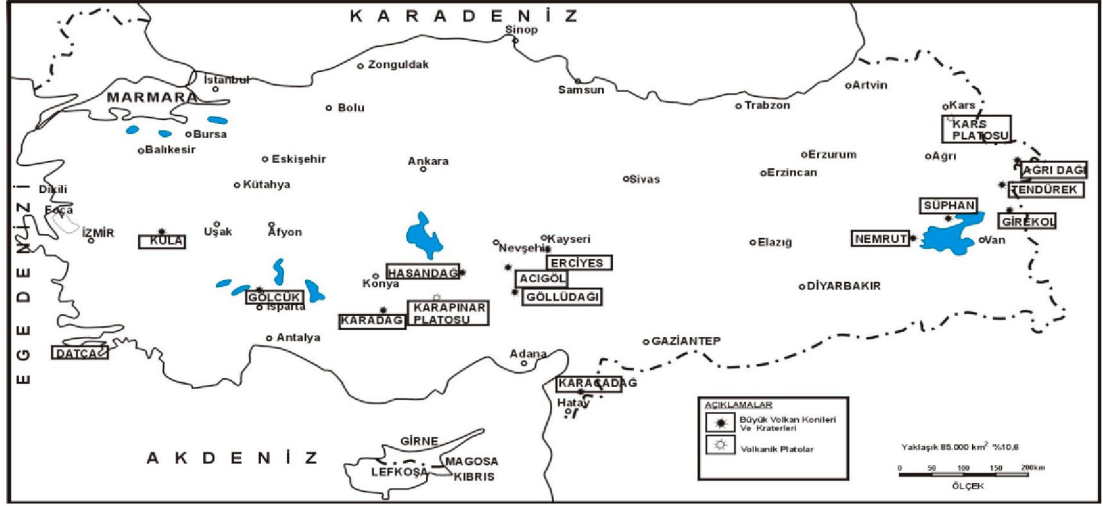


**Şekil 2.2** Bazik karakterli pomza taşı (Gündüz vd, 2005)

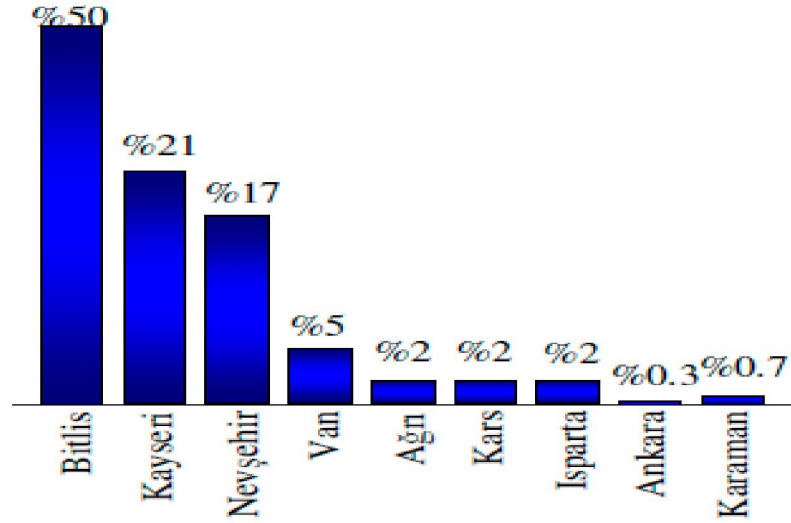
Ülkemiz bilindiği üzere yeraltı kaynakları açısından oldukça zengindir. 18 milyar m<sup>3</sup> civarında olan dünya pomza rezervinin yaklaşık %40 yani 7.4 milyar m<sup>3</sup> ile pomza da söz sahibi konumdadır. Bugün itibarı ile Türkiye de işletilen pomza sahaları içinde İç Anadolu bölgesi birinci sırayı almaktadır. Akdeniz ve Doğu Anadolu bölgeleri ise İç Anadolu bölgesini takip eden bölgelerdir. Türkiye’de volkanik malzeme potansiyel dağılımları Şekil 2.3 ve Şekil 2.4’te belirtilen bölgelerde yer almaktadır. Şekil 2.3 ve Şekil 2.4’te görülen bölgelerin hepsinde, ekonomiklik gösteren pomza oluşumları saptanamamıştır. Pomza kayaçlarının Türkiye dağılımı ise Şekil 2.5’te verilmiştir (Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, 2006).



**Şekil 2.3** Volkanik malzeme potansiyeli açısından önem arz eden alanlar (Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, 2006)



Şekil 2.4 Türkiye'deki volkan ve volkanik alanların genel olarak adlandırılmaları (Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, 2006)



Şekil 2.5 İllere göre pomza rezerv dağılımı (Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, 2006)

## 2.2 Pomzanın Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Volkanik bir cam yapısındadır. Genellikle açık renkli olup beyazdan kreme, mavi ve griye kadar değişen renklerden olmakla birlikte yeşil, kahverengi ve siyah renklerine de değişebilir. Asidik ve bazik karakterli volkanik faaliyetler sonucu oluşan; gözenekli bünyesinde kristal suyu barındırmayan, genellikle riyolit malzemesi içeren kayaç çeşididir. Asidik pomza; beyaz veya kirli beyaz renkte olup, doğada daha yaygın olarak bulunur ve yoğunluğu  $0.5-1 \text{ gr/cm}^3$  arasında değişebilmektedir. Bazik pomza ise yabancıların "Scoria" olarak adlandırdıkları, Türkçede ise bazaltik pomza olarak adlandırılan kahverengi, siyahımsı renkte olup, özgül ağırlığı  $1-2 \text{ gr/cm}^3$  dür. Volkanik

kökenli, gözenekli, slika esaslı ve camsı bir yapıya sahip olup hafif yapı elemanıdır (Bimsblok Ltd. Şti, 2013; StephenBlock Machine Company, 2015).

Pomzanın dünyada ve ülkemizde en yaygın olan kullanım alanı inşaat sektörüdür. Bununla birlikte dünyada pek çok endüstri alanının da temel hammadde kaynağı olmasına rağmen, ülkemizde tekstil sektörü haricindeki diğer endüstri alanlarında durum farklılık göstermektedir (Blok Bims A. Ş.,2018).

Teknolojik özellikleri ve birçok endüstriyel hammadde türüne göre değişik avantajları olan pomza (bims) taşı giderek artan bir biçimde, farklı endüstri dallarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Son yıllarda hafif yapı malzemelerine verilen önemin giderek artmasına paralel olarak, hammadde tüketiminde pomza taşı düşük birim hacim ağırlığı, yüksek ısı ve ses izolasyonu, kolay sıva tutması, iklimlendirme özelliği, mükemmel akustik özelliği, deprem yük ve davranışları karşısındaki elastikiyet ve alternatiflerine göre daha ekonomik oluşu gibi üstün ve tercihe dayalı özelliklerinden ötürü, inşaat ve yapı endüstrisinde geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Pomza taşı, yalnızca inşaat sektöründe değil, tarım, kimya ve tekstil sektörü, aşındırıcı sanayi gibi endüstri alanlarında da çok farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Ancak, pomza taşının kullanım kriterleri ve karakteristikleri, endüstri alanlarında uygulanabilirliği gibi konular üzerinde, ülkemizde deneysel ve gözlemsel incelemeler, pomza ile ilgilenen kuruluşlar tarafından, henüz yeterli düzeye gelememiştir. Bu sebepten, pomzanın önemli rezerv potansiyeline sahip bir endüstriyel hammaddemiz olmasından dolayı, üzerinde yeterli incelemenin yapılması ve kullanım alanlarının yaygınlaştırılması ile ülke ekonomisine yüksek oranda bir katma değer sağlanacağı düşüncesi kaçınılmazdır (Blok Bims A.Ş.,2018; StephenBlock Machine Company, 2015). Pomza da gözenekler teknik olarak incelendiğinde birbirleriyle bağlantılı bir yapı göstermezler. İçerdiği gözenekler mikro ve makro düzeyde çok farklı boyutlarda olabilmektedir. Mohs sertlik skalasına göre sertliği 5-6 aralığında seyretmektedir. Kimyasal olarak %75'e varan silis içeriği bulunabilmektedir. Pomzanın genel manada kimyasal bileşimi Çizelge 2.1'de gösterilmiştir (Köse, 1997).

**Çizelge 2.1** Pomza'nın Genel Kimyasal Bileşimi (Köse, 1997)

Bileşen	İçerik(%)
$Al_2O_3$ (Alüminyum oksit)	13-15
$SO_3$ (Sülfür trioksit)	Eser
$TiO_2$ (Titanyum oksit)	Eser
$SiO_2$ (Silisyum dioksit)	60-75
$Fe_2O_3$ (Demir oksit)	1-3
$MgO$ (Magnezyum oksit)	1-2
$Na_2O+K_2O$ (Sodyum oksit + Potasyum oksit)	7-8
$CaO$ (Kalsiyum oksit)	1-2
Cl (Klor)	Eser

Kayacın içerdiği  $SiO_2$  (Silisyum dioksit) oranı, kayaca abrasif (aşındırıcı) özellik kazandırmaktadır. Bu özelliği sayesinde çeliği çok rahat bir şekilde aşındırabilecek bir kimyasal yapı sahip olabilir.  $Al_2O_3$  (Alüminyum oksit) bileşimi ise ateşe ve ısıya yüksek oranda dayanma özelliği kazandırmaktadır.  $Na_2O + K_2O$  (Sodyum oksit + Potasyum oksit) tekstil sanayisinde reaksiyon tepkimeleri özelliği gösteren bileşimler olarak bilinir.  $Fe_2O_3$  (Demir oksit) pomzanın sertliğini düşürmektedir. Tuf ve yabancı maddelerin pomza içerisine karışması pomzada ki kaliteyi düşürmektedir (Özkan ve Tuncer, 2001).

TS 2823 (1977) standartlarına göre pomza; birbirine bağlantısız, boşluklu, sünger görümlü, silikat esaslı, birim hacim ağırlığı genellikle  $1 \text{ gr/cm}^3$  'ten küçük, camı dokuda volkanik bir doğal hafif agregadır. Pomza, uluslararası birçok endüstriyel alanda yıllardan beri kullanılmış volkanik altyapılı bir endüstriyel hammaddedir (Anonim, 1996; Sur Bims A.Ş., 2014).

Pomza taşı esaslı hafif yapı elemanlarının kullanımı bina yükünde önemli derecede hafifleme meydana getirmektedir. Bu bağlamda son yıllardaki kullanımında büyük artış olmasının nedeni pomza madeninin doğal yapısıyla, ses ve ısı izolasyon sağlayarak yüksek miktarda enerji tasarrufu sağlayan ve bunlarla eşdeğerde olan

gazbeton ve benzeri yapı elemanlarına kıyasla ekonomik olmasıdır. Bims taşının kırma, eleme ve boyutlandırma ile elde edilmiş farklı tane boyutlarındaki malzeme haline “bims agregası” adı verilmektedir. TS 1114 standardında öngörülen tabii hafif agrega tanımı; oluşması sırasında gözenekli bir yapı kazanan tuf, lav cürufu, bims, diatomit, sünger taşı vb. kırılmış veya kırılmamış agregalar olarak adlandırılmaktadır (Sur Bims A.Ş., 2014).

Kullanılabilir mekanların fazlaşmasıyla ısı ve ses yalıtımı için ikinci bir malzeme kullanımına ihtiyaç olmaması, donma çözülme ve ateşe dayanımlarının yüksek olması ve depreme dayanıklı olmaları gibi özelliklerinden dolayı, Bims tercih sebebi olmaktadır (Bimsblok Ltd. Şti, 2013).

Bims agregalarının yapısı incelendiğinde, gözeneklerin genellikle birbiriyle bağlantısız olduğu görülür. Kayaç yapısında bulunan gözeneklerin gözle görülebilecek boyutlardan, mikroskobik boyutlara kadar çok miktarda olup, her biri diğerinden genellikle camsı bir zarla yalıtılmış olduğu görülür. Bu nedenle hafif, yalıtım özelliği yüksek, suda uzun süre yüzebilen bir kayaç yapısındadır (Çizelge 2.2,Çizelge 2.3) (Gündüz, 1998; Sezgin vd, 2005).

**Çizelge 2.2** Ülkemizdeki pomza kayaçlarının genel fiziksel özellikleri (Sezgin vd, 2005)

Kristal Şekli	Amorf
Kristal Suyu	Yok
Sertlik (MOHS)	5,5 – 6,0
K.B Hacim Ağırlığı (gr/cm <sup>3</sup> )	0,32 – 0,97
Gerçek Özgül Ağırlığı (gr/cm <sup>3</sup> )	2,15 - 2,65
Porozite (%)	45 - 90
Rötre ( mm/m)	< 1
Isı İletkenlik Katsayısı (W/mK)	0,08 – 0,20
Isınma Isısı (cal /gr.°C)	0,24 – 0,28
Ses Yalıtımı (dB)	40 – 55
Su Emme (Ağırlıkça %)	30 – 70
Buhar Diffüzyon Katsayısı	5 – 10



### Çizelge 2.3 Ülkemizdeki pomza kayaçlarının genel kimyasal özellikleri

(Sezgin vd, 2005)

pH	7 – 7,3
Radyoaktivite	Yok
Suda Çözünen Madde Miktarı (Ağırlıkça %)	≤ 0, 15
Asitte Çözünen Madde Miktarı (Ağırlıkça %)	≤ 2,9
Uçucu Madde (Ağırlıkça %)	Yok
Alevlenme Derecesi (°C)	Yok
Ergime Derecesi (°C)	>900
Silisyum dioksit (SiO <sub>2</sub> )	52 – 75
Alüminyum oksit (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	11,0 – 17,0
Demir oksit (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0,5 – 5,0
Kalsiyum oksit (CaO)	1,0 – 8
Magnezyum oksit (MgO)	0,5 – 3
Sodyum oksit + Potasyum oksit (Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O)	3 – 9
Titanyum oksit (TiO <sub>2</sub> )	< 1
Sülfür trioksit (SO <sub>3</sub> )	< 1
Ateş Zaiyatı (A.Z.)	1 – 3

Pomza, köpürmüş magma kökenli çok gözenekli taş camı karakteristiği özelliğindedir. Bu bir strüktür kavramı olmakla birlikte belli bir taş cinsine bağlı değildir. Pomza, oluşum mekanizmasına bağlı olarak yuvarlak veya köşeli bir yapıda olabilir, tane boyutları çok geniş sınırlar arasında yer gösterebilir. Oluşum mekanizması ve daha sonraki süreçte geçirdiği evrelere bağlı olarak, pomza yataklarında %3 ile %55 arasında yabancı maddelerle karşılaşılabilir. Yabancı taş oluşumlarına “gang” malzeme adı da verilmektedir. Bir pomza yatağında, gang malzeme miktarının fazla bulunması, bu yataktan üretilecek pomza taşının kullanım yerine de bağlı olarak kalitesini düşürücü bir etkidir. Ancak, gerekli cevher zenginleştirme işlemleri, bir proses olarak uygulanarak, temiz ve saf pomza taşı elde edebilmek için pomza yatağından elde edilen tüvenan malzemedeki gang uzaklaştırılarak elde edilir. Pomzada gözenek hacimleri %85'e kadar çıkabilmektedir. Böylelikle, pomza tanesinin %85'inin boşluk, %15'inin de katı madde olması anlamına gelmektedir (Sezgin vd, 2005).

Pomza agregası örnekleri makroskopik özellikleri itibarıyla incelendiğinde, süngerimsi ve boşluklu yapıda olduğu görülür (Şekil 2.6). Agregası tanelerinde, yüksek orandaki gözeneklerin bir kısmı açık gözenek, bir kısmının da kapalı gözenek özellikte olduğu gözlenir. Mikroskopik olarak incelendiğinde ise, agregası yapısının volkanik cam

matriksinden oluştuğu görülür. Kayaç oldukça poroz bir yapıya sahip ve içerisindeki boşlukların dağılımları genel olarak homojendir. Boşlukların boyutları genellikle farklılık göstermekte, küçük, orta ve iri boyutlarda olabilmektedir. Kayaçtaki boşluklar belirli bir Őekle sahip olmayıp, iri boyuttaki boşluklar Őekilsiz ve belirli bir yönlenme gösterebilmektedirler. Bu yönlenme aynı yönde uzunlamasına bir dizilim Şeklinde gözlenebilir. Pomza kayağının içerisinde kristaller de bulunmaktadır. oğunluğu amfibol olmak üzere, biyotit, plajiyoklas, piroksenler ve opak mineraller gözlenmektedir. Kesitin bazı kısımlarında Amfibol kristallerinin kenar ve dilinimleri boyunca opaklaşmalarının olduğu gözlenebilmektedir. Kayaç içerisinde opak mineraller az miktarda olup Őekilsiz ve küçük boyutlu mineraller Şeklinde olabilmektedir. Bu durum pomza agregalarında genelde görülen yapısal durumu temsil etmektedir (Şener,1999).



**Şekil 2.6** Pomza agregası örneğinin poroz yapısının görünümü (scan elektron mikroskop ile) (Şener,1999)

### **2.3 Pomza'nın Kullanım Alanları**

Dünya pomza rezervlerinde önemli bir sıralamada olan Türkiye, 10'a yakın farklı renk ve doku kalitesinde pomza eşitleri ile oldukça yüksek bir pazar Őansına sahiptir. Pomzanın dünyada olduğu gibi ülkemizde de en yaygın kullanım alanı inşaat sektörüdür (izelge 2.4). Ayrıca, tekstil sektörünün dışında, diğer tüm alanlarda dünyada ki kullanımını ülkemiz açısından farklılık göstermektedir. Çünkü katma değerini daha yüksek ürünlerin kullanıldığı sektörlerin ülkemizde yeterince gelişmemiş olması

veya bu alanlarda yatırım yapılmamış olmasıdır. 2011 yılı verilerine göre pomzanın kullanım alanlarının sektör bazında dağılımı dünya ve ülkemiz açısından karşılaştırılmıştır. Pomza, çoğunlukla perlitin kullanıldığı sektörlerde kullanılabilir. İnşaat sektöründe, perlit gibi genleştirmek için enerji ve yatırım gerekmediğinden son yıllarda kullanımı hızla yaygınlaşmaktadır. Bu artışın tabii ki birçok nedeni vardır. Bunlar; kolay işlenebilir olması, ucuz bir hammadde olması, ses emici, ısı yalıtımı ve dengeleyici olması olarak söylenebilir (Şekil 2.7). Pomza normal kum ve çakılın 1/3 - 2/3'ü kadar yoğunluğa sahiptir. Aynı durum pomza ile yapılan betonlar için de söz konusudur. Pomza betonu normal betondan daha hafif olmasından kaynaklı işçilik ve zamandan tasarruf sağlamaktadır. Ayrıca temel mühendisliği açısından, temele itilen yükler dikkate alındığında yaklaşık %17 inşaat maliyetinin azaltabilmektedir. Ayrıca, pomzanın ısı iletkenlik katsayısına bakıldığında, normal betondan 6 kat daha fazla izolasyon sağladığı gözlemlenmiştir. Bu özelliği bakımından binalarda kullanımı büyük oranda enerji tasarrufu sağlamaktadır (Dinçer vd, 2015).

Pomza, günden güne yeni bir kullanım alanı bulmaktadır. Pumicite adı verilen ve bazen de volkan külü veya volkan tozu olarak adlandırılan ince taneli olanları ise çimentoda katkı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Pumicite, yüksek puzolonik aktivite göstermesinden dolayı bu alanda kullanım imkânı bulmuştur. Yapılan çalışmalarda kum ile yapılan sıvaya göre 2 kat fazla basınç dayanımına sahip olduğu ve yangından sonra kum sıvaya göre 5 kat fazla basınç dayanımı gösterdiği görülmüştür. Kum sıvaya oranla 3-4 kat ısı ve ses tasarrufu sağladığı tespit edilmiştir. Bu teknik üstünlüklerinin yanında hafif yapı elemanı olarak nakliyesi daha kolaydır. Pomzalı betonun normal betona kıyasla büyük bir avantajı da deprem yüklerine karşı daha elastik bir davranış sergilemesidir (Özkan ve Tuncer, 2001).

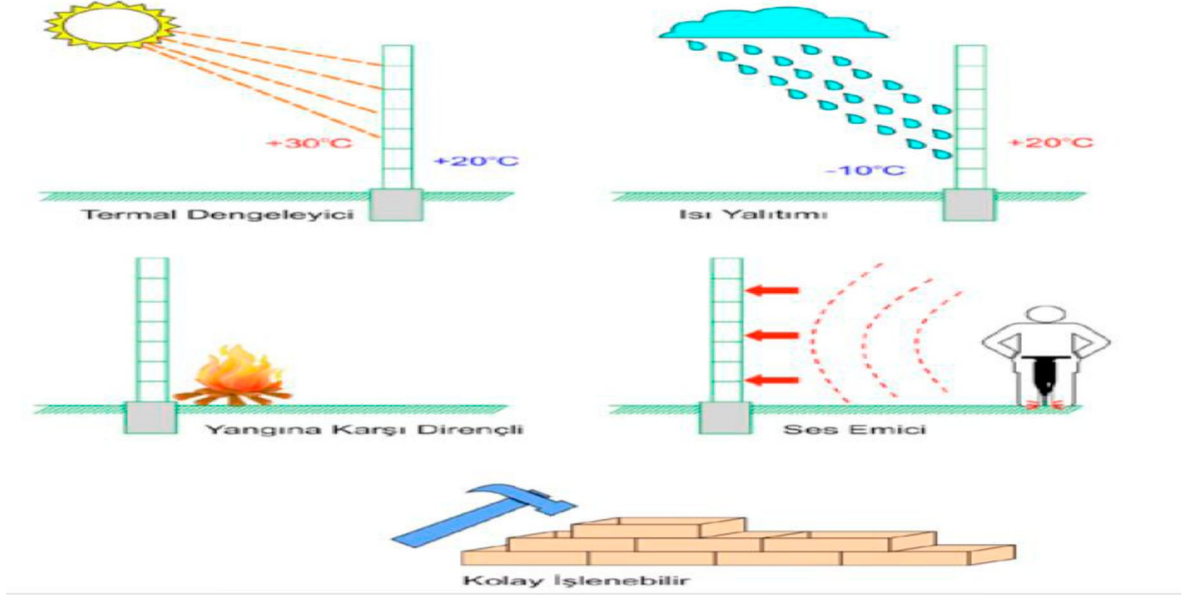
Gündüz ve diğ., (2005)'e göre bunlardan önemli olanları aşağıda Çizelge 2.5'de belirtilmektedir. Ülkemizde üretilen pomzanın büyük bir bölümü yurt içinde inşaat sektöründe kullanılırken, küçük bir oran ise tekstil, ziraat ve diğer endüstriyel sektörlerde kullanılmaktadır.

**Çizelge 2.4** Pomzanın kullanım alanlarına göre oransal dağılımı (Gündüz, 2005)

<b>Kullanım Alanı</b>	<b>Dünyadaki Kullanım (%)</b>	<b>Türkiye'deki Kullanım (%)</b>
Hafif yapı elemanı blok üretiminde	48	80
Hafif beton üretiminde	12	2
Yalıtım malzeme türevlerinin üretiminde	9	4
Ziraat sektöründe	12	6
Tekstil sektöründe	4	3
Kimya sektöründe	8	1
Diğer sektörlerde	7	4

**Çizelge 2.5** Pomzanın genel kullanım alanları (Gündüz, 2005)

<b>Temel Alan</b>	<b>Alt Alan</b>
İNŞAAT	1) Hafif Yapı Elemanları Üretimi
	2) Prefabrik Yapı Elemanları Üretimi
	3) Çatı ve Dekoratif Kaplama Elemanları
	4) Hafif Beton Üretimi
	5) Yalıtım Dolgusu
TEKSTİL	1) Renklerin Ağartılması
	2) Kumaşların Yumuşatılması
ZİRAAT	1) Toprak Islahında
	2) Topraksız Bitki Yetiştiriciliği
	3) Su Besini Kısıtlı Alanlarda Pomza Kullanımı
KİMYA	1) Abrasif olarak pomza üretimi
	2) Kozmetik Endüstrisinde pomza kullanımı
	3) Sabun ve Deterjan Üretiminde
	4) İliç Sanayisinde
	5) Katalizör Olarak Kullanımı
	6) Atık Su Arıtma ve Hava Temizleme Teknolojisinde
DİĞER ALANLAR	1) Televizyon tüpleri, elektronik devre ve chiplerin üretiminde hassas temizleme maddesi
	2) Asfalt Kaplamalarda
	3) Yol tutucu-kaymaz tip oto lastikleri üretiminde
	4) Karayollarında; buzlanmaları kontrol altına almada



**Şekil 2.7** Pomzanın inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılmasının nedenleri (Gündüz, 2005)

## 2.4 Pomza Üretimi

Doğadan pomza üretimi, madencilikte açık işletme olarak isimlendirilen ve yer altına fazla inilmeden yeryüzünde açılan ocaklar vasıtası ile gerçekleştirilir. Doğada pomza yatakları birkaç metreden on metreye kadar çıkabilen damarlar şeklinde olabilmektedir. Ancak genel olarak bakıldığında pomza yataklarının üzerinde çeşitli kalınlıklarda üst örtü tabakası bulunur. Pomza yatağının işletilmesine başlandığı zaman madencilikte dekapaj olarak isimlendirilen bu üst örtü tabakasının iş makineleri yardımıyla kaldırılması gerekmektedir. Üzeri açılan pomza damarı damar kalınlığına bağlı olarak tek veya birkaç basamak (kademe) halinde iş makineleri ile kazılarak üretim gerçekleştirilir. Dünyada pomza rezervleri, işletmeciliğini kolaylaştıran bir parametre gevşek pomza agregasından meydana gelmiştir. Bu nedenle pomza yataklarının kazı ve işletmeciliği madencilik açısından kısmı kolaydır (Şekil 2.8). Çok nadir de olsa sert ve silisli rezervler de mevcuttur. Bu tür rezervlerde ise yine bir çok açık maden ocaklarında uygulanan ve damarın gevşetilmesi için yapılan delme-patlatma işlemi ile formasyon gevşetilerek kazısı yapılır veya iş makineleri ile ripetlenmek suretiyle gerçekleştirilir (D.P.T., 2001; Davraz, 2001).



**Şekil 2.8** Pomza hammaddesinin ocaktan üretilmesi (StephenBlock Machine Company, 2015)

### 3. BİMS

Pomza agregası kullanılarak üretilen Bims (briket) hafif yapı malzemeleri inşaat sektöründe yoğun bir şekilde kullanılmıştır. Pomza, genelde homojen şekilde dağılmış ve birbirini kesmeyen makro ve mikro boyutta gözenek (porozite veya boşluk) sistemden oluşmuştur. Bu boşluğun hacimsel oranı yaklaşık %70'lerde ve dolayısıyla da çok hafiftir (birim hacim kütlesi  $350-650 \text{ kg/m}^3$ ) (Gündüz, 1998; Gündüz vd, 2007; Demirdağ ve Gündüz, 2008). Günümüz itibariyle yapı sektöründe kullanılan malzemelerin başlıca temel özelliklerinde aranan fonksiyon ısı/ses yalıtımıdır. İnşaat sektöründe özellikle hafif yapı ve ısı/ses izolasyonu özelliğinde hafif blok elemanı ve hafif beton imalatında pomzanın kullanılabilceği, bilimsel çalışmalarla ortaya konulmuştur (Gündüz, 1998; Gündüz, 2001; Cavaleri vd, 2003; Campione ve Mendola, 2004; Piora ve Piora, 2004; Gündüz vd, 2007; Demirdağ ve Gündüz, 2008).Günümüzde pomza inşaat sektöründe yaygın olarak izolasyon tuğlası (Bimsblok veya tuğla) üretiminde kullanılmaktadır (Gündüz, 2005).

