

Doğaltaş Fabrikasında Fayans Üretim Hattındaki Kalite Kontrol Uygulaması

Merve KARAABAT VAROL^{*1} ORCID 0000-0002-3736-5180
M. Saim SARAÇ¹ ORCID 0000-0003-0290-4014

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Isparta

Geliş tarihi: 28.03.2022 Kabul tarihi: 23.09.2022

Atıf şekli/ How to cite: KARAABAT VAROL, M., SARAÇ, M.S., (2022). Doğaltaş Fabrikasında Fayans Üretim Hattındaki Kalite Kontrol Uygulaması. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 37(3), 717-730.

Öz

İşletmeler, rekabet ortamında ürettikleri ürünün devamlı talep edilmesini isterler. Üretilen ürünün devamlı talep görmesindeki en önemli unsurlardan biri de kaliteli ürün olmasıdır. İstenilen kalitede ürün olması için de üretim süreci boyunca kalite kontrol olmasıdır. Kalite kontrol'ün temel amacı, üretim kusurlarının belirlenip önlenmesi ve standart mal üretilmesidir. Endüstride kalite kontrol önemli olduğu gibi doğaltaş üretimlerinde de kalite kontrol önemli olmaktadır. Özellikle doğaltaş fabrikalarında üretilen fayansların ölçülebilir karakteristikleri olan kalınlıkları, eni, boyu, gönyesi ve yüzey özelliği müşterinin ilk etap da dikkat ettiği kısımdır. Ölçülemeyen fakat kalite açısından önemli olan fayans özellikleri ise, köşe kırığı, yüzey dolgu boşlukları ve kenar işleme özelliklerinden kaynaklanan kusurlardır. Mermer işleme tesisinde, her operasyonda üretilen yarı mamulden sonra ölçü kontrolünün, damar-çatlak-kırık ve renk homojenliği kontrolünün, bir sonraki işlemde önce yapılması gerekmektedir. Mermer sektöründe müşteriye sunulan nihai ürünlerin kalite standartlarının oluşturulması ve kalitedeki sürekliliğin sağlanması önemlidir. Mermer fabrikalarında levha ve fayanslara belirli aşamalarda kalite kontrol çalışmaları yapılmalıdır. Bu çalışmada Isparta'da bulunan bir mermer fabrikasının fayans üretim hattından örnek olarak alınan 30,5x30,5x1,25 cm boyutlarındaki bej mermer fayanslar, genel olarak taşın kalite karakteristiğini ortaya koyan, aynı üretim hattından çıkan mermerlerdir. Alınan örneklerin en, boy, kalınlık, gönye ve yüzey parlaklığı gibi ölçülebilir karakteristikleri ölçüldükten sonra, elde edilen verilere Shewhart kontrol grafikleri uygulanmıştır. X-S kontrol grafikleri sonucunda üretimde bazı sapmaların olduğu gözlemlenmiştir. Müşteri memnuniyeti açısından önemli olan mermer sektöründe, kalite kontrolde yaşanan bu sapmalar göz önünde bulundurularak nedenleri araştırılmalı, müşteri memnuniyeti maksimum düzeye getirilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Kalite kontrol, Mermer fayans üretimi, Shewhart kontrol grafikleri

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author): Merve KARAABAT VAROL, mervevarol@sdu.edu.tr

Quality Control Application on Tile Production Line in Natural Stone Factory

Abstract

Enterprises request the product they produce in a competitive environment to be constantly demanded. One of the most important factors in the continuous demand for the produced product is that it is a quality product. It is the quality control throughout the production process in order to have the desired quality product. The main purpose of Quality Control is to identify and prevent production defects and to produce standard goods. Quality control is important in the industry, as well as in natural stone production. Especially the measurable characteristics of the tiles produced in natural stone factories, such as thickness, width, length, square and surface properties, are the first thing that the customer pays attention to. The tile features that cannot be measured but important in terms of quality are corner cracks, surface filling gaps and defects caused by edge processing features. In the marble processing factory, after the semi-finished product produced in each operation, measurement control, vein-crack-fracture and color homogeneity control should be performed before the next operation. It is important in terms of establishing the quality standards of the final products offered to the customer in the marble sector and ensuring the continuity in quality. Quality control studies should be carried out at certain stages in slabs and tiles in marble factories. In this study, beige marble tiles of 30,5x30,5x1,25 cm sizes taken as an example from the tile production line of a marble factory in Isparta are marbles coming out of the same production line, which shows the quality characteristic of stone in general. After measuring the measurable characteristics of the samples taken such as width, height, thickness, miter and surface brightness, Shewhart control graphs were applied to these obtained data. As a result of X-S control graphs, some deviations in production have been observed. In the marble sector, which is important in terms of customer satisfaction, the reasons should be investigated taking into account these deviations in quality control, customer satisfaction should be brought to the maximum level.

Keywords: Quality control, Marble tile production, Shewhart control graphic

1. GİRİŞ

İşletmeler, ürettikleri ürünün devamlı talep edilerek rekabet halinde oldukları diğer işletmelerden daha üstün olmalarını isterler. Günümüzde, işletmelerin çalışma koşulları önceki dönemlere göre çok daha komplikedir. Personel yönünden, nitelikli eleman çalıştırma zorunluluğu doğmuştur. Üretimde kullandığı hammadde ya da yarı mamullerde daha titiz bir seçim yapmak durumundadır. Bu yüzden işletmelerin kalite ve kalite kontrol üzerine sürekli iyileştirmeler yapmaları gerekmektedir [1].

Kalite göreceli bir kavram olduğu için çeşitli şekillerde tanımlamalar mevcuttur. Kalite, bir ürünün istenilen özellikte olmasını sağlayan bir araçtır. Kalite, müşteri isteğini sağlama, maliyeti

düşürme ve üretim performansını iyileştirmeyi sağlayan stratejik bir araçtır [2].

Kalite kontrol, istenilen kalitede ürün elde edilmesinin yanında üretimin işlem boyunca kontrol altında tutulması amacıyla tüm işletmelerde uygulanmaktadır. Süreç kontrolü sırasında, üretim boyunca kalite standartlarından çıkmaya neden olan faktörler önceden belirlenerek düzeltmeler yapılır. Böylece, üretim süreci boyunca kusurlu üretim yapılmasının önüne geçilmiş olunur [3].

Kalite kavramı ürünün ölçülebilir veya ölçülemez özelliklerine göre değişir. Doğal taş sektöründe üretilen fayansların ölçülebilir özellikleri; kalınlığı, eni, boyu, gönyesi ve yüzey özelliğidir. Ölçülemeyen özellikleri ise, ebatlı malzemenin, köşe