### 3.1 Bims Özellikleri

- Isı ve ses yalıtımlıdır: Üretim teknolojisiyle birlikte hammadde olarak da kullanılan bims, doğal özelliklerinden dolayı ısı ve ses yalıtımı sağlamaktadır.
- Depreme Dayanıklıdır: Bims (briket) kullanılarak üretilen yapı elemanları diğer yapı elemanlarına kıyasla mukavemeti daha fazla, yüksek modülü sayesinde depreme son derece dayanıklıdır (Deprem dalga nedeniyle kırılmaya karşı esneklik katsayısı: 70.000 kg/cm<sup>2</sup> dir).
- Ekonomiktir: İnşaatlarda duvar imalatında, diğer yapı elemanlarıyla yapılan duvarlarda kaba ve ince sıvaya ihtiyaç duyulurken, bims dış duvarlarda tek kat sıva yeterli geldiği için ekonomiktir. Ayrıca düzgün yüzeyde ve dekoratif görünümde olduğundan dolayı sıva yapmadan duvar yapılması da mümkündür. İç duvarlar direkt olarak alçı sıva ile sıvanmaktadır. Ayrıca düzgün yüzeyinden dolayı da imalat esnasında daha az sıva kullanılmaktadır.
- Yangına Dayanıklıdır: Diğer yapı malzemeleriyle kıyaslanacak olursa yangına daha dayanıklıdır. Erime sıcaklığı yüksektir ve eridiğinde çevreye zararlı herhangi bir gaz salınımı yapmaz. Ayrıca yangın zararlarını en aza indirir. 1100°C yanma ısısında asgari 239 dakika alev almama, şekil ve boyut kaybetmeme ve duman çıkarmama özelliğine sahiptir. DIN 4102 Standartlarına göre ateşe dayanım tanımı: 'Ateşe son derece dayanıklı'.
- Doğaldır: Doğal malzeme ve çimento haricinde yabancı malzeme eklenmediğinden dolayı bims doğaldır.
- Ortam Nemini Dengeler: Bünyesinde fazla miktarda su buharı bulundurabilme, böylece nem ve rutubet özelliklerine karşı koymaktadır. Ayrıca, mekan içinde doğal havalandırma özelliğine de sahiptir. Gözenekli doğal yapısından dolayı nefes alan sağlıklı ve kokunun hapsolmediği mekanlar oluşturmaktadır.
- Çevre Dostudur: Bims yapımında son derece düşük bir enerjiye ihtiyaç vardır. İhtiyaç duyulan enerji sadece vibrasyondur. Üretimde herhangi bir kimyasal veya biyolojik teknik asla kullanılmamaktadır. Herhangi bir atık söz konusu değildir. Ayrıca üretim esnasında işçi sağlığı bakımından hiçbir tehlike bulunmamaktadır.
- Hafiftir: Bimsin diğer önemli bir özelliği de diğer taşıyıcı elemanlara göre hafif olmasıdır (Bimsin özgül ağırlığı ortalama 00.75 kg/dm<sup>3</sup> ' tür). Bina temeline binen yükü azaltır. Bitmiş duvar ağırlıklarına bakıldığında, diğer yapı

ürünleriyle yapılan duvarlara nazaran bimsle yapılan duvarlar daha hafif olmasından dolayı binayı sabit yüklerden kurtarmaktadır (www.blokbims.com.tr).

### **3.2 Bims Üretimi**

Pomzadan üretilen hafif yapı malzemeleri içinde en yaygın üretim ve kullanma ağına sahip olan ürün Bims bloklardır. Bunun temel sebebi, Bims bloklarının yüksek ısı, ses yalıtımına, yüksek mukavemete sahip olmaları ile birlikte depreme dayanıklı en ucuz malzeme olmasından kaynaklanmaktadır. Dünyanın Bims tüketimine bakıldığında zaman ise yıllık 20.000.000 m<sup>3</sup>'ü civarında olduğu görülmektedir (Gündüz vd, 2005). Ülkemiz için ise durum farklılık göstermemekte olup Bims blok, gaz beton ve tuğla ile birlikte en fazla kullanılan üç hafif yapı elemanından birisidir. Bims bloklarının 2011 yılında pazar payı %23-24 seviyelerine ulaştığı tespit edilmiştir (Gündüz, 2011).

Pomzadan üretilen Bims blokların özelliklerinden sayılan doğal boşluklu yapısı, kristal suyu içermemesi, hafifliği, ısı ve sese karşı son derece iyi yalıtım özelliğine sahip olması gibi bazı özelliklerinden dolayı, kullanım oranı her yıl artış göstermektedir (Varol, 2017).

Bims betondan mamul ürünlerin üretim teknolojisinin niteliği, başlıca iki alt ana dalda incelenebilmektedir:

- Tam Otomasyonlu Üretim Sistemleri,
- Yarı Otomasyonlu Üretim Sistemleri.

#### **Tam Otomasyonlu Üretim Sistemleri**

Briket üretiminde kullanılan tam otomasyonlu sistemlerde, tüm üretim ağı bir bilgisayar aracılığı ile kontrol edilebilmektedir. Bims üretiminde tam otomasyonlu üretim sistemleri aşağıda verilen aşamaları içermektedir.

1. Üretim reçetesi bilgisayara yüklenir (agrega oranları, çimento dozajı ve su oranı vb) .
2. Bu programa göre agrega silolarından belirli oranlarda alınan agrega grupları skraypere yüklenir.
3. Skraypere yükleme işlemi tamamlandıktan sonra skraypere mikser ünitesine agregaları otomatik olarak boşaltır.

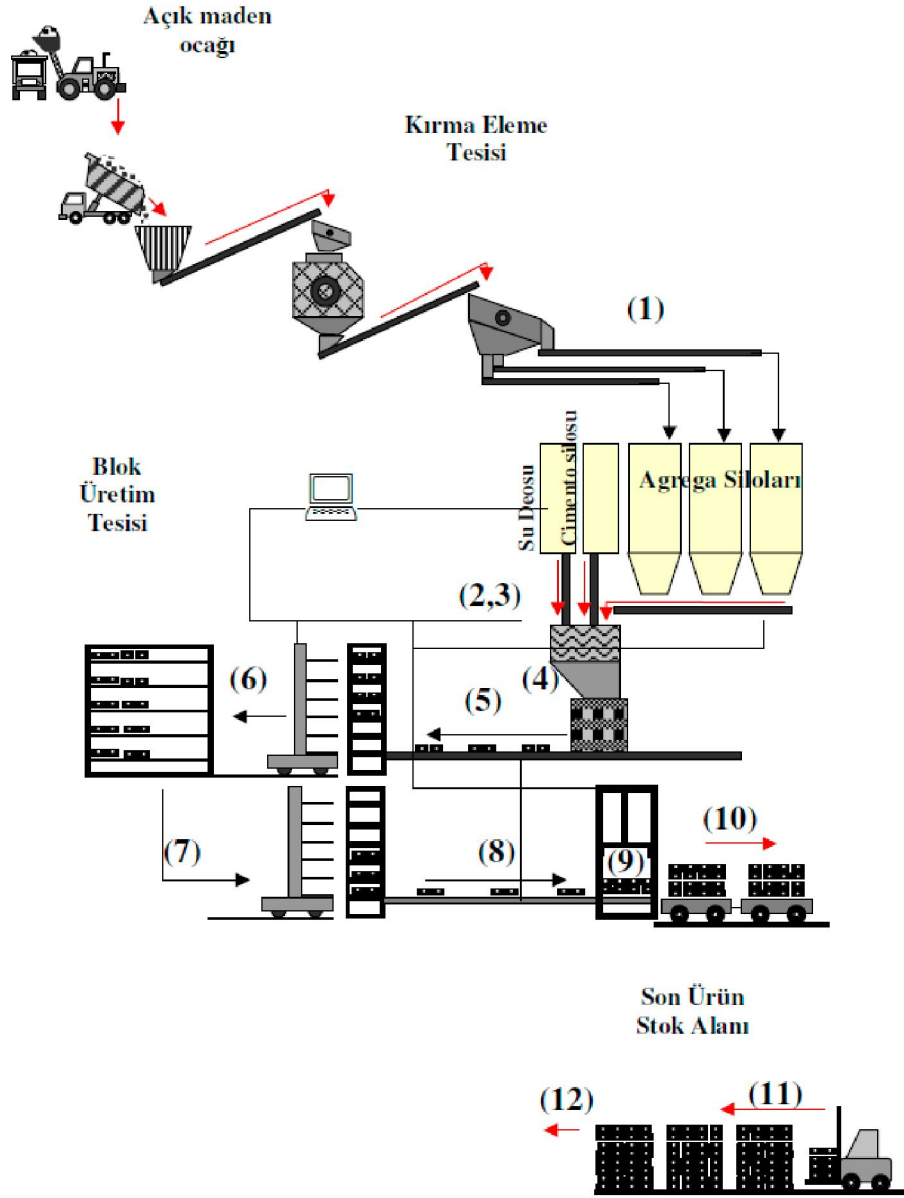


4. Hazırlanan kuru karışım daha sonra presleme silosuna boşaltılır. Ürün tipine göre karışım kalıplara alınarak pres ünitesinde paletler üzerine şekillendirilir.
5. Pres ünitesinde şekillendirilen yaş ürünler, yaş ürün bandı aracılığıyla yaş ürün elevatörüne yüklenir.
6. Yaş ürün elevatörü yükleme işlemini tamamlayınca taşıyıcı robot vasıtasıyla, yaş ürünler ilk prizlerini alması için priz kamaralarına stoklanır.
7. Priz kamaralarında ilk mukavemetlerini (yaklaşık 1 N/mm<sup>2</sup>) kazanan ürünler yine taşıyıcı robot aracılığıyla paketleme elevatörüne yüklenir.
8. Paketleme elevatöründen band ile alınan ürünler paketleme robotuna taşınır.
9. Paketleme robotu tarafından paketleme elevatörü üzerinden alınan ürünler paketleme holünde bekleyen römorklar üzerine istif edilir.
10. İstif işlemi tamamlanan römorklar sırasıyla hareket ederek yerini boş römorka bırakır. Römork konvoyunda belirli bir adet römork yükleme işlemi tamamlanınca çekici vasıtasıyla römorklar nihai stok alanına sevk edilir.
11. Stok alanına getirilen ürünler 28 günlük son mukavemetlerini kazanmak üzere stok alanına forkliftler ile istif edilir.
12. Stok alanında 28 günlük mukavemetlerini kazanan ürünler satışa arz edilir.

Bu sistematiğe göre çalışan tam otomasyonlu bir Bimsblok üretim tesisinin görünüm şeması Şekil 3.1’de verilmiştir (Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, 2006).

### **Yarı Otomasyonlu Sistemler**

1. Hafif beton agregalar, beton santral bazındaki beton hazırlama ünitesinin silolarına stoklanır.
2. Agregalar gruplarından karışıma girecek agrega miktarı, çimento dozajı ve su miktarı önceden tespit edilmiş reçeteye göre beton santralinde hazırlanır. Hazırlanan karışım bir skrapere aracılığıyla presleme ünitesi besleme bunkerine boşaltılır.
3. Kalıplanan ürünler yaş ürün bantı ile yaş ürün elevatörüne istiflenir. Yaş ürün elevatöründen forklif vasıtasıyla kurutma kamaralarına gönderilen ürün, ilk mukavemetini kazandıktan sonra yine bu kamaralardan forkliftlerle paketleme elevatörüne geri götürülür.
4. İlk mukavemetini kazanan ürünler paketleme elevatöründen ya direkt stok sahasına nakledilir yada paketleme aparatları ile römorklar üzerine istiflenerek stok sahasına gönderilir.



**Şekil 3.1** Tam otomasyonlu bimsblok üretim tesisinin akım şeması (Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, 2006)

Yarı otomasyonlu Bims üretim tesislerinde bilgisayar ünitesi, hafif beton skrayperi, presünitesi, yaş ürün bant ve elevatörü, paketlenme elevatör ve bantına komut gönderir. Bloküretimi için gerekli olan hafif beton karışımı bağımsız bir bilgisayar ünitesi denetiminde çalışan veya bilgisayar otomasyonu olmayan beton santralinde hazırlanır. Bu sistemde taşıyıcı robotlar yerine forkliftler; paketlenme robotları yerine de yine forkliftler kullanılır. Bu sisteme göre ilk mukavemetini kazanması için bırakılan kurutma kamaralarına ürünlerin giriş ve çıkışları, tam otomasyonlu sistemlerdeki gibi bilgisayar otomasyonu ile komuta edilmez. Kurutma kamarasına giriş ve çıkış süreleri ise forklift operatörü tarafından kontrol edilmektedir.

Bahsedilen sisteme göre çalışan yarı otomasyonlu tesisinin şematik görünümü Şekil 3.2’de gösterilmiştir (Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, 2006).



**Şekil 3.2** Yarı otomasyonlu Bimsblok üretim sistemi sembolik görünümü (Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, 2006)

Bims taşı, Bims maden ocağından bir yükleyici aracılığı ile kazılarak, kamyonlara yüklenir. Endüstriyel açıdan büyük önem taşıyan yataklardan açık işletme metodu ile üretilen Bims madeni, kamyonlarla Bimsblok üretim aşamalarının başlaması için fabrikaya nakledilir (Şekil 3.3).



**Şekil 3.3** Pomzanın kamyonlar ile fabrikaya getirilmesi (www.idomac.com, 2017)

Fabrikada uygun kırma-eleme bölümlerinde boyutları küçültülerek sınıflara ayrılır ve Bimsblok agregası haline getirilir (Şekil 3.4). Boyutlandırılan agregalar ayrı ayrı silolara nakledilir.



**Şekil 3.4** Agregası haline dönüştürülmüş pomza (www.idomac.com, 2017)

Bimsblok üretim sistemi, bilgisayar otomasyonlu robot teknolojisi ile donatılmış mekanizmalı bir sistemle, silolarda toplanan bims agregası ve bağlayıcı olarak belli oranlarda (Bir mikser pomzaya 50 kg/m<sup>3</sup> çimento olacak şekilde) çimentonun su ile homojen olarak karıştırılmak üzere mikserlere alınır (Şekil 3.5).



**Şekil 3.5** Bims mikser karışım aşaması (Nur Makine A. Ş, 2015)

Meydana gelen karışım, yüksek basınç ve vibrasyon altında kalıplara preslenir (Şekil 3.6).



**Şekil 3.6** Bims üretim aşaması (Makinecim.com, 2006)

Kalıp içerisinde istenen şekli alan Bims, paletler, elevatör ve taşıyıcı robot aracılığıyla kameralardaki raflara yerleştirilir (Şekil 3.7).



**Şekil 3.7** Bims bloklarının raflara yerleştirilmesi (www.idomac.com, 2017)

Bims bloklar istenen mukavemeti aldıktan sonra, yine taşıyıcı ve istifleyici robot yardımı ile stok alanına sevk edilir (Şekil 3.8).



**Şekil 3.8** Yaş bims priz kamaralarında stoklanması (www.idomac.com, 2017)

Bimsblok üretiminde malzemelerin alınması, basınç ve vibrasyon miktarları gibi tüm değişkenlerin tamamı bilgisayar ünitesince belirlenerek uygulanmaktadır. Üretimin her aşamasında, tamamen bilgisayarlı otomasyonlar aracılığı ile işlem yapılmaktadır (Şekil 3.9).



**Şekil 3.9** Bimsblok üretiminde bilgisayar otomasyonu (Nur Makine A. Ş, 2015)

### **3.3 Bims'in Mekanik ve Fiziksel Özellikleri**

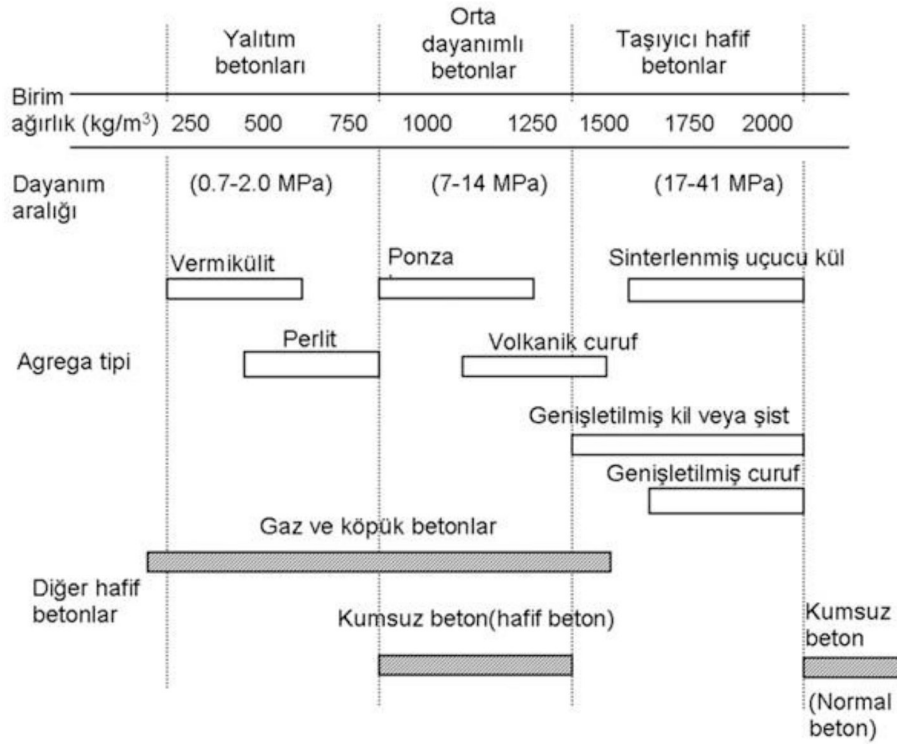
Hafif betonlar genellikle hem birim ağırlık hem de dayanım koşuluna göre sınıflandırılırlar. Yalıtım betonlarından taşıyıcı olanlara kadar bütün hafif betonların

özellikle birim ağırlık bakımından sınıflandırılmasında değişik kabuller vardır (Neville, 1975).

Taşıyıcı olan hafif betonların birim ağırlığı 1450-1800 kg/m<sup>3</sup> arasında değişmektedir, çoğunlukla birim ağırlık 1600-1800 kg/m<sup>3</sup> arasında kalmaktadır. Dayanımları 7-17 N/mm<sup>2</sup> arasında olan betonlar yalıtım betonu ile orta dayanımlı beton sınıfına girerler (Neville, 1975).

Birim ağırlıklarına göre hafif betonları üç gruba ayırmak olasıdır (Taşdemir, 1982):

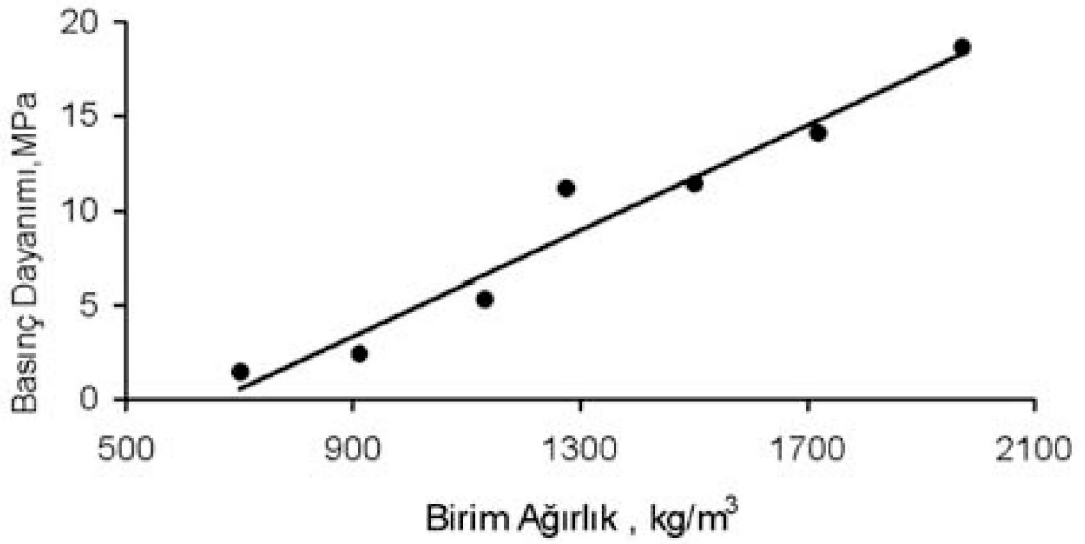
- Yalıtım Betonları: Birim ağırlıkları 300 kg/m<sup>3</sup> - 800 kg/m<sup>3</sup> arasında,
- Orta Mukavemetli Hafif Betonlar: Birim ağırlıkları 800 kg/m<sup>3</sup> - 1400 kg/m<sup>3</sup> arasında,
- Taşıyıcı Hafif Betonlar: Birim ağırlıkları 1400 kg/m<sup>3</sup>'den büyük olan betonlardır.



Şekil 3.10: Hafif Betonların Sınıflandırılması (Mindess ve Young, 1981)

Şekil 3.10'da görüldüğü gibi pomza taşı hafif betonu orta dayanımlı bir betondur. Yalıtım betonları ise perlit ve vermikülit hafif agregasıyla üretilen betonlardır, gaz ve köpük betonları hem yalıtım hem de orta dayanımlı beton olarak adlandırılır (Mindess ve Young, 1981).

Betonun birim ağırlığı arttıkça basınç dayanımı, yarma dayanımı ve elastisite modülü artmaktadır. Birim ağırlık- basınç dayanımı ilişkisi Şekil 3.11’de görülmektedir. Bu şeklin incelenmesinden anlaşıldığı gibi birim ağırlık ile basınç dayanımı arasında çok kuvvetli lineer bir korelasyon vardır. Pomza taşı hafif agregalarının dayanımı düşük olduğundan birim ağırlığın azalması ile elastisite modülün deki azalma basınç dayanımındaki düşüştan daha hızlıdır. Bu da doğal hafif agrega ile üretilen betonların ancak orta dayanımlı betonlar olarak göz önüne alınabileceğini düşündürmektedir. Doğal hafif agregalarla taşıyıcı hafif beton üretebilmek için birim ağırlığın bir miktar yükselttilerek yarı hafif betonların elde edilmesi, böylece elastisite modülünde de belirgin artış sağlanması en önemli noktadır (Konuk,2003; Özyurt vd, 2002).



**Şekil 3.11** Pomza Taşı ile Üretilen Hafif Betonlarda Basınç Dayanımı ile Birim Ağırlık Arasındaki İlişkisi (Konuk,2003; Özyurt vd, 2002).

Hafif betonun ısı iletkenliği betonun birim ağırlıklarına ve kullanılan hafif agrega cinslerine bağlı olarak önemli ölçüde değişmektedir. TS 825’de normal ve hafif betonlara ait ısı iletkenlik katsayıları verilmektedir. Homojen bir malzemenin ısı iletkenliği, denge koşullarında iki yüzey arasındaki sıcaklık farkı 1 °C olduğunda birim zamanda (1 saat), birim alanından (1 m<sup>2</sup>), bu alana dik yönde birim kalınlığından (1 m) geçen ısı miktarı ile ölçülür. Birimi W/m °K ’dir (Özyurt vd, 2002).



#### 4. İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL (İPK) VE GELENEKSEL KONTROL DİYAGRAMLARI VE SÜREÇ YETERLİLİK ANALİZİ

İstatistiksel Proses Kontrolü, bir üretim sürecine ait değişkenlikleri kontrol altına almada ve prosesi stabil halde tutmada tercih edilen matematik esaslı bir kalite kontrol aracıdır. İPK süreci, bir tesiste üretilen ürünün en ideal ve ekonomik bir şekilde üretimini gerçekleştirmek, önceden belirlenmiş spesifikasyonlara ve standartlara uygunluğunu kontrol etmek amacıyla istatistik veri tabanına dayalı tekniklerin kullanıldığı bir yöntemdir (Akın, 1996). İPK, bir işletmede üretilen ürünlerin tamamını kontrol etmek yerine ürünlerden belli kurallar dahilinde numuneler bütün hakkında tahminde bulunmak için kullanılan bir kalite kontrol aracıdır. Üretim sürecinde etkin olan bütün parametrelerin (makine, metot, alet, malzeme ve insan gücü) tamamını ele almaktadır (Durman ve Pakdil, 2005).

Proses kontrolü, üretim yapımı sırasında dış etkenlerin neden olduğu kalite sorunlarının geciktirilmeden incelenip değerlendirilmesi gerekmektedir bu şekilde doğabilecek zararların önlenerek verimliliğin maksimum düzeyde tutulmasını sağlamaktadır. Teorik yapı olarak 1926 yılında W.A. Shewhart tarafından geliştirilen kontrol şemalarının İPK sürecinde kullanılabilecek istatistiksel tabanlı en ekonomik ve güvenilir bir araç olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte kontrol şemaları, üretimde çok önem arz eden süreçte meydana gelen değişikliklerin doğal ya da doğal olmayan sebeplerden oluştuğunu tespit etmede önemli bir aktördür. W.A. Shewhart, kontrol şemalarının;

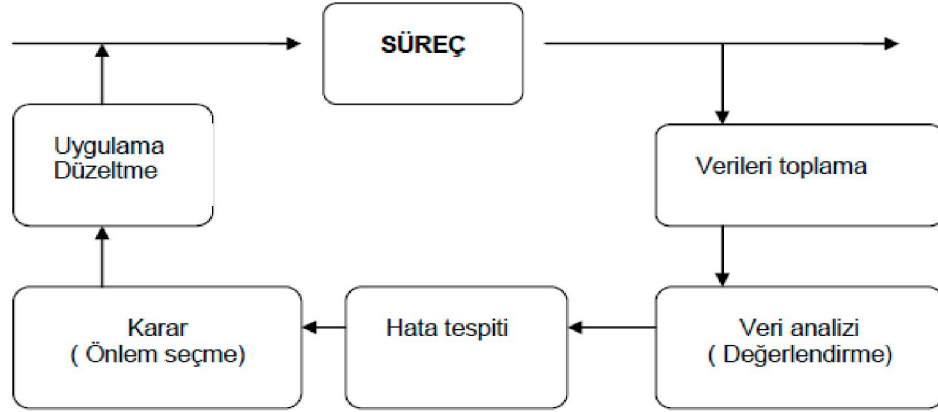
- işletmecinin amacını ortaya koymasında,
- bu amaca ulaşmak için bir araç olarak kullanılmaya,
- söz konusu amaca ulaşip ulaşmadığını ölçmeye hizmet ettiğini belirtmektedir (Baskan, 1995).

İPK’da tercih edilen Shewhart kontrol grafikleri yeniden dizayn edilen prosesin ürün çıktılarının parametresinin/parametrelerinin değerlerinin hesapla elde edilen limitleri arasında kalması yönünde gerekli tedbirlerin alınmasına olanak sağlamaktadır. İstatistiksel proses çalışması sonrası elde edilen kontrol grafikleri sayesinde takip edilmekte olan üretim hattının ürünlerinin parametre değerlerinin kontrol dışında çıktığı durumlarda yeni önlemlerin geliştirilmesi ile birlikte üretim sürecinin istenilen formata çekilmesi sağlanmaktadır. Günümüz üretim işletmeleri:

- Ürettikleri malın sürekli talep edilmesini sağlamak,
- Diğer işletmelere karşı üstünlük sağlamak,
- Az miktarda kaynakla çok kar elde etmek,
- Ürettiği mal veya hizmetin, müşterilerin gereksinimlerini karşılayacak özelliklere sahip olmasını istemektedir. Bu gibi durumlarda rekabet ve verimlilikle olan ilişkileri dikkate alındığında, kalite ve kaliteye yönelik faaliyetlerin önemi doğal bir sonuç olarak çıkacaktır. İstatistiksel Proses Kontrolü;

1. Kalite gelişimini arttırmak için; kullanılan yöntem sayesinde elde edilen bilgiler sonucunda uygun olmayan ürünün azaltılması ya da yok edilmesi sağlanır. Bu ise aşağıdaki durumları ortaya çıkarmaktadır.
  - a. Üretim maliyetini azaltmak;
  - b. Hurda, kırıntı, artık malların yeniden değerlendirilmesini sağlamak;
  - c. Kusurlu ürüne değer katmak;
  - d. Süreci yeniden programlamak;
  - e. Sürecin incelenmesi ve kontrolü,
  - f. Müşteri memnuniyetini arttırmak,
  - g. Ürün taleplerini geliştirmek ve belirlenen limitleri arttırmaktır.
2. Verimi arttırmak veya indirgenmiş maliyetle verimi korumak için endüstrilerde, ürünlerdeki ufak farklılıklar kazancı önemli derecede etkilemektedir. Bu sebeple pozitif etkiye sahip değişim nedenlerini sermayeye çevirmek ve negatif etkiye sahip değişimin sebeplerini de belirleyip elemek son derece önemli bir faktördür. İPK'nın en önemli parçalarından biri de "ölçme" işlemidir. Ürünlerin kalitesini ölçmek, sürecin performansını belirlemek, kalite maliyetinin hesabı için veriler gerekmektedir. Ortada verilerin olması istatistiğin kullanılmasını gerektirmektedir. Temel istatistiksel yöntemlerin amacı için aşağıdaki maddeler gerekmektedir.
  - a. Sürecin öncesi ve sonrası hakkında bir kanıya sahip olmak amacıyla,
  - b. Sorunun ne zaman ve nerede ortaya çıkabileceğini anlamak amacıyla,
  - c. Sürecin işleyişinin anlaşılmasına ve böylece süreç ve ürünlerdeki gerilemeleri kaydedebilmek amacıyla, İPK kullanılır. İPK uygulamasında kullanılan

klasik kontrol sistemi Şekil 4.1 de gösterilmiştir (Çolak, 2007; Devor vd, 1992).



**Şekil 4.1** İPK uygulamasında kullanılan klasik kontrol sistemi (Devor vd, 1992)

İstatistiksel kalite kontrol; istatistiksel proses kontrolünü, örnekleme planlarını ve diğer istatistiksel teknikleri içermektedir ve kalitenin sürekli olarak izlenip önlem alınmasına dayanan bir yöntemdir (Işığışık, 2005). İstatistiksel kalite kontrolündeki yedi temel teknik aşağıda gösterilmektedir.

1. Frekans Dağılımı (Çetele Tablosu)
2. Histogram
3. Pareto Analizi
4. Sebep-Sonuç Diyagramı (Balık Kılıcı)
5. Gruplandırma
6. Serpilme Diyagramı
7. Kontrol Çizelgeleri (Işığışık, 2005).

Bu tekniklerin en önemlisi kontrol çizelgeleridir. Bu çizelgeler kısa zamanda süreç hatalarının teşhisi ve giderilmesini, uzun zamanda ise süreç kalitesinin iyileştirilmesini hedefler (Koçer ve Birgören, 2004). Kontrol çizelgeleri süreçteki rastlantılı olmayan durumu veya kontrolün dışında olma durumunu saptamaya yarayan bir araçtır. Kontrol çizelgeleri tasarlanırken üç faktör göz önünde bulundurulur. Bunlar numune büyüklüğü, kontrol sınırları ve numune sıklığıdır. Kontrol sınırları ise çoğu zaman süreç standart sapmasının belirli bir katsayı ile çarpılıp ortalamaya eklenmesiyle hesaplanmaktadır. İPK çizelgelerini geliştiren Shewhart, bu katsayının 3 olarak kullanılmasını önermiştir (Özel ve Birgören, 2005). Bir kontrol çizelgesi de esas olarak üç çizgiden oluşmaktadır. Bunlar alt kontrol limiti (AKL), üst kontrol limiti (ÜKL) ve orta değer (OD) çizgisidir. Kalite özelliğinin ortalama değeri aynı zamanda hedeflenen değer olarak da ifade edilen orta çizgi ile temsil edilir. Eğer ilgilenilen kalite özelliği

ölçülebilir özellikte ise, bu durumda merkezi eğilim ölçülerinden aritmetik ortalama, dağılım ölçülerinden ise değişim aralığı ve standart sapma kullanılmaktadır. Bu şekilde oluşturulan kontrol çizelgeleri “Değişkenler için kontrol çizelgeleri” olarak adlandırılır. Kalite özelliğinin sürekli ve sayısal olarak ölçülememesi, yani kusur sayısı gibi belli bir olayın gözlem sayısına dayanması durumunda kullanılan kontrol çizelgelerine ise “özellikler için kontrol çizelgeleri” adı verilmektedir (Elevli ve Behdioğlu, 2006).

Geleneksel kontrol diyagramlarında  $\bar{X}$  kontrol grafikleri ortalama değerden sapmayı gösterirken, R kontrol grafikleri ise homojenlikten ayrılma değerlerini belirlemek için kullanılmaktadır. AKL, ÜKL ve OD değerlerinin  $\bar{x}$  ve R için hesaplanması için kullanılan yaklaşımlar ise aşağıda verilmiştir.

$\bar{x}$  : Alt grupların ortalaması

$\bar{\bar{x}}$  : Alt grup ortalamalarının ortalaması

$R_i$ : Değişim aralığı ( $R_{\max} - R_{\min}$ )

$\bar{R}$  : Alt grup değişim aralığının ortalamasını göstermektedir (Elevli ve Behdioğlu, 2006).

$$AKL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} \quad (4.1)$$

$$OD_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} \quad (4.2)$$

$$ÜKL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} \quad (4.3)$$

$$AKL_R = D_3 \bar{R} \quad (4.4)$$

$$OD_R = \bar{R} \quad (4.5)$$

$$ÜKL_R = D_4 \bar{R} \quad (4.6)$$

$$\mu = \bar{\bar{x}} \quad (4.7)$$

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{D_2} \quad (4.8)$$

Bu formüllerdeki;

$A_2$ ,  $D_3$  ve  $D_4$  değerleri numune sayısına göre değişen sabitler olup Çizelge 4.1’de verilmiştir.

**Çizelge 4.1** Farklı Numune Büyüklükleri için  $A_2$ ,  $d_2$ ,  $D_3$  ve  $D_4$  değerleri  
(www.itl.nist.gov)

N	$D_3$	$D_4$	$d_2$	$A_2$
2	0,00	3,267	1,128	1,880
3	0,00	2,574	1,693	1,023
4	0,00	2,282	2,059	0,729
5	0,00	2,115	2,326	0,577
6	0,00	2,004	2,534	0,483
7	0,076	1,924	2,704	0,419
8	0,136	1,864	2,847	0,373
9	0,184	1,816	2,970	0,337
10	0,223	1,777	3,078	0,308

Süreç yeterlilik analizinde süreç yeterlilik indeksleri, histogram, normal olasılık işaretlemesi ve kontrol grafiği yaklaşımları kullanılabilir. Süreç yeterliliği, istatistiksel bir ölçüt olup şartname limitleri spesifikasyonlar göre bir sürecin ne kadar değişkenlik gösterdiğini özetlemektedir. Bu aşamada dikkate alınan parametreler  $C_p$  ve  $C_{pk}$  indisleridir.  $C_p$  indisi, şartname limitleri ile süreç kontrol limitleri arasındaki ilişkiyi gösterir.  $C_{pk}$  indisi ise, süreç ortalamasının hedef değere göre konumunu ve spesifikasyon limitleri arasındaki konumunu göstermektedir (Montgomery, 2001). “ÜSL” üst spesifikasyon limitini, “ASL” alt spesifikasyon limitini, “ $\sigma$ ” standart sapmayı ve “ $\mu$ ” ise aritmetik ortalamayı ifade edecek şekilde gösterilir (Kotz, 2002).  $C_p$ , literatürde kullanılmaya başlanan başlangıç indekstir ve 4.9’deki eşitlikte verildiği gibi hesaplanmaktadır (Kane, 1986). Bu ifade de kullanılan  $6\sigma$  değeri, doğal tolerans limiti olarak da adlandırılmaktadır (Kahraman ve Kaya, 2009).  $C_p$  ve  $C_{pk}$  değerlerine göre sürecin yeterliliği hakkında karar vermede Çizelge 4.2’de verilen değerler kullanılır (Zeyveli ve Selalmaz, 2008).  $C_{pk}$  değeri  $C_p$  ile çok benzer bir hesaplama mantığına sahip olmakla beraber  $C_p$ ’den farklı olarak süreç verilerindeki kaymayı da göz önünde bulundurur.  $C_{pk}$  değerinin hesaplanması için 4.10’deki eşitlikte verildiği gibi hesaplanmaktadır (Kane, 1986).

$$C_p = \frac{(\text{ÜSL} - \text{ASL})}{6\sigma} \quad (4.9)$$

$$C_{pk} = \min\left[\frac{\text{ÜSL} - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - \text{ASL}}{3\sigma}\right] \quad (4.10)$$

Analizi yapılacak verilerin ortalaması ÜSL (üst spesifikasyon limiti) ve ASL (alt spesifikasyon limiti) değerlerin tam ortasında değilse,  $C_{pk}$  değeri  $C_p$ ’den farklı olacaktır. Ortalamanın ÜSL ve ASL’nin tam ortasında olması durumunda  $C_p$  ve  $C_{pk}$

değerleri birbirine eşit olacaktır. Cp değeri süreç verilerinin ortalamasını dikkate almadan sürecin toplam değişkenliğine odaklandığı için aslında sürecin potansiyel yeterliliği hakkında fikir vermektedir, Cpk değeri ise sürecin anlık yeterliliğidir (www.kurumsalkalite.com).

**Çizelge 4.2** Cp ve Cpk indislerinin karar noktaları (Işığışık, 2005)

$Cp > 1,33$	Süreç spesifikasyonları karşılar.
$1 < Cp < 1,33$	Süreç spesifikasyonları karşılamaz. Süreç kontrolü sürdürülmelidir.
$Cp < 1$	Süreç yetersiz. İyileştirmeler yapılmalıdır.
$Cpk = 1$	Verilerin bir kısmı spesifikasyonlara yaklaşır.
$Cpk > 1$	Verilerin tamamı spesifikasyon sınırları içine düşer.
$0 < Cpk < 1$	Süreç ortalaması spesifikasyon sınırlarının içindedir.
$Cpk = 0$	Süreç ortalaması Spesifikasyon sınırlarının birine eşittir.
$Cpk < 0$	Süreç ortalaması spesifikasyon sınırlarının dışındadır.

Değişken şemaları ürünün kalitesini belirleyen bir özelliğinin ölçülmesi ve kalitenin bu şekilde takip edilmesi için kullanılmaktadır. Bu amaçla literatürde en yaygın olarak bulunan şemalar ve bunlarla ilgili kısa bir değerlendirme Çizelge 4.3'de özetlenmektedir:

**Çizelge 4.3** Sürekli değişkenler için kontrol şemaları (Özdemir, 2003)

Grafik Tipi	Artıları	Eksileri
$\bar{X} - R$	Uygunsuz üretimi önlemeye ve sürecin etkin kontrolünü sağlamaya yarar.	Veri toplamak zor ve masraflıdır.
$XmR$	Verileri alt gruplar halinde değil de tek tek gözlemler olarak elde edebiliyorsanız bu kolay ve geçerli bir yöntemdir.	Nitelik değişkenleri için kullanıldığı zaman 1. ve 2. tür hata olasılıklarını artırır. Alt grupların değişkenliği belirlenemez.
$c$ ve $u$	Sorunları belirlemek için iyi, çünkü özel kusur türleri izlenebilir. Veri toplaması kolay.	Sorun önleyici değeri az.
$p$ ve $np$	Genel bir yönetim aracı olarak yararlı.	Sorun belirleme veya önleme değeri az.

## **5. BULANIK MANTIK VE BULANIK KONTROL DİYAGRAMI VE BULANIK SÜREÇ YETERLİLİK ANALİZİ**

Bulanık mantık ilk kez 1965 de Zadeh tarafından Aristo mantığına dayanarak “Bir nesne kümenin ya elemanıdır ya da elemanı değildir” düşüncesindeki ikili mantık sistemine karşı geliştirilmiş bir tekniktir. Bulanık mantık, günlük yaşantıda karşımıza çıkan olaylara üyelik dereceleri karşılık getirerek olayların hangi oranlarla meydana geldiğini belirlemeye çalışan bir sistemdir. Bulanık mantık bir örnekle açıklayacak olursa; bir şehrin değişik bölgelerindeki su kirliliği ölçümlerini modelleme problemini düşünebilir. Su ya kirlidir ya da değildir şeklindeki bir modellemeden çok suyun kirlilik derecesine göre model oluşturmak bize daha gerçekçi bir çözüme götürecektir (Kocatürk, 2007).

Zadeh’in ifade ettiği “bulanık küme” kavramı, klasik sistem kuramının matematiksel yöntemlerinin gerçekteki pek çok sistemde, genellikle de işin içerisine insanları alan, kısmen karmaşık sistemlerde yetersiz olmasından dolayı oluşmaktadır. Zadeh, ‘uzun, kırmızı, durağan’ gibi yüklemelerin ikili üyelik fonksiyonuyla anlatılan klasik kümeler yerine, dereceli üyelik fonksiyonuyla anlatılan bulanık kümelerle tanımlamasını uygun görmektedir (Kıyak ve Kahvecioğlu, 2003).

Bulanık Küme yaklaşımı; İlk başlangıçta teorik bir araştırma alanı olarak oluşmuş olup, devam eden yıllarda pek çok alanda uygulanmaya başlamıştır. Bu uygulama alanları arasında en fazla kullanılanları; tıp, bilgisayar bilimleri, meteoroloji, sosyal bilimler, yönetim bilimleri, psikoloji, uzman sistemler ve yapay zeka olmuştur. Bu anlamda teorik ve uygulamalı araştırma yapan kuruluşların ortak çalışmaları sonucunda, bulanık kümelerin uygulanma alanlarında önemli derecede gelişmeler sağlanır. Bu çalışmalar sonucunda bulanık kontrol işlevine yönelik çok yazılım ve donanımlar ortaya çıkmıştır (Türkbey, 2003).

Önceki yıllarda, bulanık kontrol, bulanık mantık teori uygulama araştırmaları için en aktif alan olarak endüstriyel proses bölgeleri önem kazanmıştır. Girdi-çıkı arasındaki ilişkilerin ölçülebilir verilerinin eksikliği nedeniyle geleneksel metotlar tarafından tek başlarına kendilerini kontrol etme izni olmayan proseslerin de incelenmesinde önem

kazanmıştır. Bulanık mantık kontrol, uzman bilgisini otomatik kontrol stratejisine çevirmeyi temel alan dilsel kontrol stratejisini daha anlamlı konuma getiren bulanık mantık temeline dayanır (Lee, 1990).

**Bulanıklaştırma** : Gözlemlenen veri ölçülürken, verilerin rastgele gürültü ile karışabilmektedir. Bu tür durumlarda, bulandırma işlemi ile şüpheli veri bulanık sayılara çevrilme işlemi uygulanmalıdır. Bulanık sayılar, rastgele değişkenleri daha kolay işleyeceğinden hesaplama etkinliği daha da artacaktır (Baykal ve Beyan, 2004).

**Bilgi Tabanı** : Bilgi tabanı, karar verme biriminin kural tabanının da kullandığı bilgilerin alındığı veri tabanı ve denetim araçlarına uygun dilsel denetim kurallarının bulunduğu kural tabanı olmak üzere iki kısımda ifade edilebilmektedir (Lee, 1990).

**Kural Tabanı** : Bulanık kural tabanı Eğer-O Halde (İf-Then) kurallarından oluşabilmektedir. Bulanık mantık sistemindeki diğer bütün bileşenler dikkate alındığında kural tabanı bu sistemin temelini oluşturmaktadır. Kural tabanının nedenselliği ve etkinliği kullanımının nedenidir (Wang, 1997). Bilgiyi temsil etmek üzere, bulanık sistemler yoğun olarak dilsel olan kuralları kullanırlar. Eğer-O halde tarzında ifade edilen bir kural şu şekilde tanımlanabilir (Esendal, 2007);

Eğer  $a_1$  ve  $a_2$  ... ve  $a_n$  o halde  $b$ 'dir. veya

Eğer  $a_1$   $A_1$  dir ve ...  $a_n$   $A_n$  dir ise, o halde  $b_1$   $B_1$  dir.

**Karar Verme Birimi** : Karar verme birimi, çıkarım motoru (fuzzy engine) olarak da bilinmektedir. Yoğun olarak kullanılan bulanık çıkarım yöntemi Mamdani ve Takagi-Sugeno yöntemleridir. Mamdani, girdi verisi tekil ise bulandırılma yapılmaz çıktı verileri sırayla eşlenir (Baykal ve Beyan, 2004). Takagi-Sugeno ise girdi değişkenlerinin bulanıklaştırılması ve bulanık mantık işlemleri Mamdani ile aynı olup çıktı üyelik fonksiyonlarındaki sadece lineer sabit yapıda olmasıdır (Yılmaz ve Arslan, 2005).

**Durulaştırma** : Bulanık olan bilgilerin kesin sonuçlar haline dönüştürülmesi için yapılan işlemlerin tamamına durulaştırma (defuzzification) işlemi denir (Özdağoğlu, 2008). Literatürde bir kaç durulaştırma yöntemi var olup, en yaygın olarak kullanılan işlemlerden bir diğeri ağırlık merkezi yöntemi olan diğer adı Sentroid yöntemidir (Şen, 2001).



Bir bulanık  $\bar{A}$  kümesi, aşağıdaki (a) ve (b) koşullarını sağladığında,  $R$  üzerinde bir bulanık sayı olarak adlandırılır.

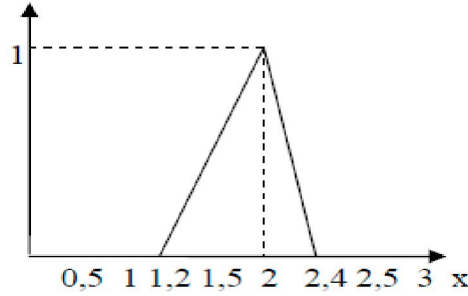
1.  $\mu_{\bar{A}}(x) = 1$  olacak şekilde en az bir  $x \in R$  içerir.
2. Herhangi bir  $\alpha \in [0,1]$  için,  $\bar{A}_\alpha = \{x: \mu_{\bar{A}}(x) \geq \alpha\}$  kümesi  $R$  üzerinde bir konveks kümedir. (Wu, 1997)

Ek olarak:

3.  $\bar{A}$ ,  $R$  üzerinde bir bulanık sayı olsun. Eğer herhangi bir  $\alpha \in [0,1]$  için  $\bar{A}_\alpha$  sınırlı bir küme ise,  $\bar{A}$ ,  $R$  üzerinde sınırlı bir bulanık sayıdır denir.
4.  $\bar{A}$ ,  $R$  üzerinde bir bulanık sayı olsun. Herhangi bir  $\alpha \in [0,1]$  için eğer  $\{x_n\} \subset \bar{A}_\alpha$ ,  $\lim_{n \rightarrow \infty} x_n = x$  olduğunda,  $x \in \bar{A}_\alpha$  ise,  $\bar{A}$ ,  $R$  üzerinde bir kapalı bulanık sayıdır denir.
5.  $\bar{A}$  normal konveks bulanık küme ve  $\mu_{\bar{A}}$  birebir olduğunda  $\bar{A}$ ' ya standart bulanık sayı denir.

### 5.1 Üçgensel Bulanık Sayı

Üçgensel bir  $\bar{N}$  bulanık sayısı  $a < b < c$  sayılarıyla ifade edilir. Burada üçgenin tabanı  $[a,c]$  aralığında ve tepe noktası  $x = b$  dedir. Üçgensel bulanık sayılar  $\bar{N} = (a/b/c)$  şeklinde yazılır. Bir üçgensel  $\bar{N} = (1.2/2/2.4)$  sayısının grafiksel gösterimi aşağıdadır.



**Şekil 5.1**  $\bar{N} = (1.2/2/2.4)$  üçgensel bulanık sayısını grafiği (Kocatürk, 2007)

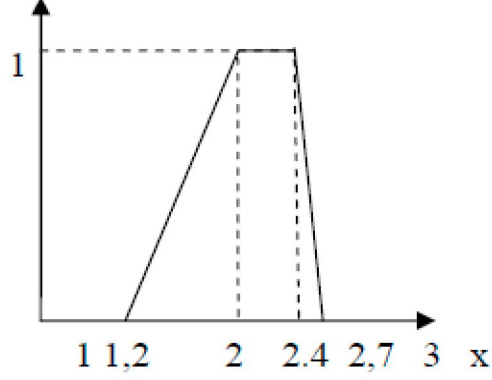
Genelde  $\bar{N} = (a/b/c)$  üçgensel bulanık sayısı ile ilgili üyelik fonksiyonu

$$\mu_{\bar{N}}(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, & x \in [a, b] \\ 1, & x \in [b] \\ \frac{x-b}{b-c}, & x \in [b, c] \\ 0, & x \in [b, c] \end{cases}$$

ile tanımlanabilir.

## 5.2 Yamuk Bulanık Sayı

Yamuk bir  $\bar{M}$  bulanık sayısı  $a < b < c$  sayılarıyla gösterilir. Burada yamuğun tabanı  $[a, d]$  aralığındadır.  $\bar{M} = (a/b, c/d)$  şeklinde yazılır. Bir yamuk  $\bar{M} = (1.2/2, 2.4/2.7)$  sayısının grafiği aşağıda gösterilmiştir.



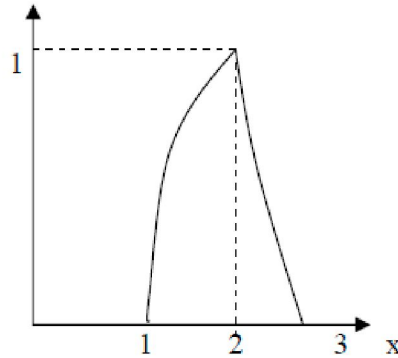
Şekil 5.2  $\bar{M} = (1.2/2, 2.4/2.7)$  yamuk bulanık sayısını grafiği (Kocatürk, 2007)

Genelde  $\bar{M}=(a/b, c/d)$  yamuk bulanık sayısı ile ilgili üyelik fonksiyonu

$$\mu_{\bar{M}}(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, & x \in [a, b] \\ 1, & x \in [b, c] \\ \frac{x-d}{c-d}, & x \in [c, d] \\ 0, & \text{d. y.} \end{cases}$$

ile tanımlanabilir.

Üçgensel şekilli bulanık bir  $\bar{P}$  sayısı,



Şekil 5.3  $\bar{P} \approx (1.2/2/2.4)$  üçgensel şekilli bulanık sayısını grafiği (Kocatürk, 2007)

Burada  $\bar{P}$  yalnız 1.2, 2, 2.4 sayıları ile [1.2,2] ve [2,2.4] aralıkları üzerinde doğrusal olmayan çizgilerle parçalı olarak özelleştirilmiştir. Üçgensel şekilli bir bulanık sayı olabilmesi için, grafiğin sürekli ve

1. [1.2,2] üzerinde monoton artan
2. [2,2.4] üzerinde monoton azalan

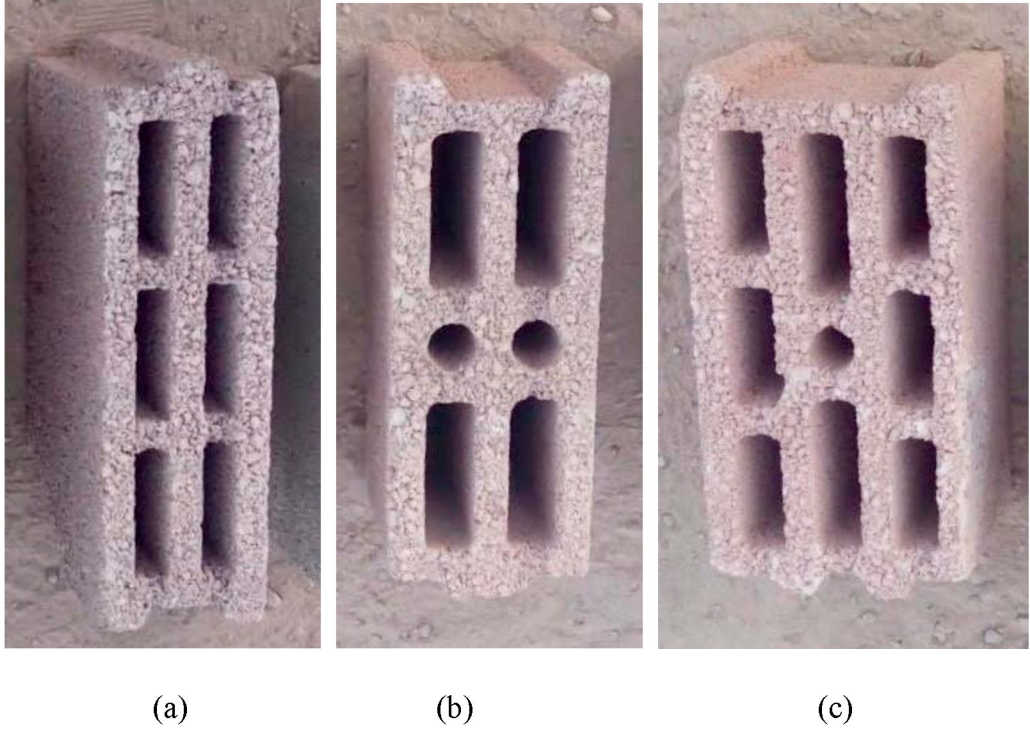
olması gerekir. Üçgensel şekilli bir  $\bar{P}$  bulanık sayısı için  $\bar{P} \approx (1.2/2/2.4)$  şeklindeki  $\bar{P}$  parçalı olarak 1.2, 2 ve 2.4 sayıları ile oluşturulduğunu gösteren notasyonlar kullanılır.  $\bar{P} \approx (1.2/2/2.4)$  sayısının tabanının [1.2,2.4] aralığı üzerinde ve tepe (üyelik değeri 1'e eşit olan) noktasının  $x = 2$ 'de olduğunu biliyoruz.

Aynı şekilde yamuk şekilli bulanık  $\bar{Q} \approx (1.2/2,2.4/2.7)$  sayısının tabanı [1.2,2.7] aralığı üzerinde ve en üst seviyesi [2,2.4] aralığı üzerinde olması gerekmektedir (Kocatürk, 2007).

## 6. MATERYAL VE METOT

### 6.1 Materyal

Bu çalışma, Batman ilinde BİMS üretimi yapan Yuva Bims Limited Şirketi işletmesinden temin edilen ürünler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda 24 gün boyunca Şekil 6.1’de verilen 10x39x19 cm, 15x39x19 cm ve 19x39x19 cm Bims hafif yapı malzemesinden belli bir periyotta günde 5’er adet alınarak Birim hacim ağırlıkları ( $\text{kg}/\text{dm}^3$ ) hesaplanmak sureti ile veriler elde edilmiştir.



Şekil 6.1 10x39x19 cm (a), 15x39x19 cm (b) ve 19x39x19 cm (c)

### 6.2 Metot

Bu çalışmada, bulanık gözlem değerlerine sahip bir Bims hafif yapı malzemesi üretim sürecinin kontrol altında olup olmadığının belirlenmesinde bulanık kontrol limitlerine sahip X-R kontrol diyagramları kullanılmıştır. Kontrol diyagramları oluşturulurken,

bulanık kontrol limitleri ve örneklerin birim hacim ağırlıkları (kg/dm<sup>3</sup>) üçgensel bulanık sayılara dönüştürülerek değerlendirilmiştir. Bu aşamadan sonra süreç yeterliliği, bulanık spesifikasyon limitleri üzerinden yeterlilik indisleri aracılığıyla incelenmiştir.

Kalite özellikleri “yaklaşık X” olarak tanımlanmış olup belirsiz dizi konsepti göz önüne alındığında, bu dizi üçgensel bulanık sayılara (ÜBS)  $\tilde{X} = (X_1; X_2; X_3)$  dönüştürülmüştür. Örnek n tane üçgen bulanık sayılar  $(X_{1j}; X_{2j}; X_{3j})$   $j = 1; 2; 3; \dots; n$ , örneğin ortalaması uzantı prensibine göre hesaplanmıştır.

$$\tilde{X} = (\bar{X}_1, \bar{X}_2, \bar{X}_3) = \left( \frac{\sum_{j=1}^n X_{1j}}{n}, \frac{\sum_{j=1}^n X_{2j}}{n}, \frac{\sum_{j=1}^n X_{3j}}{n} \right) \quad (6.1)$$

Bunun yanında uzatma prensibi göz önüne alınarak bir dizi örnek hesaplanabilir:

$$\bar{R} = (R_1, R_2, R_3) \quad (6.2)$$

$$\bar{R} = (\max X_{1j}, \max X_{2j}, \max X_{3j}) - (\min X_{1j}, \min X_{2j}, \min X_{3j}) \quad (6.3)$$

$$\bar{R} = (\max X_{1j} - \min X_{1j}, \max X_{2j} - \min X_{2j}, \max X_{3j} - \min X_{3j}) \quad (6.4)$$

Bu denklemde  $(\max X_{1j}; \max X_{2j}; \max X_{3j})$  ve  $(\min X_{1j}; \min X_{2j}; \min X_{3j})$  maksimum ve minimum belirsiz ölçüm değerlerini temsil eder. Maksimum ve minimum ölçüm değerlerini tespit etmenin bir yolu da sıralama metoduyla atamadır (Montgomery, 2005).

n sayısındaki m alt grup, belirsiz genel ortalama ve ortalama dizi örnekleri şöyledir (Khademi ve Amirzadeh, 2014):

$$\tilde{\bar{X}} = \text{ÜBS}(\bar{\bar{X}}_1, \bar{\bar{X}}_2, \bar{\bar{X}}_3) = \left( \frac{\sum_{i=1}^m \bar{X}_{1i}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{X}_{2i}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{X}_{3i}}{m} \right) \quad (6.5)$$

$$\tilde{\bar{R}} = \text{ÜBS}(\bar{\bar{R}}_1, \bar{\bar{R}}_2, \bar{\bar{R}}_3) = \left( \frac{\sum_{i=1}^m \bar{R}_{1i}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{R}_{2i}}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m \bar{R}_{3i}}{m} \right) \quad (6.6)$$

Bu nedenle sırasıyla,  $\tilde{X}$  kontrol çizelgeleri için kontrol limitleri aşağıdaki gibidir:

$$\widehat{UKL\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{\bar{R}} = (\bar{\bar{X}}_1 + A_2 \bar{\bar{R}}_1, \bar{\bar{X}}_2 + A_2 \bar{\bar{R}}_2, \bar{\bar{X}}_3 + A_2 \bar{\bar{R}}_3) \quad (6.7)$$

$$\widehat{OD\bar{X}} = \bar{\bar{X}} = (\bar{\bar{X}}_1, \bar{\bar{X}}_2, \bar{\bar{X}}_3) = (CL(\bar{X})_1, CL(\bar{X})_2, CL(\bar{X})_3) \quad (6.8)$$

$$\widehat{AKL\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{\bar{R}} = (\bar{\bar{X}}_1 - A_2 \bar{\bar{R}}_1, \bar{\bar{X}}_2 - A_2 \bar{\bar{R}}_2, \bar{\bar{X}}_3 - A_2 \bar{\bar{R}}_3) \quad (6.9)$$

Ve aynı şekilde,  $\tilde{R}$  kontrol limitleri aşağıdaki gibidir.

$$\widetilde{ÜKLR} = \bar{R}D4=(D4\bar{R}1, D4\bar{R}2, D4\bar{R}3) \quad (6.10)$$

$$\widetilde{ÖD\bar{X}}=\bar{R}=(\bar{R}1, \bar{R}2, \bar{R}3)=(CL(\bar{R})1, CL(\bar{R})2, CL(\bar{R})3) \quad (6.11)$$

$$\widetilde{AKLR} = \bar{R}D3=(D3\bar{R}1, D3\bar{R}2, D3\bar{R}3) \quad (6.12)$$

Spesifikasyon limitleri (SL'ler) ve göz önünde bulundurulmuş kalite özellikleri ölçümleri dilde “yaklaşık” veya “hemen hemen” olarak tanımlanmıştır. Bu durum için üçgen bulanık sayılar (ÜBS'ler) daha uygundur. SL'ler aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

$$\widetilde{ÜSL} = \text{ÜBS} (u1, u2, u3) \quad (6.13)$$

$$\widetilde{ASL} = \text{ÜBS} (l1, l2, l3) \quad (6.14)$$

Ayrıca bulanık işlem ortalaması  $\bar{\mu}$  ve standart sapma  $\bar{\sigma}$  aşağıdaki gibi hesaplanabilir (Kaya ve Kahraman, 2011):

$$\bar{\mu} = \bar{X} = \text{ÜBS} (\mu1, \mu2, \mu3) \quad (6.15)$$

$$\bar{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d2} = \left( \frac{\bar{R}1}{d2}, \frac{\bar{R}2}{d2}, \frac{\bar{R}3}{d2} \right) = \text{ÜBS} (s1, s2, s3) \quad (6.16)$$

Bu tanımlara dayanarak; bulanık süreç yeterlilik indeksleri aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$\tilde{C}_p = \frac{\widetilde{ÜSL} - \widetilde{ASL}}{6\sigma} = \text{ÜBS} \left( \frac{u1-l1}{6s1}, \frac{u2-l2}{6s2}, \frac{u3-l3}{6s3} \right) \quad (6.17)$$

$$\tilde{C}_{pu}(Cpk1) = \frac{\widetilde{ÜSL} - \mu}{3\sigma} = \text{ÜBS} \left( \frac{u1-\mu1}{3s1}, \frac{u2-\mu2}{3s2}, \frac{u3-\mu3}{3s3} \right) \quad (6.18)$$

$$\tilde{C}_{pl}(Cpk2) = \frac{\mu - \widetilde{ASL}}{3\sigma} = \text{ÜBS} \left( \frac{\mu1-l1}{3s1}, \frac{\mu2-l2}{3s2}, \frac{\mu3-l3}{3s3} \right) \quad (6.19)$$

$C_p$  indeks değeri bize işlem performansı hakkında bilgi verir. Mesela, eğer 1.33'den büyük ise bunu yeterli bir işlem performansı olarak görebiliriz. Altı kalite şartı ve karşılık gelen  $C_p$  değerleri aşağıda özetlenmiştir.

$C_p$  ve  $C_{pk}$ ' nin aldığı değerlere göre süreç yeterlilik indeksleri aşağıdaki gibi yorumlanır (Aydın ve Kargı, 2018).

$C_p \leq 1$  ise; süreç yetersiz,  $1 < C_p \leq 1.33$  ise süreç kabul edilebilir,  $C_p > 1.33$  ise; süreç yeterlidir.  $C_p=1$  k  $C_p$  ise; verilerin bir kısmı spesifikasyonlara yaklaşır.  $>1$  k  $C_p$  olduğunda verilerin tamamı spesifikasyon sınırları içine düşer.  $0 < \leq 1$  k  $C_p$  olduğunda, süreç ortalaması spesifikasyon sınırları içinde yer alır. Bu durum sürecin yetersiz

olduğunu gösterir.  $= 0$  k Cp ise; süreç ortalaması ile spesifikasyon sınırları birbirine eşittir, süreç yeterli değildir.  $< 0$  k Cp olduğunda ise; süreç ortalaması spesifikasyon sınırlarının dışındadır, süreç yeterli değildir.

Tez çalışmasında spesifikasyon değerleri Çizelge 6.1 verildiği gibi alınmıştır.

**Çizelge 6.1** Hafif yapı malzemelerin Birim Hacim Ağırlıkları ( $\text{kg}/\text{dm}^3$ ) için spesifikasyonlar

	Birim Hacim Ağırlığı ( $\text{kg}/\text{dm}^3$ )
ÜSL	1,60
ASL	0,3

## 7. BULGULAR

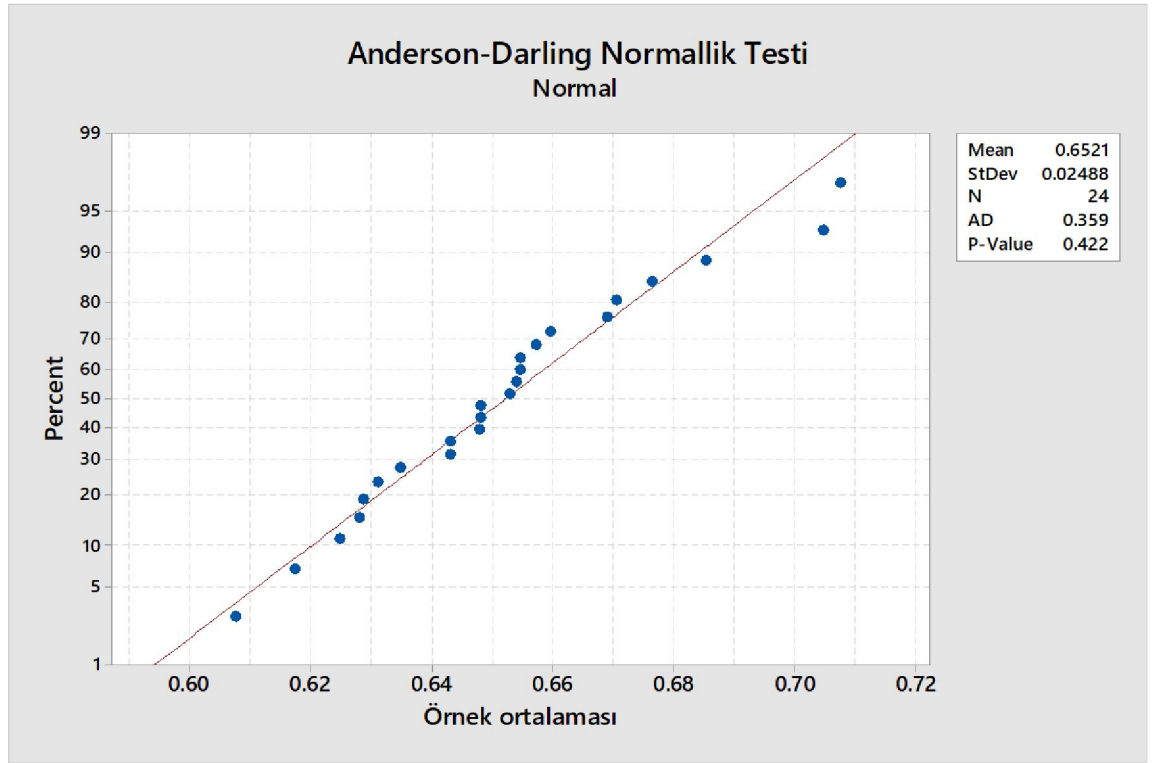
Üzerinde çalışılan Bims fabrikasından yirmi dört gün süre ile 10x39x19 cm, 15x39x19 cm ve 19x39x19 cm Bims ürünlerinden belli periyotlarda günlük beşer adet numune alınarak birim hacim ağırlıkları (kg/dm<sup>3</sup>) hesaplanmıştır. Elde edilen sayısal veriler bu bölümde ele alınmıştır. Çalışmanın birinci kısmı olan 10x39x19 cm Bims ürünleri için elde edilen birim hacim ağırlıkları Çizelge 7.1’de verilmiştir.

**Çizelge 7.1** 10x39x19 cm Bims’in birim hacim ağırlıkları (kg/dm<sup>3</sup>)

Numune No	X1	X2	X3	X4	X5	Xort.
1	0,628	0,639	0,630	0,635	0,610	0,628
2	0,656	0,660	0,645	0,660	0,644	0,653
3	0,656	0,660	0,679	0,674	0,683	0,671
4	0,647	0,634	0,665	0,647	0,646	0,648
5	0,667	0,636	0,638	0,634	0,640	0,643
6	0,652	0,664	0,641	0,646	0,638	0,648
7	0,601	0,601	0,601	0,638	0,647	0,617
8	0,659	0,643	0,655	0,638	0,691	0,657
9	0,655	0,648	0,624	0,649	0,639	0,643
10	0,638	0,623	0,664	0,606	0,613	0,629
11	0,643	0,677	0,675	0,653	0,626	0,655
12	0,689	0,651	0,657	0,640	0,633	0,654
13	0,659	0,619	0,627	0,609	0,610	0,625
14	0,641	0,666	0,673	0,630	0,631	0,648
15	0,678	0,708	0,650	0,686	0,706	0,685
16	0,613	0,607	0,602	0,610	0,606	0,608
17	0,713	0,718	0,725	0,672	0,709	0,707
18	0,669	0,669	0,670	0,646	0,691	0,669
19	0,675	0,623	0,616	0,630	0,612	0,631
20	0,722	0,703	0,722	0,699	0,677	0,705
21	0,620	0,652	0,638	0,630	0,635	0,635
22	0,663	0,675	0,684	0,620	0,658	0,660
23	0,681	0,648	0,641	0,650	0,652	0,655
24	0,712	0,652	0,650	0,666	0,702	0,676



Sürecin ilk olarak normal dağılıma uygunluk testi yapılmış olup, normal dağılıma uygunluğu test etmek için Minitab 16 (30 günlük Demo versiyonu) programında güvenilirliği yüksek olan Anderson-Darling normallik testi uygulanmıştır. Minitab16 programında yapılan testin sonucunda p değeri,  $\alpha=0.05$  (%95güvenilirlik düzeyi) değerinden büyük olduğu için sürecin normal dağılıma uygun olduğu görülmektedir (Şekil 7.1).



**Şekil 7.1** Anderson-Darling normallik testi

Çizelge 7.1'deki "yaklaşık" olarak kaydı tutulan gözlem sonuçları  $0.005 \text{ kg/dm}^3$  bulanıklık değerine göre Çizelge 7.2'deki şekilde üçgen bulanık sayılara dönüştürülmüştür.

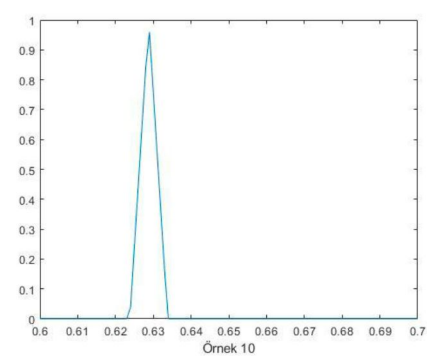
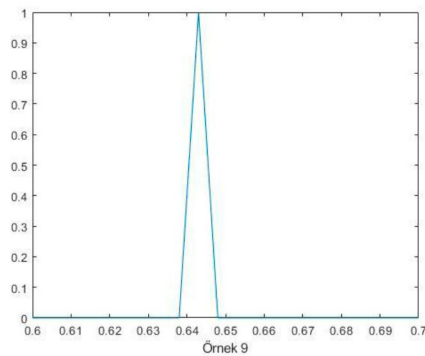
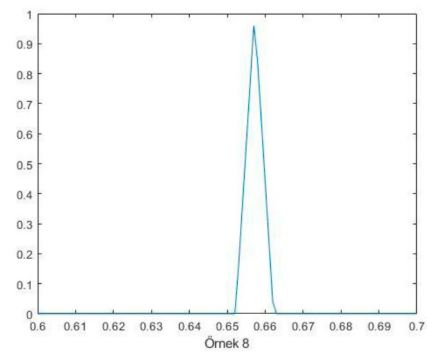
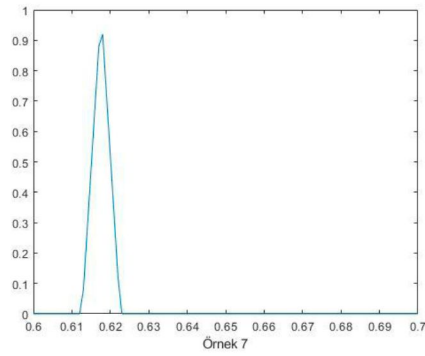
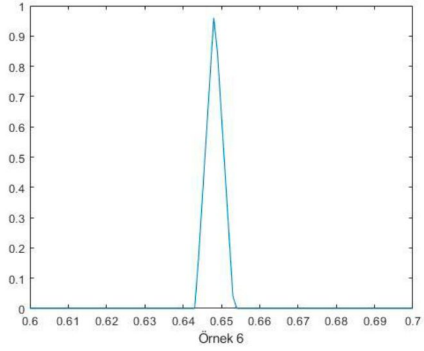
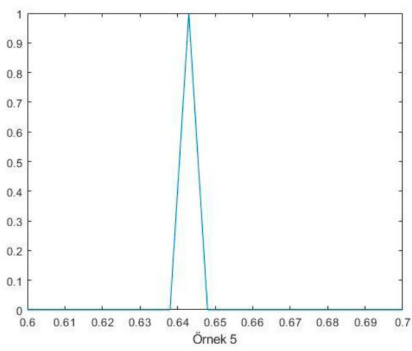
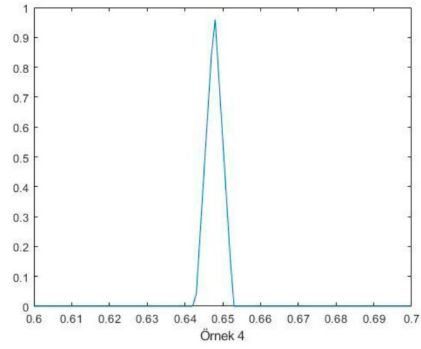
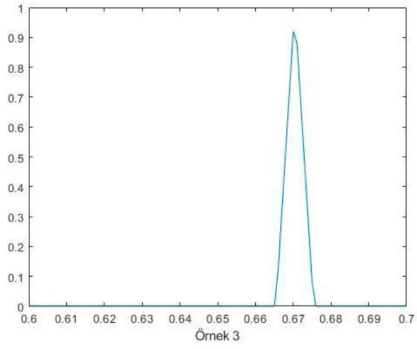
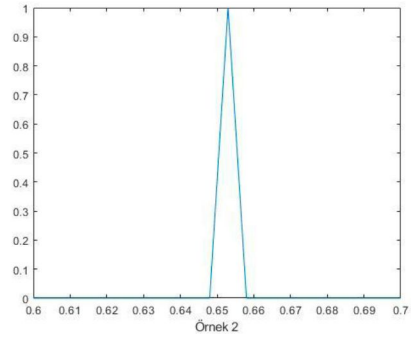
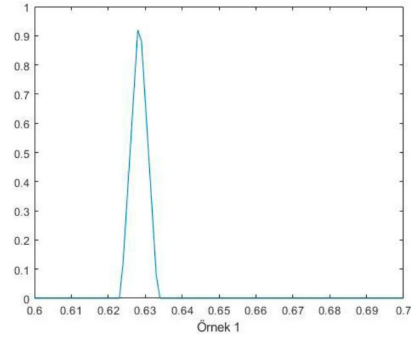
**Çizelge 7.2** 10x39x19 cm Bims'in ÜBS olarak gözlem değerleri

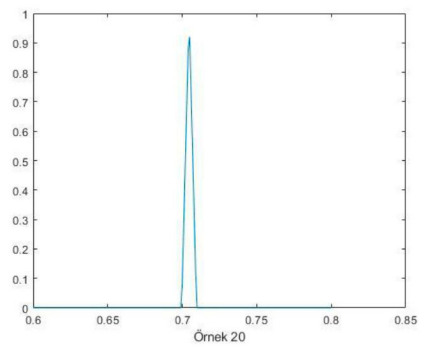
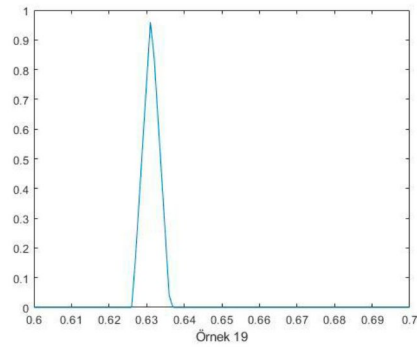
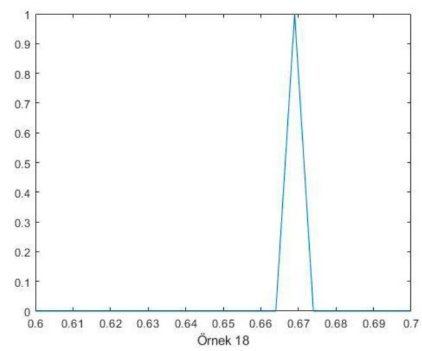
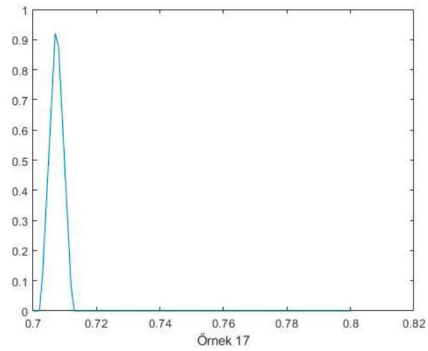
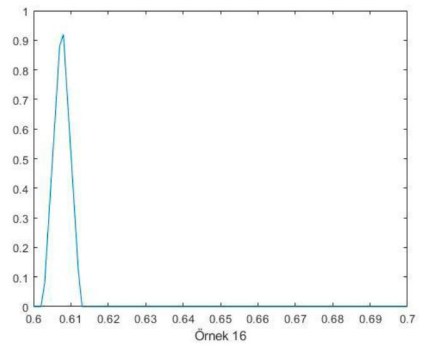
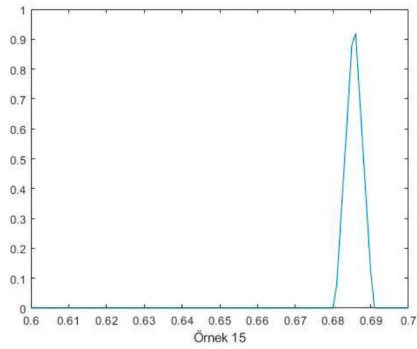
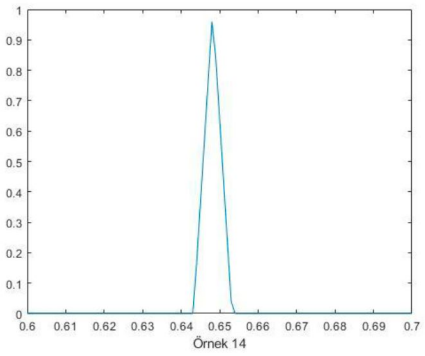
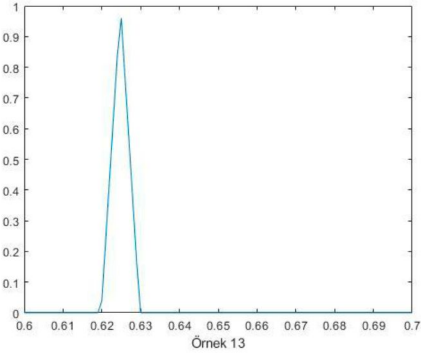
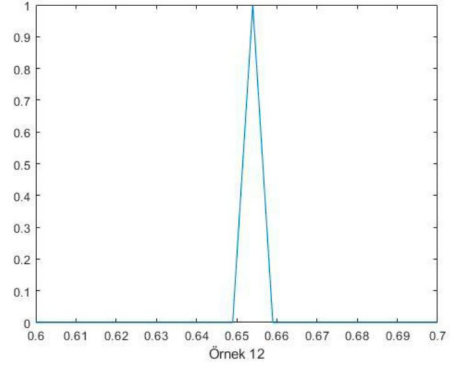
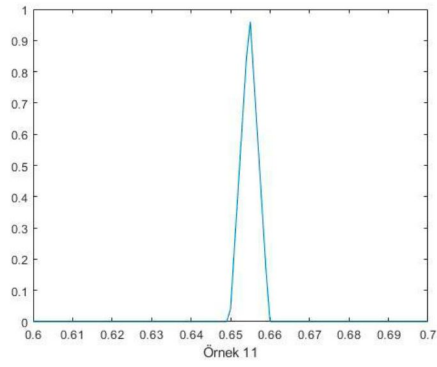
	X1			X2			X3			X4			X5		
1	0,623	0,628	0,633	0,634	0,639	0,644	0,625	0,630	0,635	0,630	0,635	0,640	0,605	0,610	0,615
2	0,651	0,656	0,661	0,655	0,660	0,665	0,640	0,645	0,650	0,655	0,660	0,665	0,639	0,644	0,649
3	0,651	0,656	0,661	0,655	0,660	0,665	0,674	0,679	0,684	0,669	0,674	0,679	0,678	0,683	0,688
4	0,642	0,647	0,652	0,629	0,634	0,639	0,660	0,665	0,670	0,642	0,647	0,652	0,641	0,646	0,651
5	0,662	0,667	0,672	0,631	0,636	0,641	0,633	0,638	0,643	0,629	0,634	0,639	0,635	0,640	0,645
6	0,647	0,652	0,657	0,659	0,664	0,669	0,636	0,641	0,646	0,641	0,646	0,651	0,633	0,638	0,643
7	0,596	0,601	0,606	0,596	0,601	0,606	0,596	0,601	0,606	0,633	0,638	0,643	0,642	0,647	0,652
8	0,654	0,659	0,664	0,638	0,643	0,648	0,650	0,655	0,660	0,633	0,638	0,643	0,686	0,691	0,696
9	0,650	0,655	0,660	0,643	0,648	0,653	0,619	0,624	0,629	0,644	0,649	0,654	0,634	0,639	0,644
10	0,633	0,638	0,643	0,618	0,623	0,628	0,659	0,664	0,669	0,601	0,606	0,611	0,608	0,613	0,618
11	0,638	0,643	0,648	0,672	0,677	0,682	0,670	0,675	0,680	0,648	0,653	0,658	0,621	0,626	0,631
12	0,684	0,689	0,694	0,646	0,651	0,656	0,652	0,657	0,662	0,635	0,640	0,645	0,628	0,633	0,638
13	0,654	0,659	0,664	0,614	0,619	0,624	0,622	0,627	0,632	0,604	0,609	0,614	0,605	0,610	0,615
14	0,636	0,641	0,646	0,661	0,666	0,671	0,668	0,673	0,678	0,625	0,630	0,635	0,626	0,631	0,636
15	0,673	0,678	0,683	0,703	0,708	0,713	0,645	0,650	0,655	0,681	0,686	0,691	0,701	0,706	0,711
16	0,608	0,613	0,618	0,602	0,607	0,612	0,597	0,602	0,607	0,605	0,610	0,615	0,601	0,606	0,611
17	0,708	0,713	0,718	0,713	0,718	0,723	0,720	0,725	0,730	0,667	0,672	0,677	0,704	0,709	0,714
18	0,664	0,669	0,674	0,664	0,669	0,674	0,665	0,670	0,675	0,641	0,646	0,651	0,686	0,691	0,696
19	0,670	0,675	0,680	0,618	0,623	0,628	0,611	0,616	0,621	0,625	0,630	0,635	0,607	0,612	0,617
20	0,717	0,722	0,727	0,698	0,703	0,708	0,717	0,722	0,727	0,694	0,699	0,704	0,672	0,677	0,682
21	0,615	0,620	0,625	0,647	0,652	0,657	0,633	0,638	0,643	0,625	0,630	0,635	0,630	0,635	0,640
22	0,658	0,663	0,668	0,670	0,675	0,680	0,679	0,684	0,689	0,615	0,620	0,625	0,653	0,658	0,663
23	0,676	0,681	0,686	0,643	0,648	0,653	0,636	0,641	0,646	0,645	0,650	0,655	0,647	0,652	0,657
24	0,707	0,712	0,717	0,647	0,652	0,657	0,645	0,650	0,655	0,661	0,666	0,671	0,697	0,702	0,707

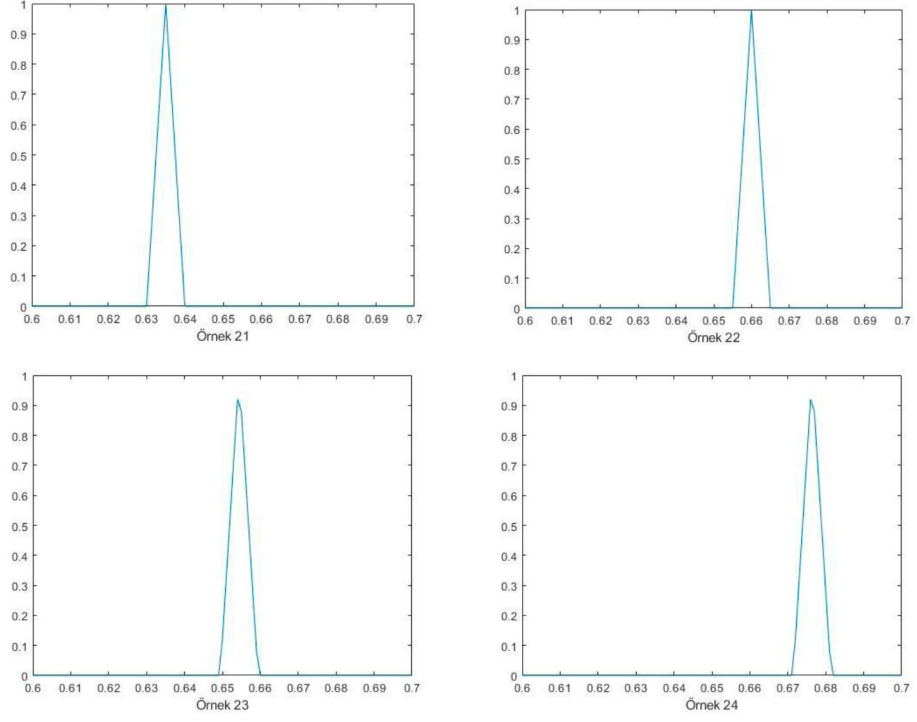
Bulanık X-bar ve R istatistiksel kontrol çizelgeleri için sonuçlar Çizelge 7.3'de gösterilmektedir. İşlemin, bulanık X-bar ve R istatistiksel kontrol çizelgeleri kullanılarak Çizelge 7.4'de kontrol edilmiştir. Formül 6.5 kullanılarak Çizelge 7.3'deki  $\bar{\bar{X}}$  değerleri, Formül 6.6 kullanılarak Çizelge 7.3'deki  $\bar{\bar{R}}$  değerleri hesaplanmıştır. Şekil 7.2 bulanık X-bar değerleri için her numunenin üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonlarını verirken Şekil 7.3 ise Bulanık R-bar değerleri için her numunenin üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonlarını vermektedir.

**Çizelge 7.3** 10x39x19 cm Bims ürünleri için ortalama ve değişim aralığı değerleri ile kontrol sonuçları

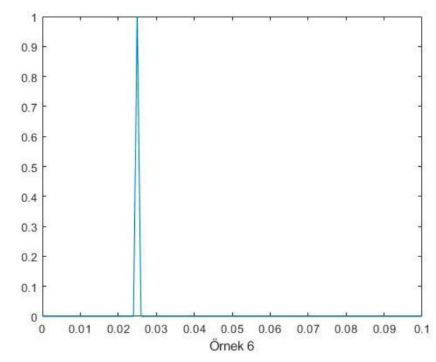
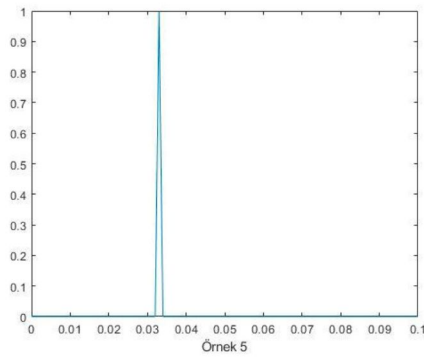
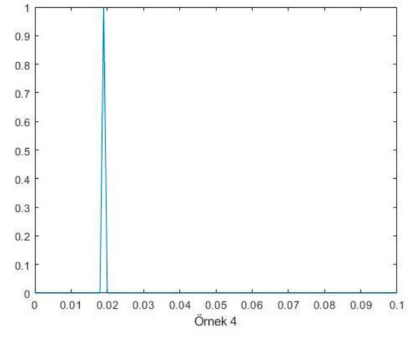
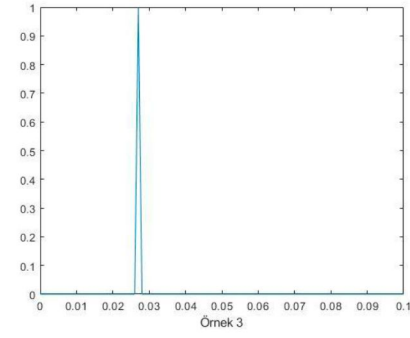
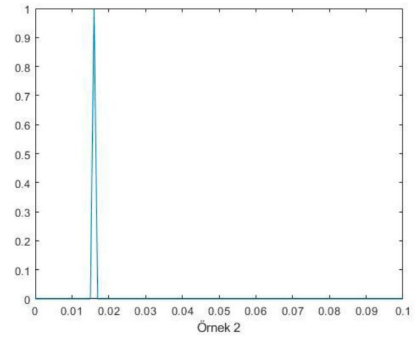
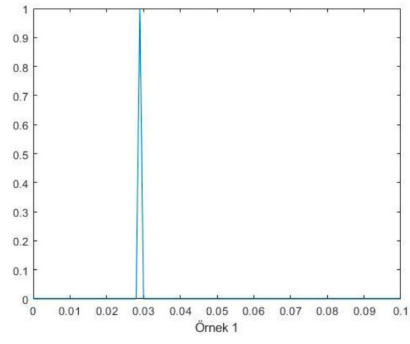
	X				R			
1	0,6234	0,6284	0,6334	K.A.	0,029	0,029	0,029	K.A.
2	0,648	0,653	0,658	K.A.	0,016	0,016	0,016	K.A.
3	0,6654	0,6704	0,6754	K.A.	0,027	0,027	0,027	K.A.
4	0,6428	0,6478	0,6528	K.A.	0,019	0,031	0,019	K.A.
5	0,638	0,643	0,648	K.A.	0,033	0,033	0,033	K.A.
6	0,6432	0,6482	0,6532	K.A.	0,026	0,026	0,026	K.A.
7	0,6126	0,6176	0,6226	K.A.	0,046	0,046	0,046	K.A.
8	0,6522	0,6572	0,6622	K.A.	0,053	0,053	0,053	K.A.
9	0,638	0,643	0,648	K.A.	0,01	0,031	0,031	K.A.
10	0,6238	0,6288	0,6338	K.A.	0,051	0,051	0,051	K.A.
11	0,6498	0,6548	0,6598	K.A.	0,051	0,051	0,051	K.A.
12	0,649	0,654	0,659	K.A.	0,056	0,056	0,056	K.A.
13	0,6198	0,6248	0,6298	K.A.	0,05	0,05	0,05	K.A.
14	0,6432	0,6482	0,6532	K.A.	0,043	0,043	0,043	K.A.
15	0,6806	0,6856	0,6906	K.A.	0,058	0,058	0,058	K.A.
16	0,6026	0,6076	0,6126	K.A.	0,011	0,005	0,011	K.A.
17	0,7024	0,7074	0,7124	K.A.	0,046	0,053	0,053	K.A.
18	0,664	0,669	0,674	K.A.	0,045	0,045	0,045	K.A.
19	0,6262	0,6312	0,6362	K.A.	0,063	0,063	0,063	K.A.
20	0,6996	0,7046	0,7096	K.A.	0,045	0,045	0,045	K.A.
21	0,63	0,635	0,64	K.A.	0,032	0,018	0,032	K.A.
22	0,655	0,66	0,665	K.A.	0,064	0,064	0,064	K.A.
23	0,6494	0,6544	0,6594	K.A.	0,033	0,04	0,04	K.A.
24	0,6714	0,6764	0,6814	K.A.	0,06	0,06	0,06	K.A.
Ort.	0,6471	0,6521	0,6571		0,040292	0,041417	0,04175	
K.A.	Kontrol Altında							

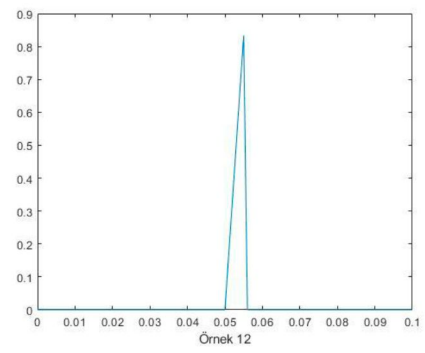
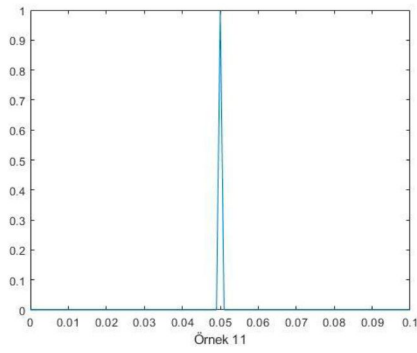
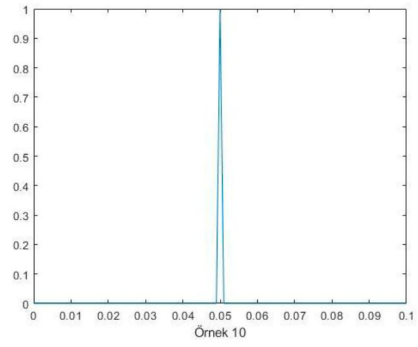
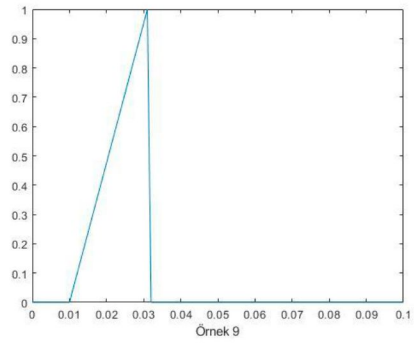
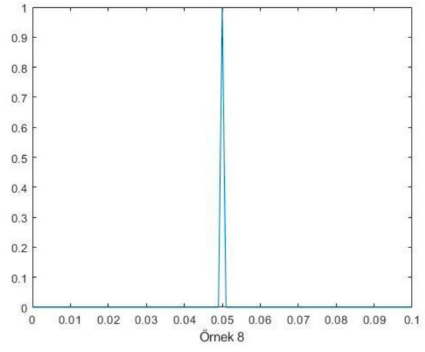
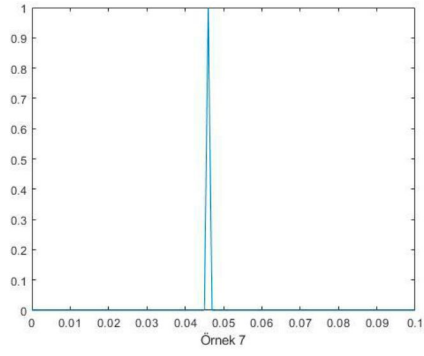




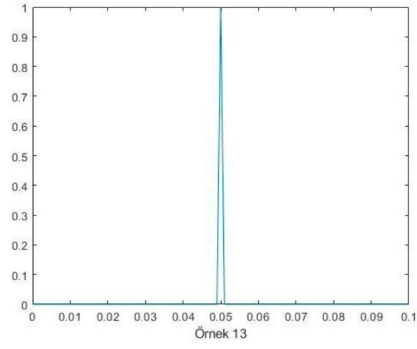


**Şekil 7.2** Bulanık X-bar değerleri için her numunenin üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonları

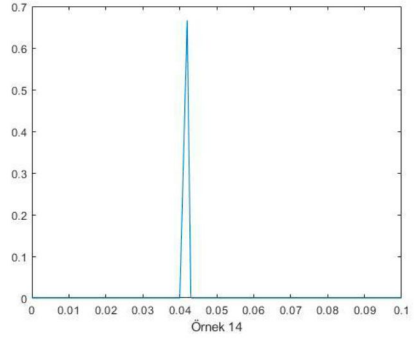




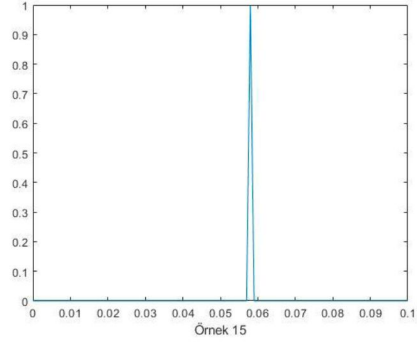




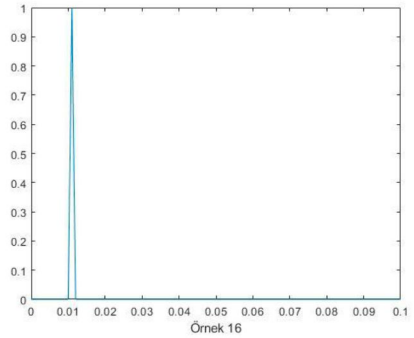
Örnek 13



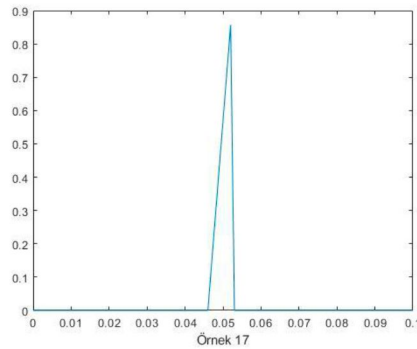
Örnek 14



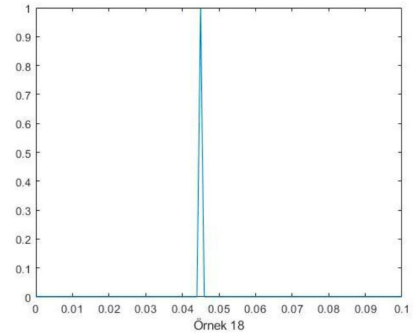
Örnek 15



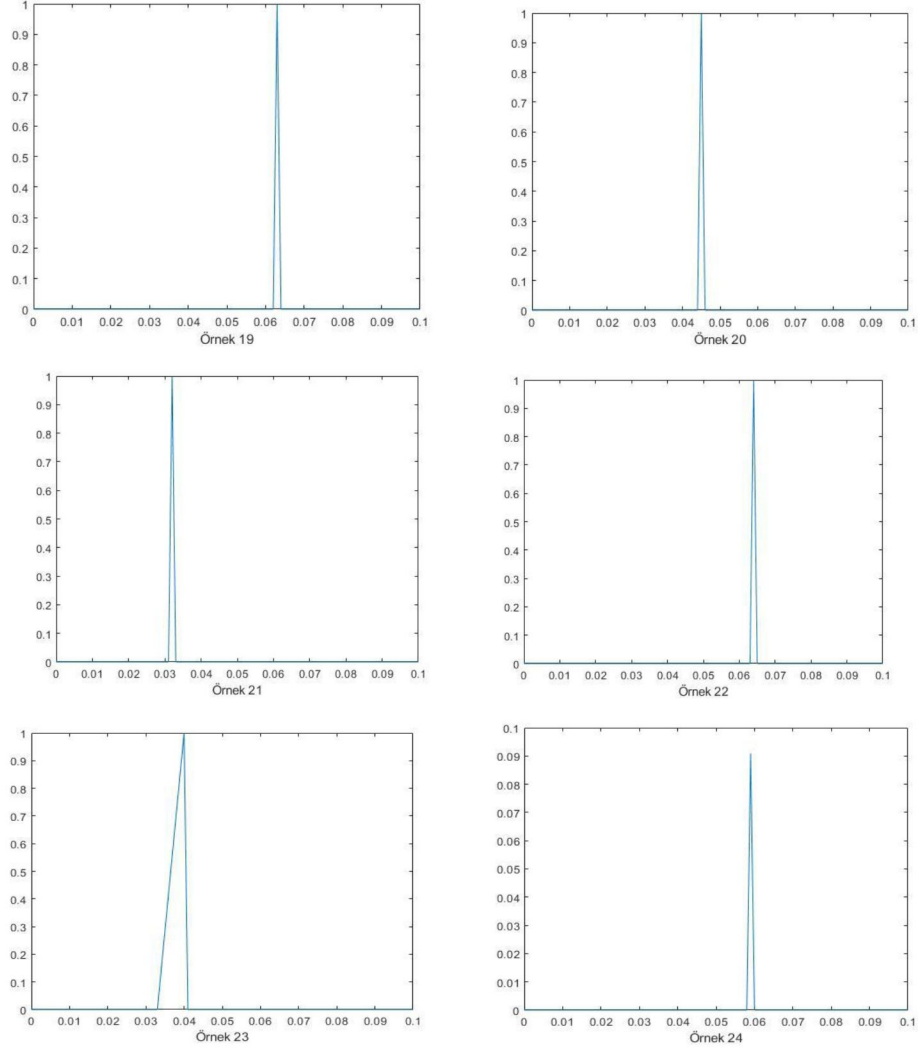
Örnek 16



Örnek 17



Örnek 18



**Şekil 7.3** Bulanık R-bar değerleri için her numunenin üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonları

Çizelge 7.4'deki değerler üst kontrol limitleri için Formül (6.7) X-bar grafiği ve Formül (6.10) R grafiği, orta değer için Formül 6.8 X-bar grafiği ve Formül (6.11) R grafiği ve de alt kontrol limitleri için Formül (6.9) X-bar grafiği ve Formül (6.12) R grafiği için kullanılmıştır.

**Çizelge 7.4** Kontrol limitleri  $\bar{\bar{X}}$  ve  $\bar{\bar{R}}$  için sonuçları göstermektedir

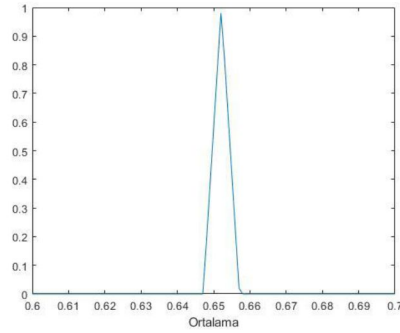
Kontrol şeması	Kontrol limiti	Kontrol limitinin değerleri		
$\bar{\bar{X}}$	$\widetilde{ÜKL\bar{X}}$	0,6703	0,6758	0,6812
	$\widetilde{OD\bar{X}}$	0,6471	0,6521	0,6571
	$\widetilde{AKL\bar{X}}$	0,6223	0,6282	0,6330
$\bar{\bar{R}}$	$\widetilde{ÜKLR}$	0,0910	0,0880	0,0880
	$\widetilde{ODR}$	0,0413	0,0414	0,0411
	$\widetilde{AKLR}$	0,0000	0,0000	0,0000

$\check{\mu}$ ,  $\check{\sigma}$ ,  $\check{C}_p$ ,  $\check{C}_{pu}$  ve  $\check{C}_{pl}$  değerleri Çizelge 7.5'te Bims bloklarının imalatı için işlemin yeterli olup olmadığını kontrol etmek için hesaplanmıştır. Sürecin yeterli olduğu ve  $\check{C}_p$ ,  $\check{C}_{pu}$  ve  $\check{C}_{pl}$  değerlerinin 1.33'ten büyük olduğu sonucuna varılmıştır.

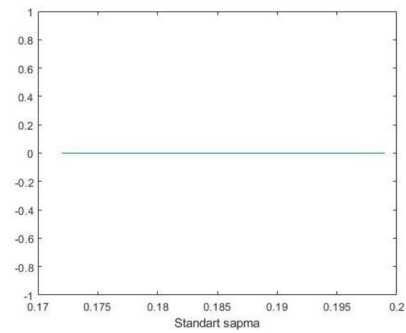
**Çizelge 7.5**  $\check{\mu}$ ,  $\check{\sigma}$ ,  $\check{C}_p$ ,  $\check{C}_{pu}$  ve  $\check{C}_{pl}$  değerleri

Parametre	Değerler		
$\check{\mu}$	0,6471	0,6521	0,6571
$\check{\sigma}$	0,0173	0,0178	0,0179
$\check{C}_p$	12,52	12,72	12,10
$\check{C}_{pu}$	18,36	17,75	17,55
$\check{C}_{pl}$	6,69	6,59	6,65

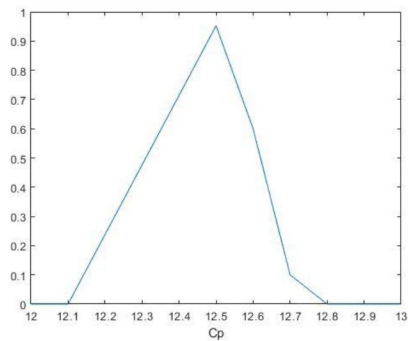
Çizelge 7.5'daki her bir parametrenin üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonları da Şekil 7.4'da gösterilmiştir.



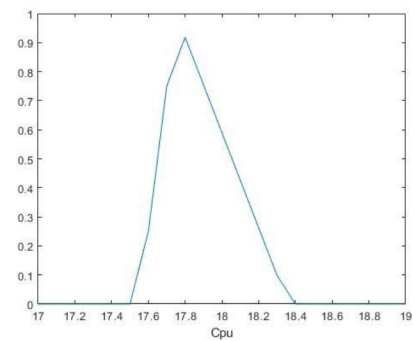
(a)



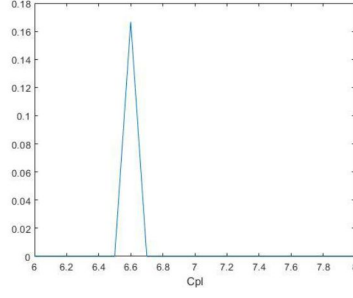
(b)



(c)



(d)



(e)

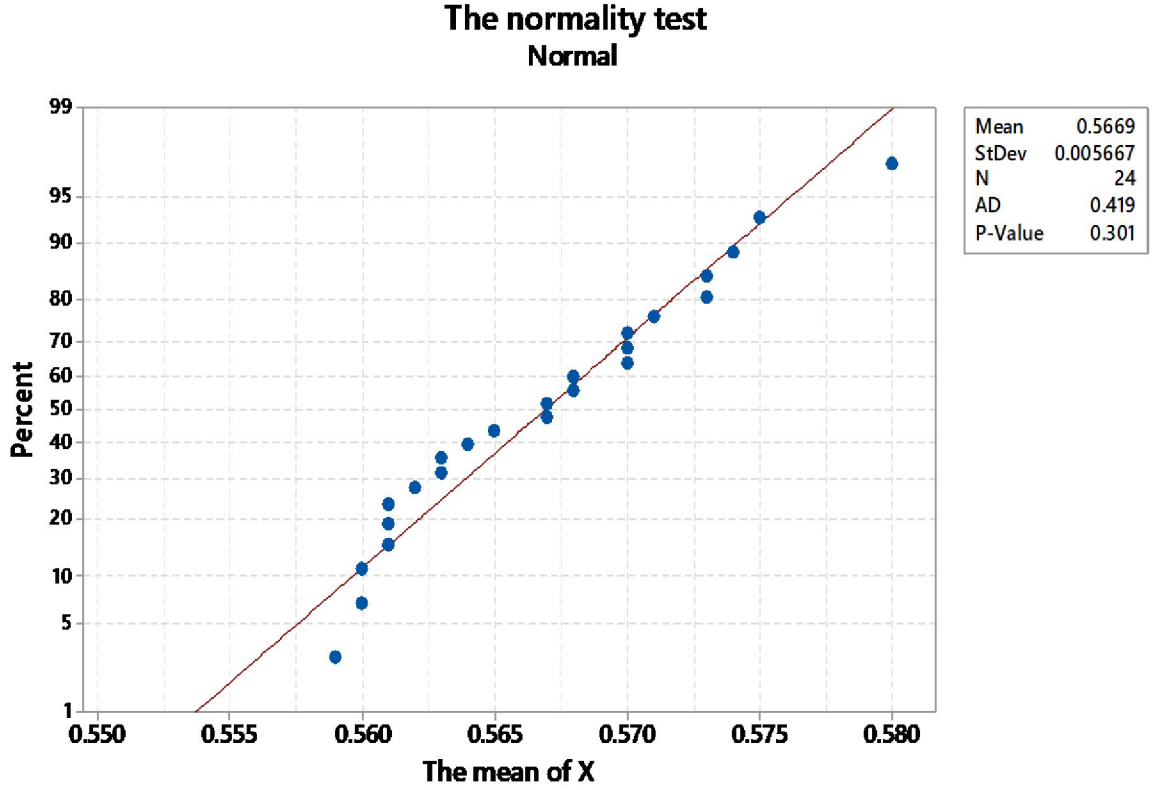
**Şekil 7.4.** Üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonları (a)  $\tilde{\mu}$  ; (b)  $\tilde{\sigma}$  ; (c)  $\tilde{C}_p$  ; (d)  $\tilde{C}_{pu}$  ; (e)  $\tilde{C}_{pl}$

Çalışmanın ikinci ayağı olan 15x39x19 cm Bims ürünleri için elde edilen veriler Çizelge 7.6’da verilmiştir.

**Çizelge 7.6** 15x39x19 cm Bims ürünlerine ait brüt birim hacim ağırlık ( $\text{kg}/\text{dm}^3$ ) verileri

Örnek	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$\bar{X}$
1	0,555	0,555	0,581	0,557	0,556	0,561
2	0,556	0,555	0,566	0,564	0,574	0,563
3	0,561	0,555	0,566	0,570	0,585	0,568
4	0,563	0,559	0,571	0,593	0,565	0,570
5	0,556	0,568	0,565	0,575	0,556	0,564
6	0,557	0,557	0,569	0,589	0,564	0,567
7	0,556	0,566	0,584	0,583	0,574	0,573
8	0,585	0,578	0,571	0,574	0,563	0,574
9	0,566	0,571	0,584	0,577	0,566	0,573
10	0,571	0,574	0,574	0,574	0,555	0,570
11	0,584	0,586	0,591	0,568	0,571	0,580
12	0,565	0,571	0,574	0,585	0,556	0,570
13	0,573	0,592	0,562	0,561	0,565	0,571
14	0,556	0,572	0,556	0,556	0,554	0,559
15	0,556	0,571	0,562	0,555	0,558	0,560
16	0,556	0,575	0,555	0,556	0,556	0,560
17	0,556	0,556	0,555	0,577	0,579	0,565
18	0,557	0,559	0,559	0,556	0,574	0,561
19	0,586	0,569	0,557	0,572	0,557	0,568
20	0,560	0,559	0,561	0,556	0,579	0,563
21	0,559	0,555	0,557	0,577	0,556	0,561
22	0,557	0,559	0,582	0,556	0,556	0,562
23	0,566	0,578	0,589	0,566	0,577	0,575
24	0,569	0,580	0,574	0,556	0,557	0,567

Çizelge 7.6'da toplanan veriler için normallik testi yapılmıştır. Minitab yazılımı sürüm 17 kullanılmış ve daha yüksek doğruluk sağlamak için Anderson-Darling normallik testinden yararlanılmıştır.  $p$  değerinin 0.301 olarak tespit edilmiş olup alfa değerinden (0.05) daha yüksek olduğu için prosesin normallik varsayımını sağladığı sonucuna varılmıştır. Bu durumu Şekil 7.5 de doğruladığı görülmektedir.



Şekil 7.5 Normallik çizgisi

Çizelge 7.6 değerleri 0.005 mm bulanık değerlere göre Çizelge 7.7'deki üçgen bulanık sayıları dönüştürmüştür. Bulanık değer, işçi hataları ve ölçümdeki hata oranı gibi nedenlere bağlı olarak meydana gelen farkın değeri olarak kabul edilmiştir.

**Çizelge 7.7** 15x39x19 Bims ürünlerinin brüt birim hacim ağırlıklarının üçgen bulanık değerlere dönüştürülmesi

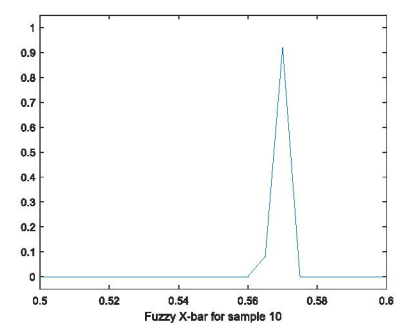
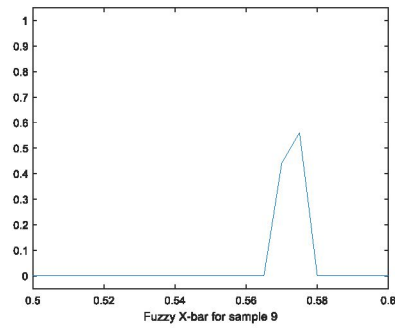
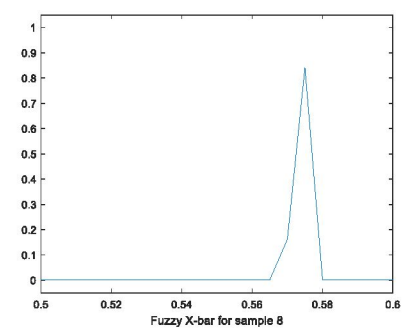
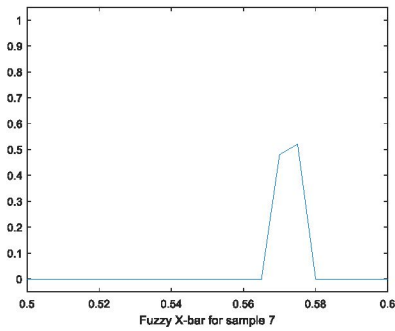
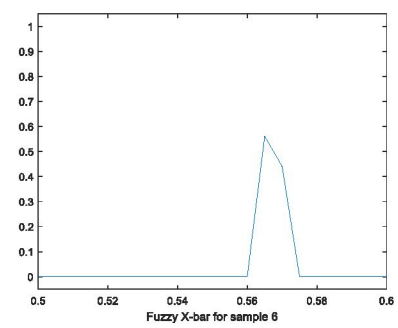
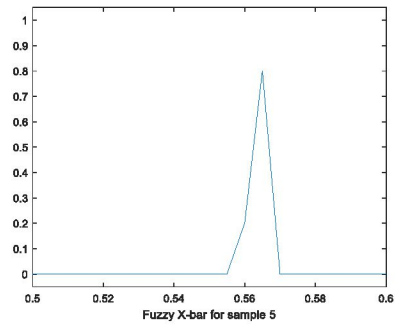
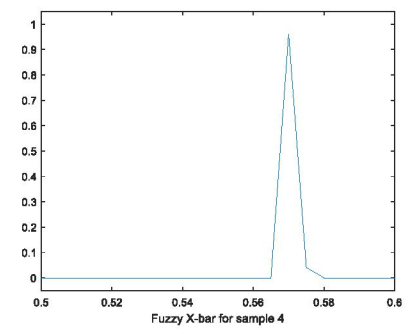
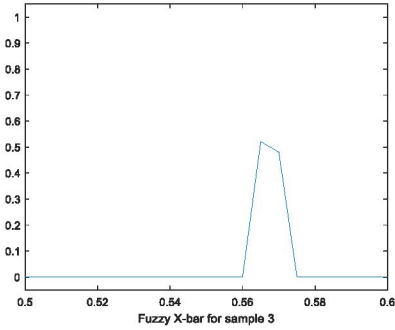
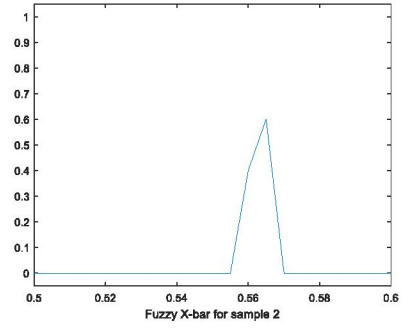
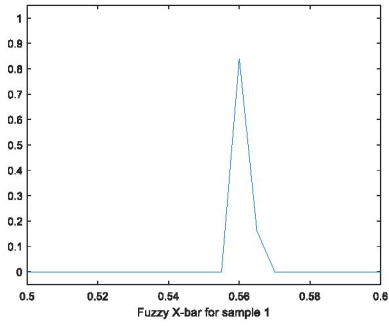
Örnek	$x_1$			$x_2$			$x_3$			$x_4$			$x_5$		
1	0,550	0,555	0,560	0,550	0,555	0,560	0,576	0,581	0,586	0,552	0,557	0,562	0,551	0,556	0,561
2	0,551	0,556	0,561	0,550	0,555	0,560	0,561	0,566	0,571	0,559	0,564	0,569	0,569	0,574	0,579
3	0,556	0,561	0,566	0,550	0,555	0,560	0,561	0,566	0,571	0,565	0,570	0,575	0,580	0,585	0,590
4	0,558	0,563	0,568	0,554	0,559	0,564	0,566	0,571	0,576	0,588	0,593	0,598	0,560	0,565	0,570
5	0,551	0,556	0,561	0,563	0,568	0,573	0,560	0,565	0,570	0,570	0,575	0,580	0,551	0,556	0,561
6	0,552	0,557	0,562	0,552	0,557	0,562	0,564	0,569	0,574	0,584	0,589	0,594	0,559	0,564	0,569
7	0,551	0,556	0,561	0,561	0,566	0,571	0,579	0,584	0,589	0,578	0,583	0,588	0,569	0,574	0,579
8	0,580	0,585	0,590	0,573	0,578	0,583	0,566	0,571	0,576	0,569	0,574	0,579	0,558	0,563	0,568
9	0,561	0,566	0,571	0,566	0,571	0,576	0,579	0,584	0,589	0,572	0,577	0,582	0,561	0,566	0,571
10	0,566	0,571	0,576	0,569	0,574	0,579	0,569	0,574	0,579	0,569	0,574	0,579	0,550	0,555	0,560
11	0,579	0,584	0,589	0,581	0,586	0,591	0,586	0,591	0,596	0,563	0,568	0,573	0,566	0,571	0,576
12	0,560	0,565	0,570	0,566	0,571	0,576	0,569	0,574	0,579	0,580	0,585	0,590	0,551	0,556	0,561
13	0,568	0,573	0,578	0,587	0,592	0,597	0,557	0,562	0,567	0,556	0,561	0,566	0,560	0,565	0,570
14	0,551	0,556	0,561	0,567	0,572	0,577	0,551	0,556	0,561	0,551	0,556	0,561	0,549	0,554	0,559
15	0,551	0,556	0,561	0,566	0,571	0,576	0,557	0,562	0,567	0,550	0,555	0,560	0,553	0,558	0,563
16	0,551	0,556	0,561	0,570	0,575	0,580	0,550	0,555	0,560	0,551	0,556	0,561	0,551	0,556	0,561
17	0,551	0,556	0,561	0,551	0,556	0,561	0,550	0,555	0,560	0,572	0,577	0,582	0,574	0,579	0,584
18	0,552	0,557	0,562	0,554	0,559	0,564	0,554	0,559	0,564	0,551	0,556	0,561	0,569	0,574	0,579
19	0,581	0,586	0,591	0,564	0,569	0,574	0,552	0,557	0,562	0,567	0,572	0,577	0,552	0,557	0,562
20	0,555	0,560	0,565	0,554	0,559	0,564	0,556	0,561	0,566	0,551	0,556	0,561	0,574	0,579	0,584
21	0,554	0,559	0,564	0,550	0,555	0,560	0,552	0,557	0,562	0,572	0,577	0,582	0,551	0,556	0,561
22	0,552	0,557	0,562	0,554	0,559	0,564	0,577	0,582	0,587	0,551	0,556	0,561	0,551	0,556	0,561
23	0,561	0,566	0,571	0,573	0,578	0,583	0,584	0,589	0,594	0,561	0,566	0,571	0,572	0,577	0,582
24	0,564	0,569	0,574	0,575	0,580	0,585	0,569	0,574	0,579	0,551	0,556	0,561	0,552	0,557	0,562

Bulanık X-bar ve R istatistiksel kontrol çizelgeleri için sonuçlar Çizelge 7.8'de gösterilmektedir. İşlemin, bulanık X-bar ve R istatistiksel kontrol çizelgeleri kullanılarak Çizelge 7.8'de kontrol edilmiştir. Formül 6.5'deki formül kullanılarak Çizelge 7.8'deki  $\bar{\bar{X}}$  değerleri ve Formül 6.6 kullanılarak Çizelge 7.3'deki  $\bar{\bar{R}}$  değerleri hesaplanmıştır. Şekil 7.6 bulanık X-bar değerleri için her numunenin üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonlarını verirken Şekil 7.7 ise Bulanık R-bar değerleri için her numunenin üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonlarını vermektedir.

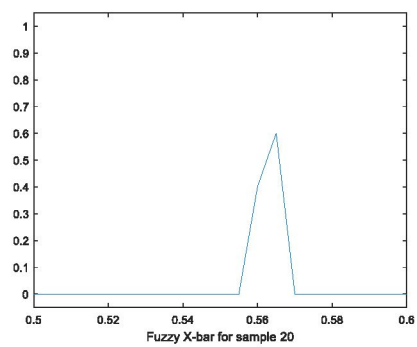
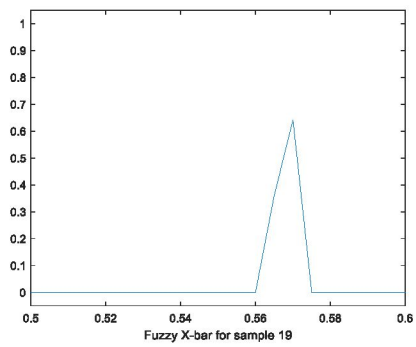
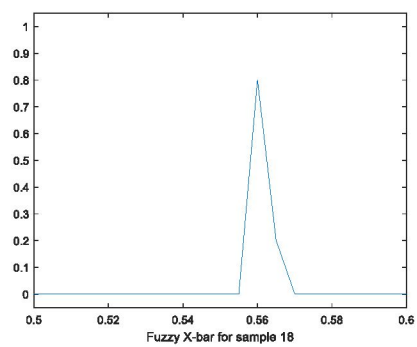
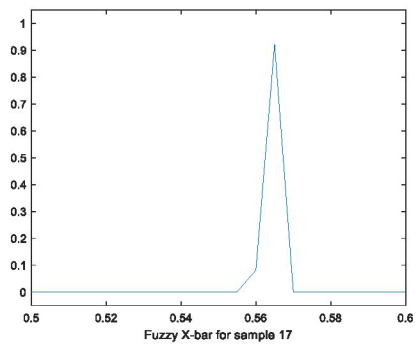
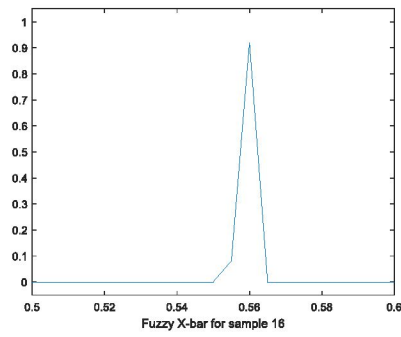
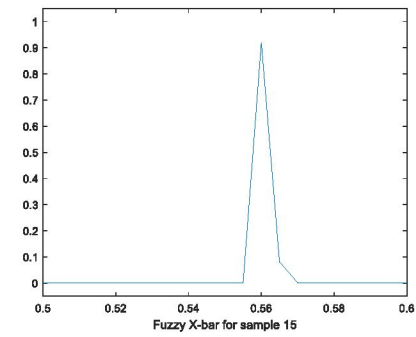
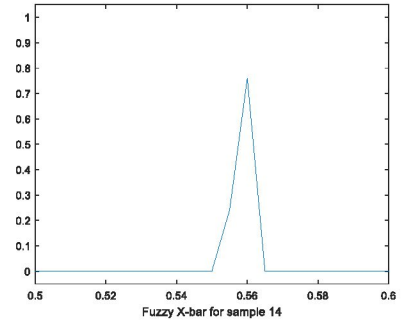
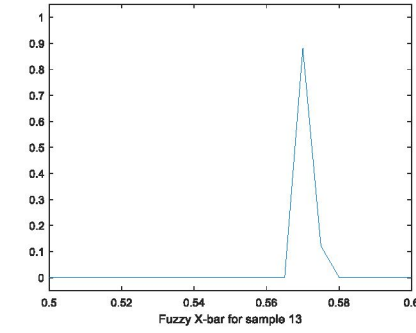
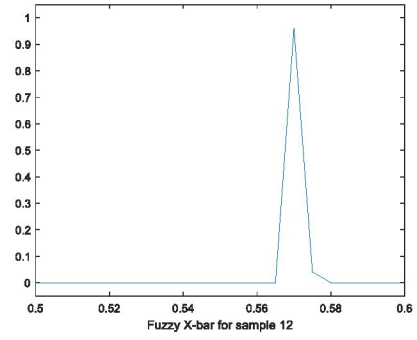
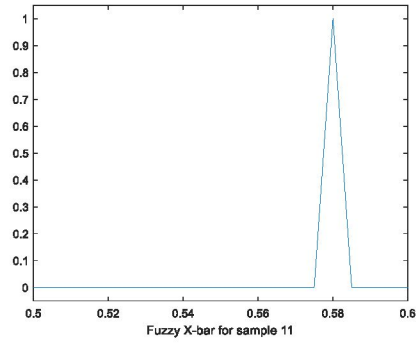
**Çizelge 7.8** Her numunenin süreç durumu ile birlikte süreç ortalama ve aralık değerlerinin sonuçları

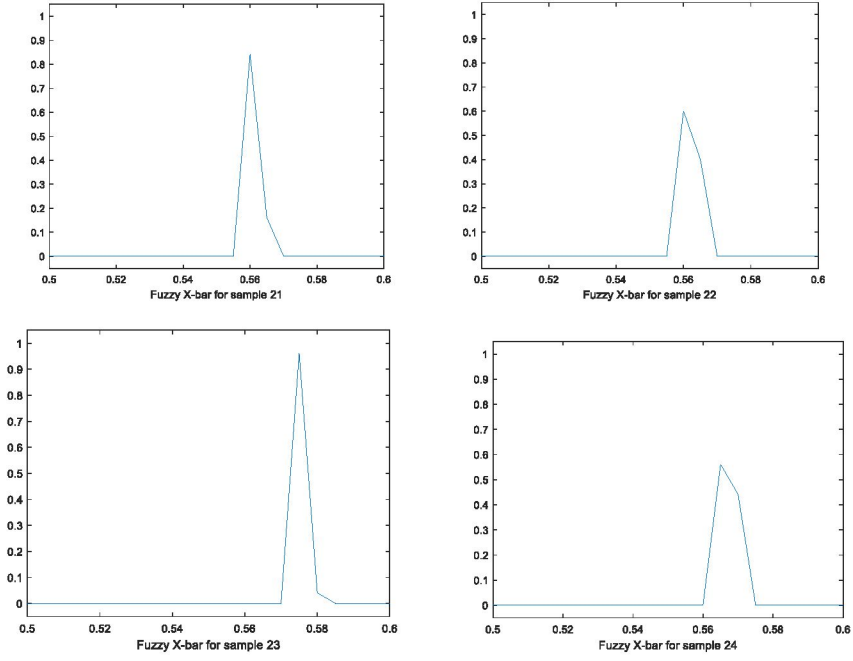
Örnek	$\bar{\bar{X}}$			Durum	$\bar{\bar{R}}$			Durum
1	0,5558	0,5608	0,5658	K.A.	0,0250	0,0260	0,0260	K.A.
2	0,5580	0,5630	0,5680	K.A.	0,0180	0,0190	0,0190	K.A.
3	0,5624	0,5674	0,5724	K.A.	0,0300	0,0300	0,0300	K.A.
4	0,5652	0,5702	0,5752	K.A.	0,0120	0,0340	0,0300	K.A.
5	0,5590	0,5640	0,5690	K.A.	0,0120	0,0190	0,0100	K.A.
6	0,5622	0,5672	0,5722	K.A.	0,0320	0,0320	0,0320	K.A.
7	0,5676	0,5726	0,5776	K.A.	0,0280	0,0280	0,0280	K.A.
8	0,5692	0,5742	0,5792	K.A.	0,0220	0,0220	0,0220	K.A.
9	0,5678	0,5728	0,5778	K.A.	0,0180	0,0180	0,0180	K.A.
10	0,5646	0,5696	0,5746	K.A.	0,0190	0,0190	0,0190	K.A.
11	0,5750	0,5800	0,5850	K.A.	0,0200	0,0230	0,0230	K.A.
12	0,5652	0,5702	0,5752	K.A.	0,0290	0,0290	0,0200	K.A.
13	0,5656	0,5706	0,5756	K.A.	0,0310	0,0310	0,0310	K.A.
14	0,5538	0,5588	0,5638	K.A.	0,0180	0,0180	0,0180	K.A.
15	0,5554	0,5604	0,5654	K.A.	0,0160	0,0160	0,0160	K.A.
16	0,5546	0,5596	0,5646	K.A.	0,0200	0,0200	0,0200	K.A.
17	0,5596	0,5646	0,5696	K.A.	0,0240	0,0240	0,0240	K.A.
18	0,5560	0,5610	0,5660	K.A.	0,0180	0,0180	0,0180	K.A.
19	0,5632	0,5682	0,5732	K.A.	0,0290	0,0290	0,0290	K.A.
20	0,5580	0,5630	0,5680	K.A.	0,0230	0,0190	0,0180	K.A.
21	0,5558	0,5608	0,5658	K.A.	0,0210	0,0040	0,0220	K.A.
22	0,5570	0,5620	0,5670	K.A.	0,0260	0,0260	0,0260	K.A.
23	0,5702	0,5752	0,5802	K.A.	0,0230	0,0230	0,0230	K.A.
24	0,5622	0,5672	0,5722	K.A.	0,0240	0,0240	0,0180	K.A.
Ort.	0,5618	0,5668	0,5718		0,0224	0,0229	0,0225	
K.A.	Kontrol Altında							

Şekil 7.6 ve Şekil 7.7, Çizelge 7.8'deki bulanık X-bar ve R değerleri için her bir numunenin üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonlarını göstermektedir.

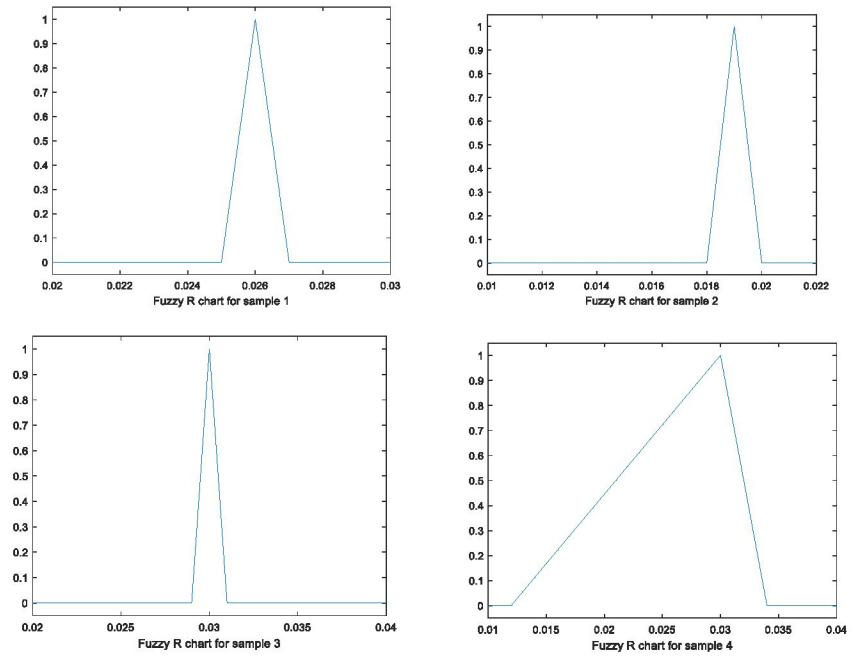


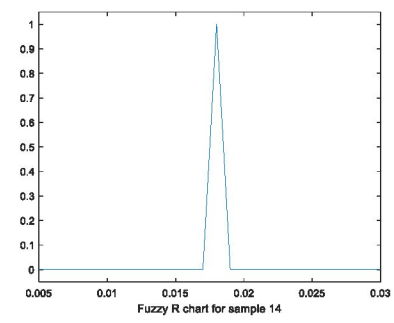
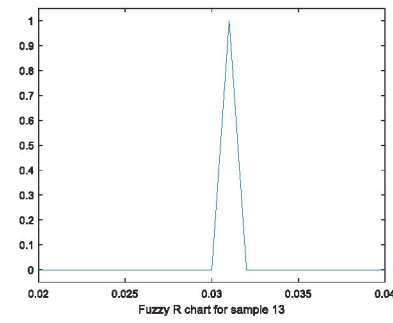
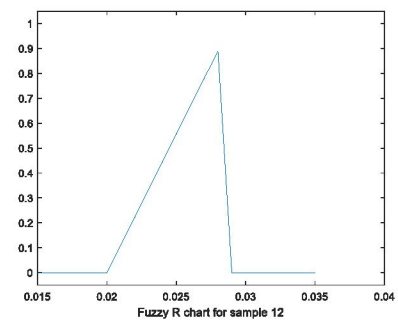
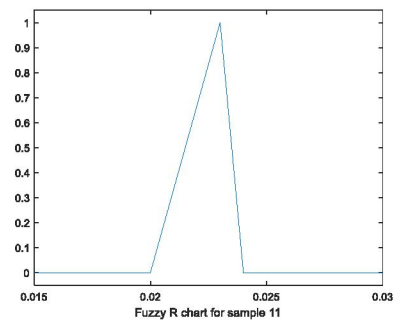
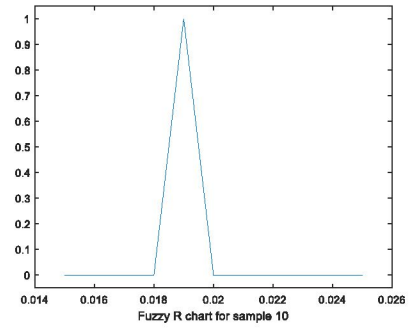
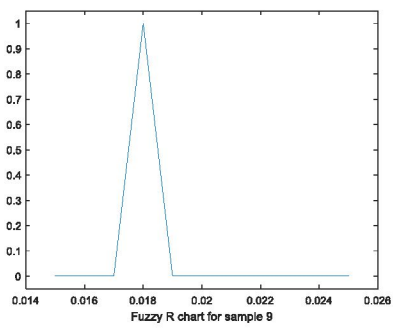
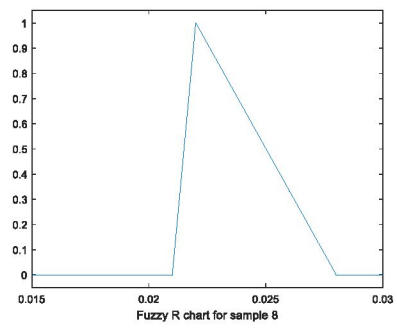
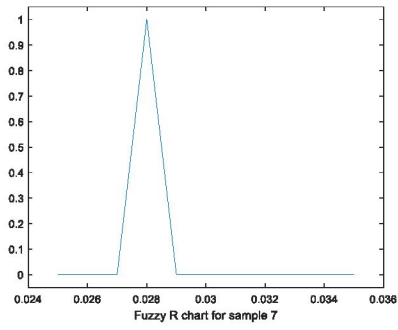
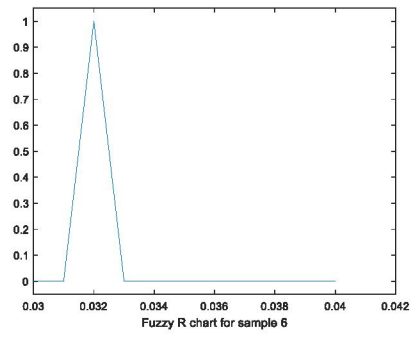
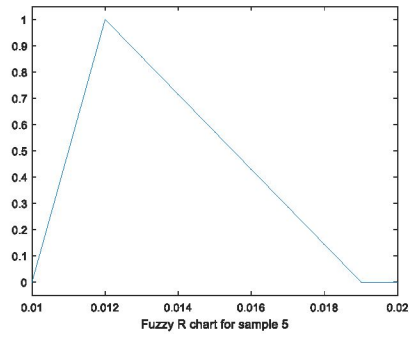


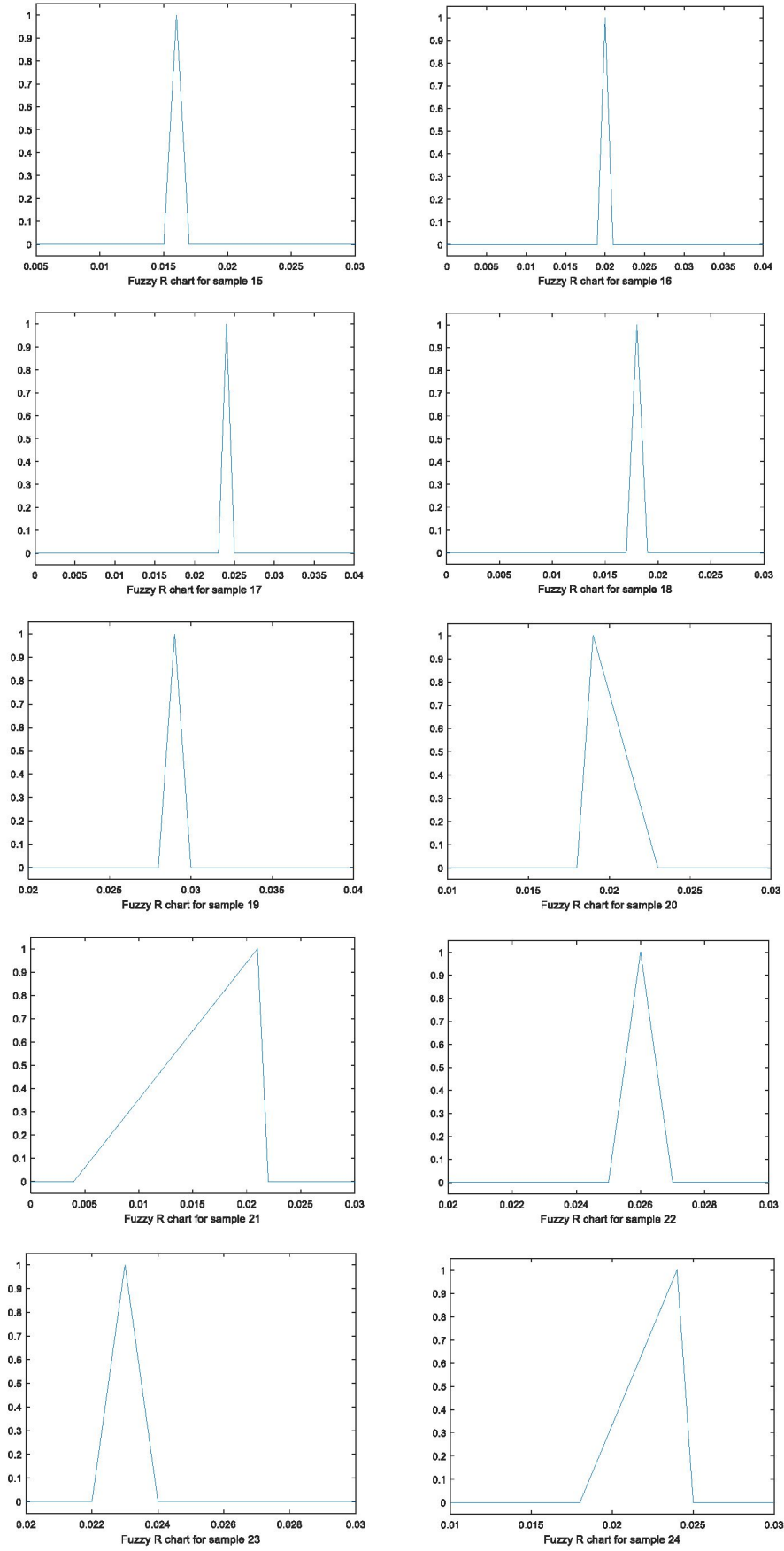




**Şekil 7.6** Bulanık X-bar değerleri için her numunenin üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonları







**Şekil 7.7** Bulanık R değerleri için her numunenin üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonları

Çizelge 7.9'daki değerler üst kontrol limitleri için Formül (6.7) X-bar grafiği ve Formül (6.10) R grafiği, orta değer için Formül (6.8) X-bar grafiği ve Formül (6.11) R grafiği ve de alt kontrol limitleri için Formül (6.9) X-bar grafiği ve Formül (6.12) R grafiği için kullanılmıştır.

**Çizelge 7.9** Kontrol limitleri  $\bar{\bar{X}}$  ve  $\bar{R}$  için sonuçları göstermektedir

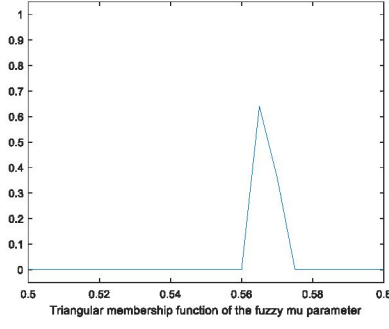
Kontrol şeması	Kontrol limiti	Kontrol limitinin değerleri		
$\bar{\bar{X}}$	$\bar{U}KL\bar{X}$	0,5750	0,5797	0,5848
	$\bar{O}D\bar{X}$	0,5618	0,5668	0,5718
	$\bar{A}KL\bar{X}$	0,5488	0,5536	0,5588
$\bar{R}$	$\bar{U}KLR$	0,0474	0,0484	0,0475
	$\bar{O}DR$	0,0224	0,0229	0,0225
	$\bar{A}KLR$	0,0000	0,0000	0,0000

$\bar{\mu}$ ,  $\bar{\sigma}$ ,  $\bar{C}_p$ ,  $\bar{C}_{pu}$  ve  $\bar{C}_{pl}$  değerleri Çizelge 7.10'da Bims bloklarının imalatı için işlemin yeterli olup olmadığını kontrol etmek için gösterilmektedir. Ek olarak sürecin yeterli olduğu ve  $\bar{C}_p$ ,  $\bar{C}_{pu}$  ve  $\bar{C}_{pl}$  değerlerinin 1.33'ten büyük olduğu sonucuna varılmıştır.

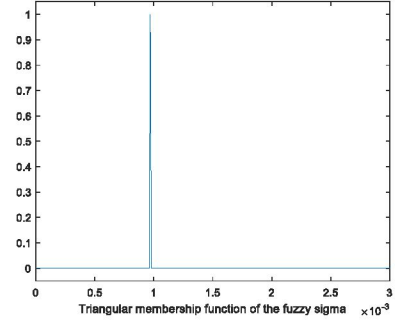
**Çizelge 7.10**  $\bar{\mu}$ ,  $\bar{\sigma}$ ,  $\bar{C}_p$ ,  $\bar{C}_{pu}$  ve  $\bar{C}_{pl}$  değerleri

Parametre	Değerler		
$\bar{\mu}$	0,5618	0,5668	0,5718
$\bar{\sigma}$	$9.6 \times 10^{-3}$	$9.8 \times 10^{-3}$	$9.7 \times 10^{-3}$
$\bar{C}_p$	22,57	22,11	22,34
$\bar{C}_{pu}$	36,05	35,14	35,33
$\bar{C}_{pl}$	9,09	9,07	9,34

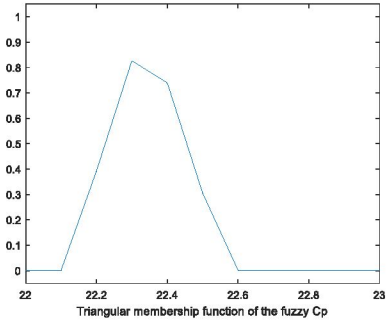
Çizelge 7.10'daki her bir parametrenin üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonları da Şekil 7.8'de gösterilmiştir.



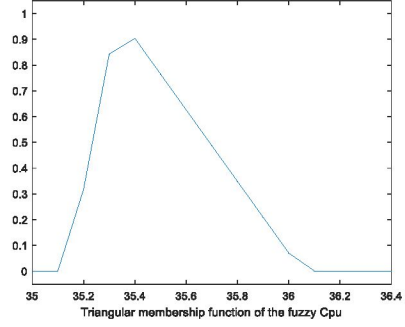
(a)



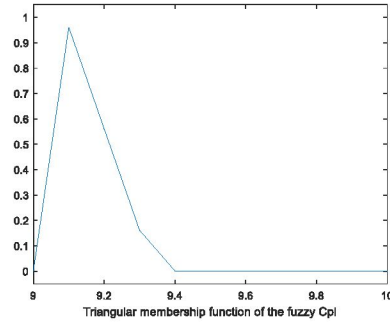
(b)



(c)



(d)



(e)

**Şekil 7.8** Üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonları (a)  $\tilde{\mu}$ ; (b)  $\tilde{\sigma}$ ; (c)  $\tilde{C}_p$ ; (d)  $\tilde{C}_{pu}$ ; (e)  $\tilde{C}_{pl}$

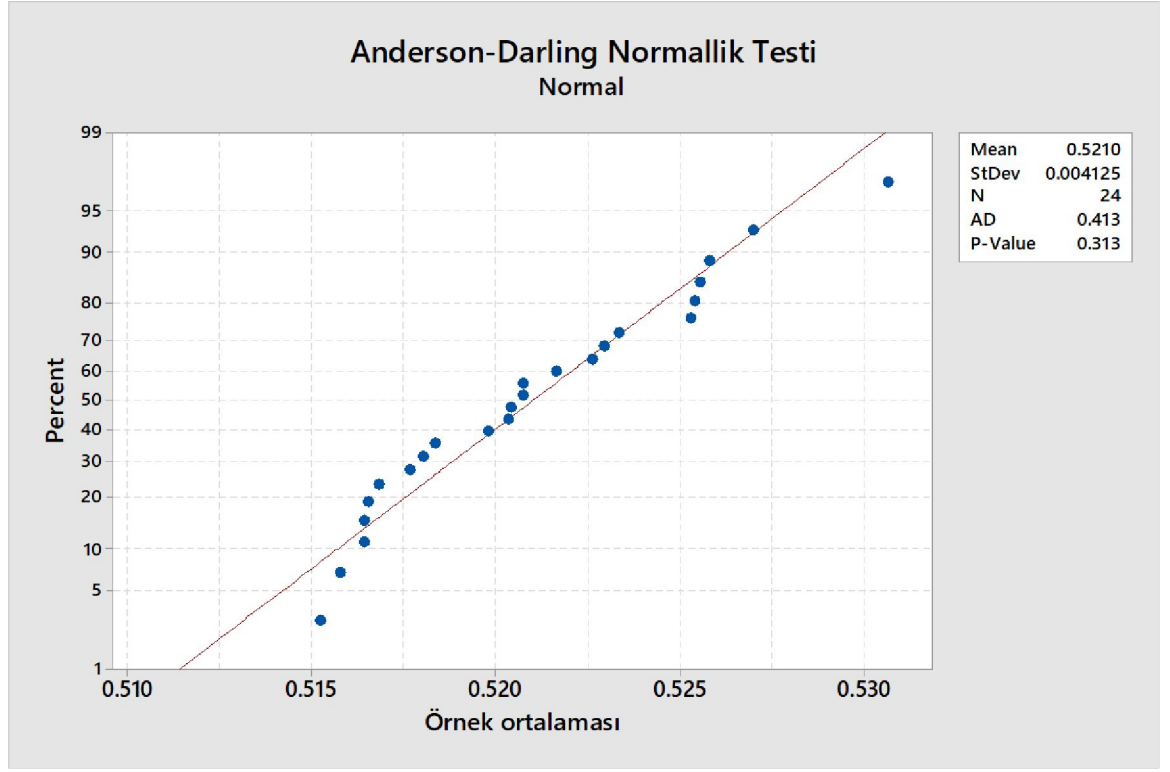
Çalışmanın üçüncü boyutu olan 19x39x19 cm Bims ürünleri için elde edilen değerler Çizelge 7.11’de verilmiştir.

**Çizelge 7.11** 19x39x19 cm Bims'in bürüt hacim ağırlıkları (kg/dm<sup>3</sup>)

Numune No	X1	X2	X3	X4	X5	Xort.
1	0,512	0,514	0,535	0,517	0,512	0,518
2	0,512	0,514	0,530	0,513	0,514	0,516
3	0,520	0,529	0,525	0,514	0,514	0,520
4	0,525	0,521	0,521	0,524	0,512	0,521
5	0,512	0,530	0,514	0,512	0,512	0,516
6	0,512	0,539	0,515	0,525	0,521	0,523
7	0,518	0,527	0,515	0,512	0,511	0,517
8	0,512	0,512	0,512	0,528	0,512	0,515
9	0,519	0,512	0,511	0,515	0,527	0,517
10	0,512	0,530	0,524	0,529	0,534	0,526
11	0,524	0,526	0,526	0,512	0,515	0,521
12	0,512	0,519	0,537	0,522	0,526	0,523
13	0,526	0,519	0,542	0,522	0,526	0,527
14	0,520	0,540	0,521	0,526	0,520	0,525
15	0,512	0,517	0,514	0,520	0,526	0,518
16	0,529	0,536	0,522	0,520	0,520	0,525
17	0,511	0,514	0,515	0,529	0,522	0,518
18	0,522	0,534	0,522	0,516	0,514	0,522
19	0,512	0,530	0,514	0,512	0,515	0,516
20	0,526	0,523	0,511	0,526	0,515	0,520
21	0,520	0,531	0,523	0,513	0,513	0,520
22	0,540	0,536	0,512	0,511	0,515	0,523
23	0,515	0,529	0,534	0,523	0,529	0,526
24	0,520	0,541	0,541	0,533	0,518	0,531

Sürecin ilk olarak normal dağılıma uygunluk testi yapılmış olup, normal dağılıma uygunluğu test etmek için Minitab 16 programında güvenirliliği yüksek olan Anderson-Darling normallik testi uygulanmıştır. Minitab16 programında yapılan testin

sonucunda p değeri,  $\alpha=0.05$  (%95güvenilirlik düzeyi) değerinden büyük olduğu için sürecin normal dağılıma uygun olduğu görülmektedir (Şekil 7.9).



Şekil 7.9 Anderson-Darling normallik testi

Çizelge 7.11'deki “yaklaşık” olarak kaydı tutulan gözlem sonuçları  $0.005 \text{ kg/dm}^3$  bulanıklık değerine göre Çizelge 7.12'deki şekilde üçgen bulanık sayılara dönüştürülmüştür.



**Çizelge 7.12** 19x3919 cm Bims ÜBS olarak gözlem değerleri

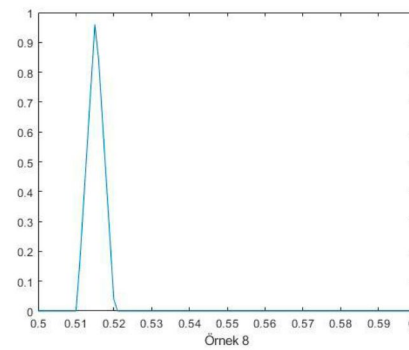
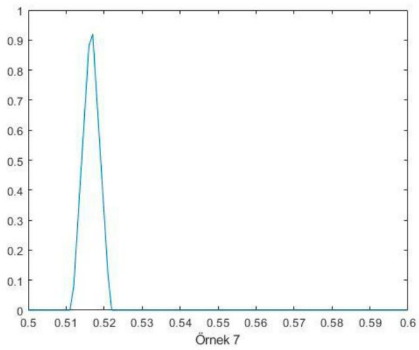
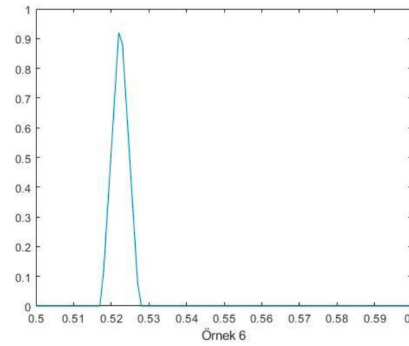
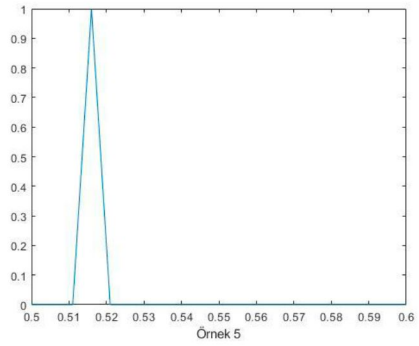
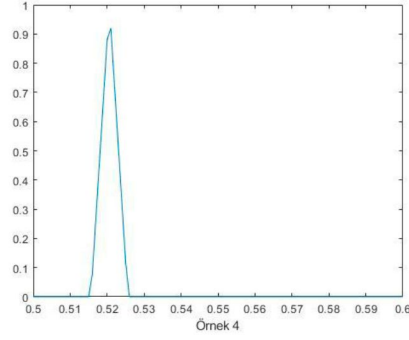
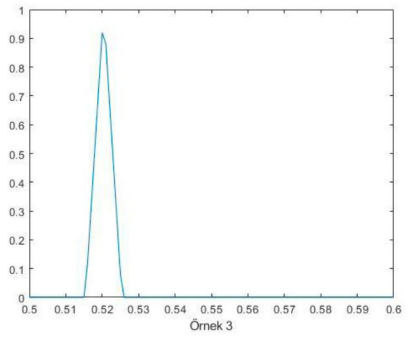
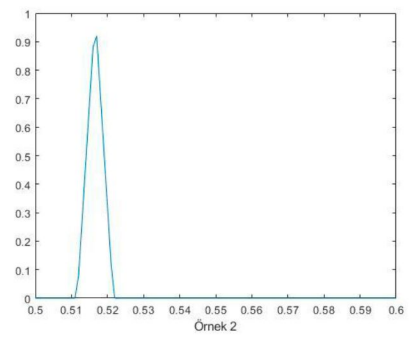
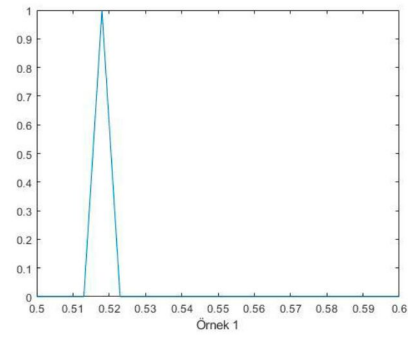
	X1			X2			X3			X4			X5		
1	0,507	0,512	0,517	0,509	0,514	0,519	0,530	0,535	0,540	0,512	0,517	0,522	0,507	0,512	0,517
2	0,507	0,512	0,517	0,509	0,514	0,519	0,525	0,530	0,535	0,508	0,513	0,518	0,509	0,514	0,519
3	0,515	0,520	0,525	0,524	0,529	0,534	0,520	0,525	0,530	0,509	0,514	0,519	0,509	0,514	0,519
4	0,520	0,525	0,530	0,516	0,521	0,526	0,516	0,521	0,526	0,519	0,524	0,529	0,507	0,512	0,517
5	0,507	0,512	0,517	0,525	0,530	0,535	0,509	0,514	0,519	0,507	0,512	0,517	0,507	0,512	0,517
6	0,507	0,512	0,517	0,534	0,539	0,544	0,510	0,515	0,520	0,520	0,525	0,530	0,516	0,521	0,526
7	0,513	0,518	0,523	0,522	0,527	0,532	0,510	0,515	0,520	0,507	0,512	0,517	0,506	0,511	0,516
8	0,507	0,512	0,517	0,507	0,512	0,517	0,507	0,512	0,517	0,523	0,528	0,533	0,507	0,512	0,517
9	0,514	0,519	0,524	0,507	0,512	0,517	0,506	0,511	0,516	0,510	0,515	0,520	0,522	0,527	0,532
10	0,507	0,512	0,517	0,525	0,530	0,535	0,519	0,524	0,529	0,524	0,529	0,534	0,529	0,534	0,539
11	0,519	0,524	0,529	0,521	0,526	0,531	0,521	0,526	0,531	0,507	0,512	0,517	0,510	0,515	0,520
12	0,507	0,512	0,517	0,514	0,519	0,524	0,532	0,537	0,542	0,517	0,522	0,527	0,521	0,526	0,531
13	0,521	0,526	0,531	0,514	0,519	0,524	0,537	0,542	0,547	0,517	0,522	0,527	0,521	0,526	0,531
14	0,515	0,520	0,525	0,535	0,540	0,545	0,516	0,521	0,526	0,521	0,526	0,531	0,515	0,520	0,525
15	0,507	0,512	0,517	0,512	0,517	0,522	0,509	0,514	0,519	0,515	0,520	0,525	0,521	0,526	0,531
16	0,524	0,529	0,534	0,531	0,536	0,541	0,517	0,522	0,527	0,515	0,520	0,525	0,515	0,520	0,525
17	0,506	0,511	0,516	0,509	0,514	0,519	0,510	0,515	0,520	0,524	0,529	0,534	0,517	0,522	0,527
18	0,517	0,522	0,527	0,529	0,534	0,539	0,517	0,522	0,527	0,511	0,516	0,521	0,509	0,514	0,519
19	0,507	0,512	0,517	0,525	0,530	0,535	0,509	0,514	0,519	0,507	0,512	0,517	0,510	0,515	0,520
20	0,521	0,526	0,531	0,518	0,523	0,528	0,506	0,511	0,516	0,521	0,526	0,531	0,510	0,515	0,520
21	0,515	0,520	0,525	0,526	0,531	0,536	0,518	0,523	0,528	0,508	0,513	0,518	0,508	0,513	0,518
22	0,535	0,540	0,545	0,531	0,536	0,541	0,507	0,512	0,517	0,506	0,511	0,516	0,510	0,515	0,520
23	0,510	0,515	0,520	0,524	0,529	0,534	0,529	0,534	0,539	0,518	0,523	0,528	0,524	0,529	0,534
24	0,515	0,520	0,525	0,536	0,541	0,546	0,536	0,541	0,546	0,528	0,533	0,538	0,513	0,518	0,523

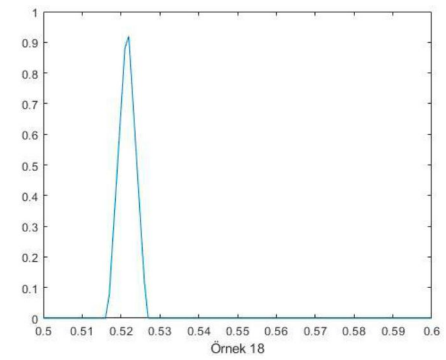
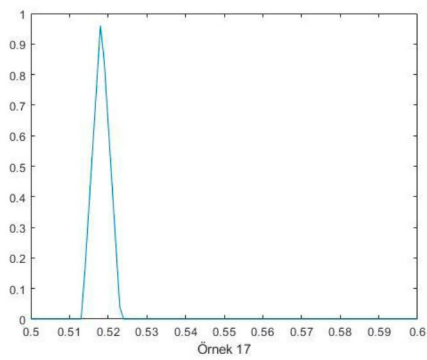
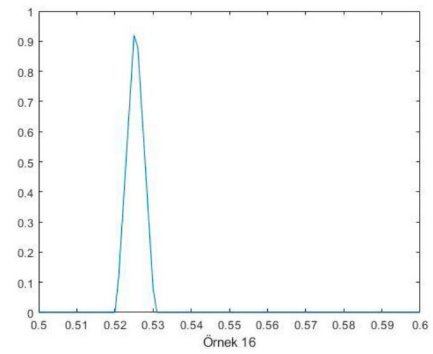
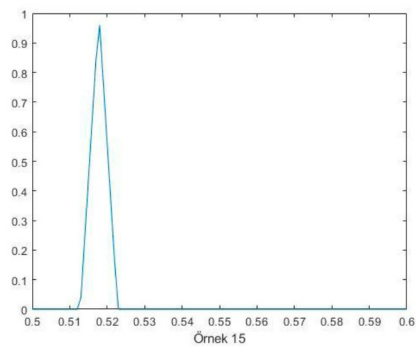
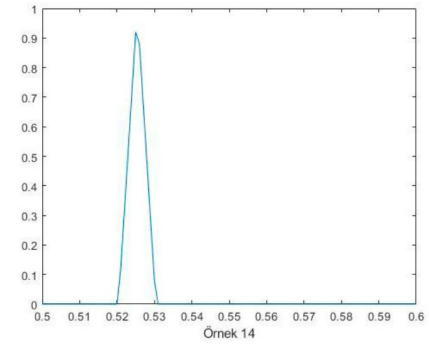
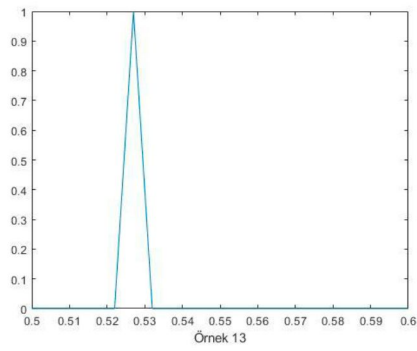
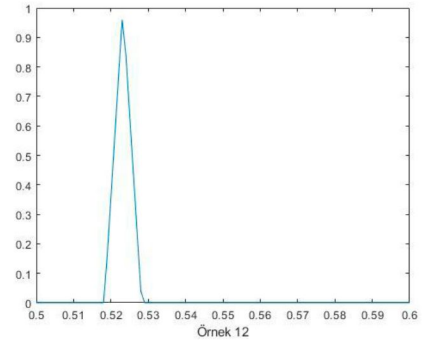
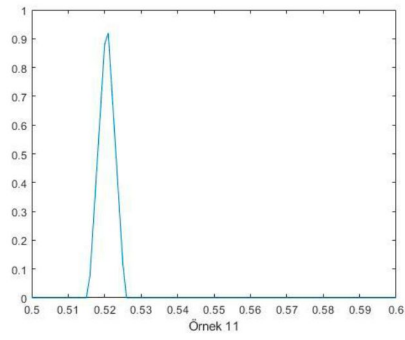
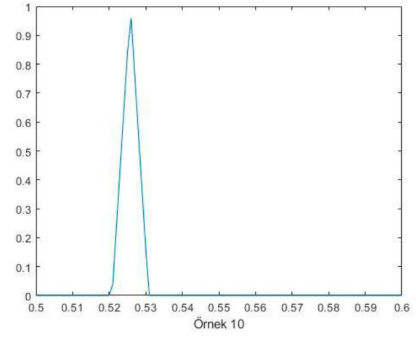
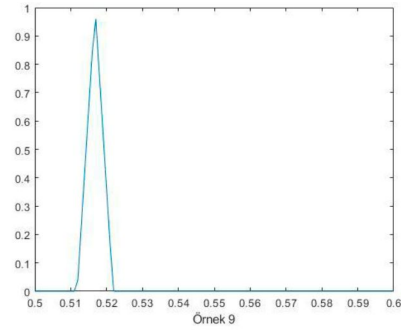
Bulanık X-bar ve R istatistiksel kontrol çizelgeleri için sonuçlar Çizelge 7.13'de gösterilmektedir. İşlemin, bulanık X-bar ve R istatistiksel kontrol çizelgeleri kullanılarak Çizelge 7.14'de kontrol edilmiştir. Formül 6.5'deki formül kullanılarak Çizelge 7.13'deki  $\bar{\tilde{X}}$  değerleri ve Formül (6.6) kullanılarak Çizelge 7.3'deki  $\bar{R}$  değerleri hesaplanmıştır. Şekil 7.10 bulanık X-bar değerleri için her numunenin üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonlarını verirken Şekil 7.11 ise Bulanık R-bar değerleri için her numunenin üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonlarını vermektedir.

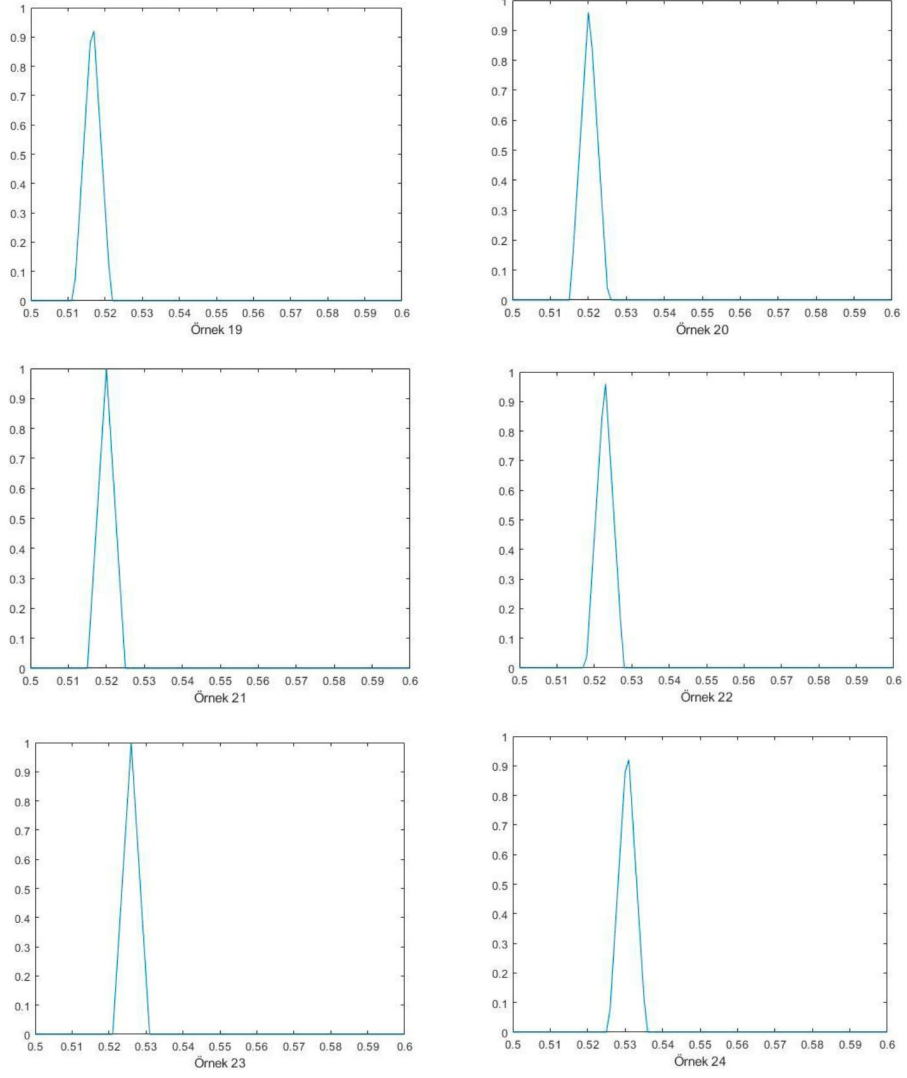
**Çizelge 7.13** Ortalama ve değişim aralığı değerleri ile kontrol sonuçları

	X			K.A.	R			K.A.
1	0,513	0,518	0,523	K.A.	0,023	0,023	0,023	K.A.
2	0,5116	0,5166	0,5216	K.A.	0,002	0,018	0,018	K.A.
3	0,5154	0,5204	0,5254	K.A.	0,015	0,015	0,015	K.A.
4	0,5156	0,5206	0,5256	K.A.	0,012	0,013	0,013	K.A.
5	0,511	0,516	0,521	K.A.	0,018	0,018	0,018	K.A.
6	0,5174	0,5224	0,5274	K.A.	0,027	0,027	0,027	K.A.
7	0,5116	0,5166	0,5216	K.A.	0,016	0,016	0,016	K.A.
8	0,5102	0,5152	0,5202	K.A.	0,016	0,016	0,016	K.A.
9	0,5118	0,5168	0,5218	K.A.	0,015	0,016	0,016	K.A.
10	0,5208	0,5258	0,5308	K.A.	0,022	0,022	0,022	K.A.
11	0,5156	0,5206	0,5256	K.A.	0,014	0,014	0,014	K.A.
12	0,5182	0,5232	0,5282	K.A.	0,025	0,025	0,025	K.A.
13	0,522	0,527	0,532	K.A.	0,023	0,023	0,023	K.A.
14	0,5204	0,5254	0,5304	K.A.	0,02	0,006	0,02	K.A.
15	0,5128	0,5178	0,5228	K.A.	0,014	0,014	0,014	K.A.
16	0,5204	0,5254	0,5304	K.A.	0,016	0,016	0,016	K.A.
17	0,5132	0,5182	0,5232	K.A.	0,018	0,018	0,018	K.A.
18	0,5166	0,5216	0,5266	K.A.	0,02	0,02	0,02	K.A.
19	0,5116	0,5166	0,5216	K.A.	0,018	0,018	0,018	K.A.
20	0,5152	0,5202	0,5252	K.A.	0,015	0,015	0,015	K.A.
21	0,515	0,52	0,525	K.A.	0,018	0,018	0,018	K.A.
22	0,5178	0,5228	0,5278	K.A.	0,029	0,029	0,029	K.A.
23	0,521	0,526	0,531	K.A.	0,011	0,019	0,019	K.A.
24	0,5256	0,5306	0,5356	K.A.	0,023	0,023	0,023	K.A.
Ort.	0,5159	0,5209	0,5259	K.A.	0,0179	0,0184	0,0190	
K.A.	Kontrol Altında							

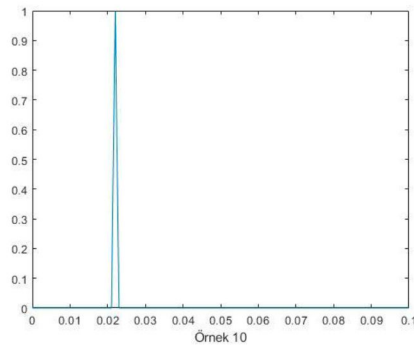
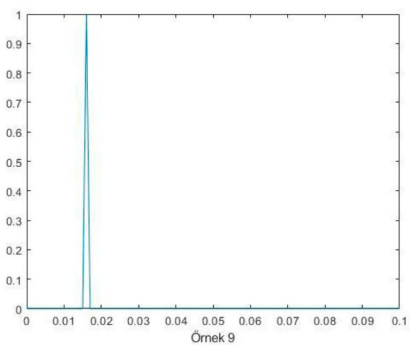
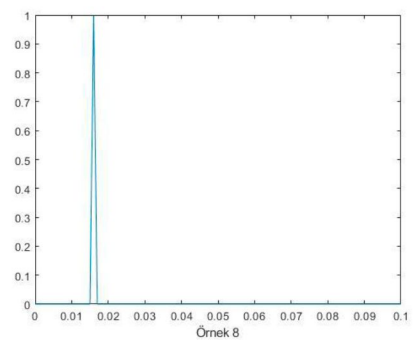
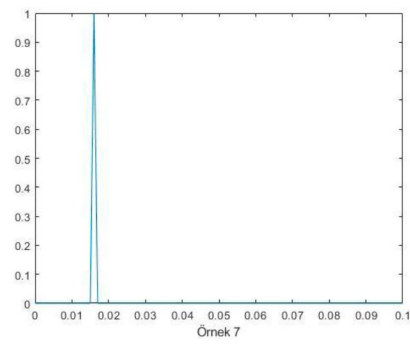
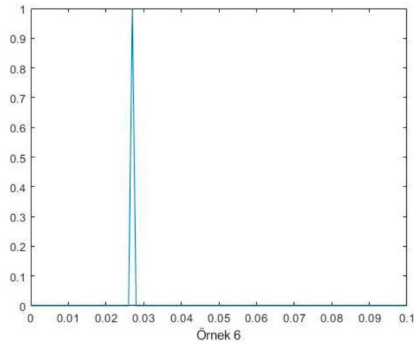
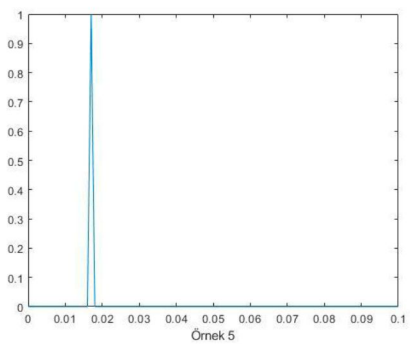
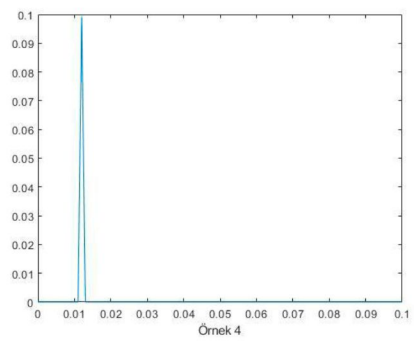
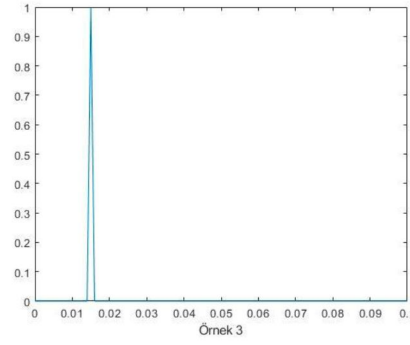
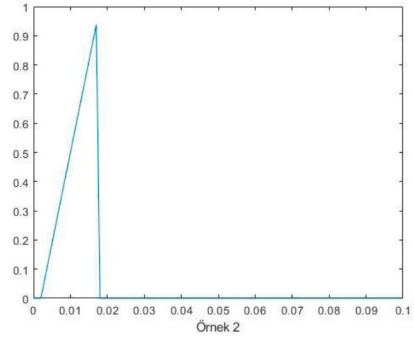
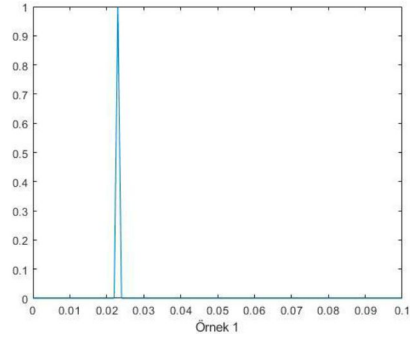
Çizelge 7.14'deki değerler üst kontrol limitleri için Formül (6.7) X-bar grafiği ve Formül (6.10) R grafiği, orta değer için Formül (6.8) X-bar grafiği ve Formül (6.11) R grafiği ve de alt kontrol limitleri için Formül (6.9) X-bar grafiği ve Formül (6.12) R grafiği için kullanılmıştır.

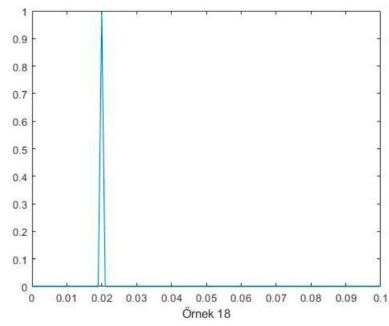
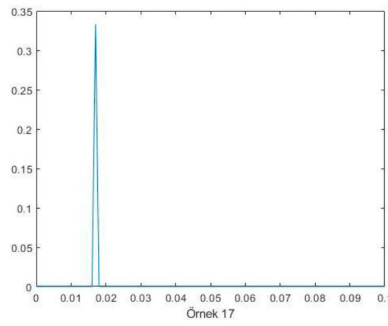
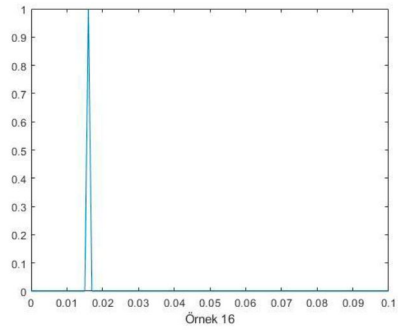
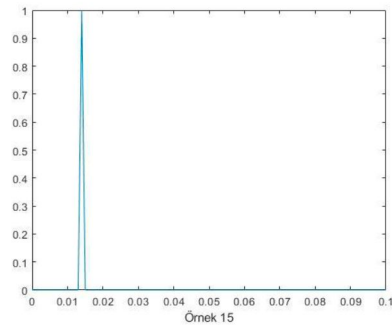
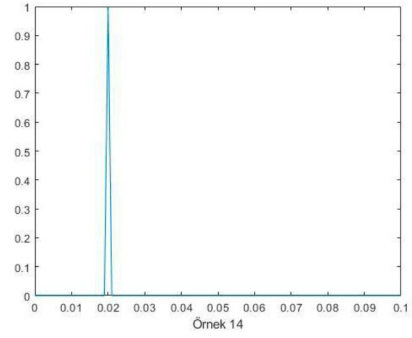
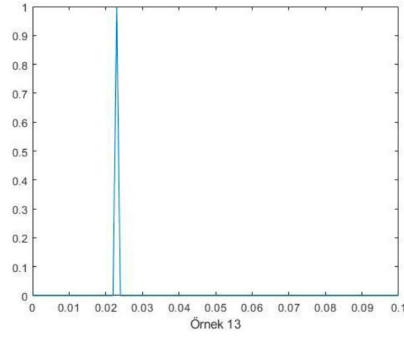
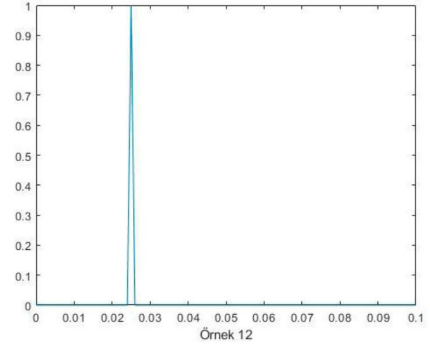
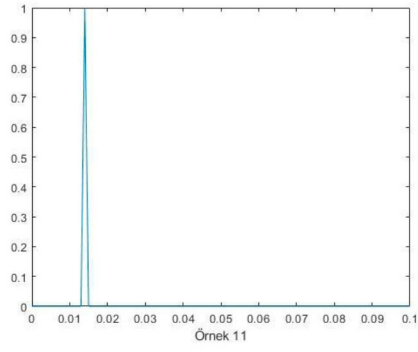


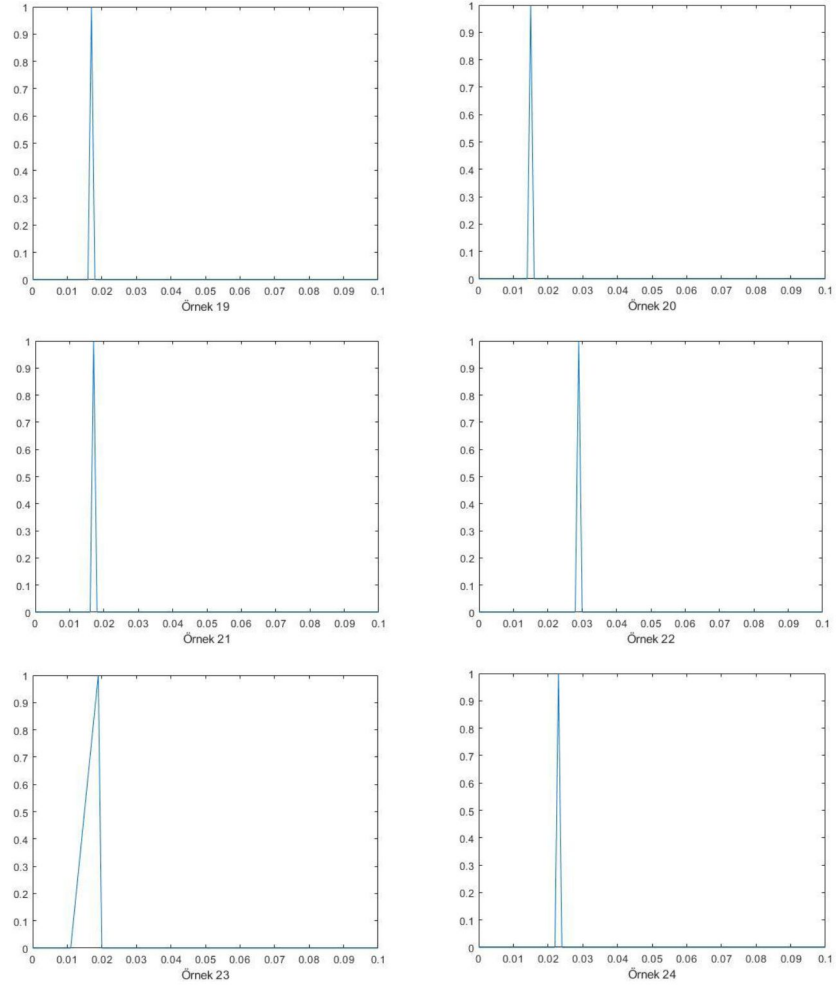




**Şekil 7.10** Bulanık X-bar değerleri için her numunenin üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonları







**Şekil 7.11** Bulanık R değerleri için her numunenin üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonları

**Çizelge 7.14** Kontrol limitleri  $\check{\bar{X}}$  ve  $\check{R}$  için sonuçları göstermektedir

Kontrol şeması	Kontrol limiti	Kontrol limitinin değerleri		
$\check{\bar{X}}$	$\check{\bar{U}}KL\check{\bar{X}}$	0,5262	0,5315	0,5368
	$\check{\bar{O}}D\check{\bar{X}}$	0,5159	0,5209	0,5259
	$\check{\bar{A}}KL\check{\bar{X}}$	0,5057	0,5103	0,5149
$\check{R}$	$\check{\bar{U}}KL\check{R}$	0,0378	0,0389	0,0402
	$\check{\bar{O}}D\check{R}$	0,0179	0,0184	0,0190
	$\check{\bar{A}}KL\check{R}$	0,0000	0,0000	0,0000

$\check{\bar{\mu}}$ ,  $\check{\bar{\sigma}}$ ,  $\check{C}_p$ ,  $\check{C}_{pu}$  ve  $\check{C}_{pl}$  değerleri Çizelge 7.15'te pomza bloklarının imalatı için işlemin yeterli olup olmadığını kontrol etmek için gösterilmektedir. Ek olarak sürecin

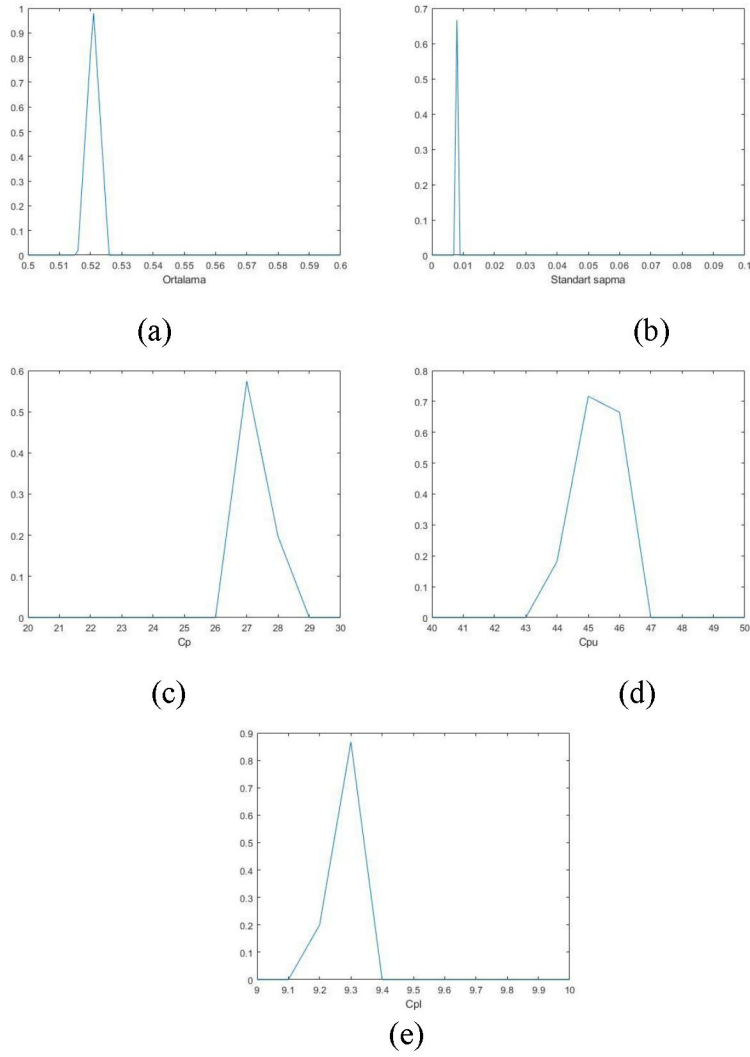


yeterli olduğu ve  $\check{C}_p$ ,  $\check{C}_{pu}$  ve  $\check{C}_{pl}$  değerlerinin 1.33'ten büyük olduğu sonucuna varılmıştır.

**Çizelge 7.15**  $\check{\mu}$ ,  $\check{\sigma}$ ,  $\check{C}_p$ ,  $\check{C}_{pu}$  ve  $\check{C}_{pl}$  değerleri

Parametre	Değerler		
$\check{\mu}$	0,5159	0,5209	0,5259
$\check{\sigma}$	$7,7 \times 10^{-3}$	$7,9 \times 10^{-3}$	$8,2 \times 10^{-3}$
$\check{C}_p$	28,14	27,43	26,42
$\check{C}_{pu}$	46,93	45,53	43,66
$\check{C}_{pl}$	9,35	9,32	9,18

Çizelge 7.10'daki her bir parametrenin üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonları da Şekil 7.12'de gösterilmiştir.



**Şekil 7.12** Üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonları (a)  $\check{\mu}$ ; (b)  $\check{\sigma}$ ; (c)  $\check{C}_p$ ; (d)  $\check{C}_{pu}$ ; (e)  $\check{C}_{pl}$

## 8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Gerçekleştirilen bu tez çalışmasında öncelikle, Bims hafif yapı malzemesinin hammaddesi olan Pomza hakkında bilgi verildikten sonra Bims üretimi ve özellikleri özetlenmiştir. Daha sonra konvansiyonel İstatistiksel Proses Kontrol teknikleri bulanık mantık ve bulanık İstatistiksel Proses Kontrol tekniği üzerinde durulmuştur. Tez çalışması Materyal-Metot, Bulgular ve Sonuç-Öneriler bölümü ile son bulmuştur.

Bulanık İstatistiksel Proses Kontrol çalışmasında kullanılan veriler, Batman ilinde mevcut bir Bims fabrikasında üretilen 10x39x19 cm, 15x39x19 cm ve 19x39x19 cm'lik üç farklı Bims ürünlerinin birim hacim ağırlık parametreleri ( $\text{kg}/\text{dm}^3$ ) alınarak elde edilmiştir. Bu kapsamda; 24 gün boyunca üç farklı Bims hafif yapı malzemesinden belli bir periyotlarda günde 5'er adet numune alınarak birim hacim ağırlıkları hesaplanmıştır. Verilerin elde edilmesinde olabilecek ölçüm, tartım vs. hataların minimize edilmesi için ise Bulanık İstatistiksel Proses kontrol tekniği tercih edilmiştir.

Bulanık gözlem değerlerine sahip Bims hafif yapı malzemesi üretim sürecinin kontrol altında olup olmadığının belirlenmesinde bulanık kontrol limitlerine sahip X-R kontrol diyagramları kullanılmıştır. Kontrol diyagramları oluşturulurken, bulanık kontrol limitleri ve örneklerin birim hacim ağırlıkları ( $\text{kg}/\text{dm}^3$ ) üçgensel bulanık sayılara dönüştürülerek değerlendirilmiştir. Bu aşamadan sonra süreç yeterliliği, bulanık spesifikasyon limitleri üzerinden yeterlilik indisleri aracılığıyla incelenmiştir.

Sonuçların analiz edilmesi neticesinde; her üç ürün için anomaliler yani Alt Kontrol Limitleri (AKL) ve Üst Kontrol Limitleri (ÜKL) dışında noktalar tespit edilememiştir. Bu durum üretim prosesinin üniform bir yapıda olduğunu ve üretimin üç farklı Bims ürünü için de kontrol altında olduğunu ortaya koymuştur. İncelen Bims tesisinin yeterliliğinin başka bir deyişle istenilen ürünü elde etme yeteneğini ortaya koyan ve İPK'nın çalışma alanlarından birisini oluşturan proses yeterlilik analizi ( $C_p$ - $C_{pk}$ - $C_{pk1}$ ) tesiste üretilen üç ürün için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Söz konusu indisler, şartname limitleri (spesifikasyonlar) ile proses kontrol limitleri arasındaki ilişkiyi

göstermekte olup “ÜSL” üst spesifikasyon limitini, “ASL” alt spesifikasyon limitini, “ $\sigma$ ” standart sapma, “ $\mu$ ” ise ortalama sembolleri olarak kullanılarak hesaplanmıştır. Üretim tolerans sınırları içinde 10x39x19 cm Bims ürünleri için Cp değeri, 12,52-12,72-12,10, Cpk<sub>u</sub> değeri 18,36-17,75-17,55, ve Cpk<sub>l</sub> değeri ise 6,69-6,59-6,65 olarak hesaplanmıştır. 15x39x19 cm Bims ürünleri için Cp değeri 22,57-22,11-22,34, Cpk<sub>u</sub> değeri 36,05-35,14-35,33 ve Cpk<sub>l</sub> değeri 9,09- 9,07- 9,34 olarak belirlenmiştir. 15x39x19 cm Bims ürünleri için ise Cp değeri 28,14-27,43-26,42, Cpk<sub>u</sub> değeri 46,93-45,53-43,66 ve Cpk<sub>l</sub> değeri ise 9,35-9,32-9,18, olarak hesaplanmıştır. Cp değerlerinin her üç ürün için de 1,33’den büyük olması nedeni ile Bims tesisinin kendi spesifikasyonları içinde çalıştığını söylemek mümkündür.

Yukarıda bahsedildiği üzere çalışılan Bims ürünlerinin sadece birim hacim ağırlıkları (kg/dm<sup>3</sup>) kullanılarak bir kalite kontrol çalışması gerçekleştirilmiştir. Takdir edileceği üzere Bims ürünlerinin kalite değerlendirmesinde söz konusu parametre tek başına yeterli değildir. Bununla birlikte basınç dayanımı, ses ve ısı iletkenliği gibi birçok mekanik ve fiziksel özelliklerinde çalışılması daha iyi sonuçlara ulaşmak bakımında büyük faydalar sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

- Akarsu, O. (1999). *Endüstriyel Minerallerin Pazarlama ve Ekonomisi*. Dokuz Eylül Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü. İzmir: Diploma Projesi, 116-122.
- Akın, B. (1996). *İşletmelerde İstatistik Proses Kontrol*. İPK Teknikleri. İstanbul: Bilim Teknik Yayınevi.
- Anonim, (1996). Çimento Hammaddeleri ve Yapı Malzemeleri, *Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Çimento Hammaddeleri ve Yapı Malzemeleri Çalışma Grubu Raporu*, Ankara: DPT. 3-50.
- Aslan E. (2015), Şeker Üretiminde İstatistiksel Proses Kontrol (İpk) Uygulaması, *Journal Of International Management, Educational And Economics Perspectives* 3 (2) 12–22
- Aydın Z.B., Arıkan Kargı V.S. (2018). İstatistiksel Kalite Kontrol Teknikleri İle Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama, *Yönetim Ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi / Journal Of Management And Economics Research Cilt/Volume: 16 Sayı Ss./Pp.* 41-63
- Baskan, Ş. (1995). *İstatistiksel Kalite Kontrolü*. Bornova- İzmir: Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları, 159.
- Baykal N. ve Beyan T., (2004), *Bulanık Mantık Uzman Sistemler Ve Denetleyiciler*, Bıçaklar Kitap Evi Matematik Dizisi No:2
- Campione, G. And Mendola, L.(2004). *Behavior in compression of lightweight fiber reinforced concrete confined with transverse steel reinforcement*. *Cement and Concrete Composites*, 26, 645–656.
- Cavaleri, L., Miraglia, N. And Papia, M., (2003). *Pumice concrete for structural Wall panels*. *Engineering Structures*, 25, 115–125.
- Çolak, T. (2007). *İstatistiksel Süreç Kontrolü Ve Uygulamalar*. İstatistik Anabilim Dalı, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Davraz, M.(2001). Pomzanın Endüstriyel Kullanım Alanları, Doktora Semineri, Isparta.
- Demirdağ, S. ve Gündüz, L. (2008). *Strength properties of volcanic slag aggregate lightweight concrete for high performance masonry units*. *Construction and Building Materials*, 22, 135– 142.
- Devor, R.E., Chang, T. And Sutherland J. W. (1992). *Statistical Quality Design and Control*. USA, 813.

- Dinçer, İ., Orhan A. ve Çoban S. (2015). Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezi Fizibilite Raporu. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi.
- Durman, B.M. ve Pakdil, F. (2005), İstatistiki Proses Kontrol Uygulamaları İçin Bir Sistem Tasarımı. VII Ekonometri Kongresi, İstanbul.
- D.P.T.(2001).Pomza Çalışma Grubu Raporu, XIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı.
- Elevli S.,Behdioğlu S., (2006). *İstatistiksel Proses Kontrolü Teknikleri İle Kömür Kalitesindeki Değişkenliğin Belirlenmesi*. Madencilik, 4(3), 19- 26.
- Esendal H., (2007). *Eğirdir Gölü Su Seviyesi Mevsimsel Değişiminin Bulanık Mantık Metoduyla Modellenmesi*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi- 121 sayfa
- Gündüz, L. (Ed.), (1998).*Hafif Beton Olarak Pomza*.I. Isparta Pomza Sempozyumu Bildiriler Kitabı.Isparta: SDÜ, 103-107.
- Gündüz, L., (2005) *İnşaat Sektöründe Bimsblok*, Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları, Isparta: 928.
- Gündüz L.,Şapcı N. ve Davraz M., (2005).Pomza Madenciliği, Endüstrisi ve Türkiye Açısından Önemi (Gelişen Yeni Bir Sektör), Türkiye 19.UluslararasıMadencilik Kongresi ve Fuarı, İzmir: IMCET, 397-407
- Gündüz, L., Sarıışık, A., Tozaçan, B., Davraz, M., Uğur, İ. ve Çankıran, O. (1998). *Pomza Teknolojisi*. Süleyman Demirel Üniversitesi, (1), 275-285.
- Gündüz, L., Bekar, M. ve Şapcı, N.(2007). *Influence of a newtype of additive on theperformance of polymer-lightweightmortarcomposites*.CementandConcreteComposites, 29, 594-602.
- Gündüz, L.(2005). *İnşaat Sektöründe Bimsblok*. Pomza Araştırma ve Uygulama Merkezi, Isparta: 928.
- Gündüz, L.(2001). *Isı Yalıtım Agregası Olarak Pomzanın Kullanımı*, 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu. İzmir: 59-68.
- Gündüz, L., Bekar, M. ve Şapcı, N.(2007). *Influence of a newtype of additive on theperformance of polymer-light weight mortar composites*. Cementand Concrete Composites, 29, 594-602.
- Gündüz, L. (2008). *Theeffects of pumiceaggregate/cementratio on thelow-strengthconcreteproperties*. Construction andBuildingMaterials, 22, 721–728.
- Gündüz, L. (2008) *Use of quartetblendscontainingflyash, scoria, perliticpumiceandcementtoproducecellularhollowlightweightmasonryblocksforon-loadbearingwalls*. Construction and Building Materials, 22, 747– 754.

- Gündüz, L., Davraz, M. Ve Ortaçeşme, H. (2005). *Bimsblok ve Isı Yalıtım Özellikleri. Türkiye Pomze Sempozyumu ve Sergisi Bildirimler Kitabı*, 277-278.
- Gündüz, L. (2011). *Pomza Kullanımının Ar-Ge ve Yenilik Performansını Artırmak Sunumu*. Bims ve Pomza Çalıştayı-1, Nevşehir.
- Işığışık, E., (2005) “Toplam Kalite Yönetimi Bakış Açısıyla İstatistiksel Proses Kontrol”, sayfa 52,130-132,231
- Kahraman, C., Kaya, İ. (2009). Fuzzy process capability indices for quality control of irrigation water, Stochastic Environmental Research and Risk Assessment.
- Kane, V.E. (1986). Process capability indices, Journal of Quality Technology, Vol. 18(1), 41–52.
- Kaya, I., Kahraman, C. (2011). “Process Capability Analyses Based on Fuzzy Measurements and Fuzzy Control Charts”, Expert Systems with Applications, 38, 3172–3184
- Khademi, M., Amirzadeh, V. (2014). “Fuzzy Rules for Fuzzy X and R Control Charts”, Iranian Journal of Fuzzy Systems, 11(5), 55-66
- Kıyak, E., Kahvecioğlu, A., (2003). Bulanık Mantık Ve Uçuş Kontrol Problemine Uygulanması, Havacılık Ve Uçay Teknolojileri Dergisi, Cilt 1, Sayı 2, S.63-72
- Kocatürk Y. (2007). Bulanık Değişkenler ve Bulanık Yenileme Süreçleri, yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü.
- Koçer, B.; Birgören, B. (2004). İstatistiksel Proses Kontrol Çizelgelerinde Hata Teşhisine Yönelik Yaklaşımlar, G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 17(4), 59-69.
- Konuk, H., (2003) “Hafif Agregalı Betonların Mekanik Özellikleri ve Isı Yalıtımı”, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Kotz, S., Johnson, N. (2002). Process capability indices-a review 1992-2000. Journal of Quality Technology, Vol. 34, 2-19.
- Köse, H. (1997). Pomza ve Yapı Malzemesi Olarak Kullanım Olanakları, 2. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, 97-105.
- Lee C.C., (1990). Fuzzy Logic in Control Systems: Fuzzy Logic Controller-Part I IEEE Transactions On Systems, Man, and Cybernetics vol. 20, no.2
- Mindess, S. and Young, J. F., (1981), “Concrete”, Prentice-Hall., Inc., New Jersey.
- Montgomery, D. (2001). Introduction To Statistical Quality Control, New York, John Wiley & Sons, cop, Fourth Edition
- Montgomery, D.C. (2005). Introduction to Statistical Quality Control, New York, John Wiley & Sons

Neville, A. M., (1975), "Properties of Concrete", Pitman Publishing, London.

Özdemir, T. (2000). İstatistiksel Kalite Kontrol, A.Ü.F.F. Döner Sermaye İşletmesi Yayınları No: 62, Ankara.

Özdağoğlu A., (2008). Bulanık Analitik Serim Süreci Yaklaşımı İle Çok Ölçütlü Karar Verme Ve Bir İşletme Uygulaması, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi-212 sayfa

Özel, S.; Birgören, B. (2005). Talaşlı İmalatta Küçük Partili Üretimler için Bir İstatistiksel Proses Kontrol Uygulaması, Teknoloji, 8(1), 9-23.

Özkan, G., ve Tuncer, G. (2001). *Pomza Madenciliğine Genel Bir Bakış*, 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, 200-207.

Özkan, Ş. G., Tuncer G.(2001). *Pomza Madenciliğine Genel Bir Bakış*. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 269-275.

Özyurt, N., Konuk, H., Taşdemir, C., Yüceer, Z. ve Sönmez, R., (2002), " Hafif Betonların Taşıyıcılık Özellikleri", I. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi, Mimarlar Odası-İstanbul Büyükşehir Şubesi, İstanbul, s.414-424.

Piora, L.S. ve Piora, I.L.(2004). Production of expanded clayag gregate for light weight concrete from non-selfbloatingclays. Cementand Concrete Composites, 26, 639-643.

Sezgin M., Davraz M. ve Gündüz L. (2005). *Pomza Endüstrisine Sektörel Bir Bakış. Türkiye Pomza Sempozyumu ve Sergisi 2*, Isparta: 9-22.

Soysal, H. ve Boran, S. (2015). Bulanık  $\bar{x}$ -R Diyagramları Kullanılarak Bulanık Süreç Yeterlilik Analizi. SAÜ Fen Bil. Dergisi, 19 (1), 15-26.

Şen Z., (2001). Bulanık (Fuzzy) Mantık Ve Modelleme İlkeleri, Bilge Kültür Sanat Yayıncılık, İstanbul

Şener, F. (1999). Yalıtımlı Hafif Yapı Hammaddeleri, Enerji Tasarrufunda Jeotermal Enerjinin Ve Yalıtımlı Hafif Yapı Malzemelerinin Önemi Sempozyumu, Ankara, 31-47.

Taşdemir, M.A., (1982) "Taşıyıcı Hafif Betonların Elastik ve Elastik Olmayan Davranışları", İTÜ İnşaat Fakültesi, Doktora Tezi.

Türkbey, O., (2003). Makine Sıralama Problemlerinde Çok Amaçlı Bulanık Küme Yaklaşımı, Gazi Üniv., Müh. Mim. Fak. Dergisi, Cilt 18, No 2, 63-77

TS 2823, (1997). Bims betondan Mamul Yapı Elemanları, TSE, Ankara. Metin İçinde gösterimi: (TS 2823, 1997).

Varol B. (2017). Pomza Sektör Raporu, Ahiler Kalkınma Ajansı, Nevşehir Yatırım Destek Ofisi.

Yılmaz M. ve Arslan E., (2005). Bulanık Mantığın Jeodezik Problemlerin Çözümünde Kullanılması, Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu, 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, İstanbul Teknik Üniversitesi

Zeyveli, M. ve Selalmaz, E., (2008). İstatistiksel Proses Kontrol Tekniklerinin Zincir İmalatı Yapan Bir İşletmede Uygulanması. Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları, 36-45.

Wang L.X., (1997). A Course In Fuzzy System and Control, Prentice-Hall International Inc.

Wu, H.C. (1997). Fuzzy-valued Integrals of Fuzzy valued Measurable Functions with Respect to Fuzzy-valued Measures Based on Closed Intervals, Fuzzy Sets and Systems, 87,65-78.

### **İnternet Kaynakları**

Bimsblok Ltd. Şti, (2013). Bims ve Pomza Özellikleri. <http://bimsblok.com/bimsblok-uretimi/>, 15.05.2017.

Blok Bims A. Ş. (2018). Bims (Pomza) Nedir. <http://www.blokbims.com.tr/>, 13.05.2018.

Makinecim.com, (2006). <http://www.makinecim.com/>, 07.06.2017.

Nur Makine A. Ş. (2015). <http://www.nurmakine.com/>, 07.06.2017.

StephenBlock Machine Company, (2015). <http://www.blockmachines.com>, 17.05.2017.

Sur Bims A.Ş. (2014). Bims Nedir. <http://www.surbims.com/sayfa/bims-nedir/>, 17.05.2017.

Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, Türkiye Toprak Sanayi Meclisi, (2006) Bims (Pomza) Alt Sektör Raporu. [https://www.byclb.com/Files/sektor\\_raporlari](https://www.byclb.com/Files/sektor_raporlari), 20.11.2018

URL1: <http://www.idomac.com/>, 06.06.2017.

URL 2: [http://www.kurumsal\\_kalite.com](http://www.kurumsal_kalite.com)

URL 3: <https://www.itl.nist.gov/div898/handbook/pmc/section3/pmc321.htm>



## ÖZGEÇMİŞ



### **Kader KAPLAN GÖZTOK**

1992 yılında Batman İlinde doğdum. İlkokul ve Ortaokul eğitimimi Batman İlinde Cengiz Topel Ortaokulunda okudum. 2005-2009 yılları arasında Lise öğrenimime Gazi Lisesinde devam ettim. 2010-2014 yılları aralığında Bayburt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünü okudum. 2014 yılının Eylül ayında ilk iş deneyimime Gebze İlçesinde başladım. 2016 yılında Yüksek Lisans Eğitimime Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde başladım. 2018 yılında evlendim.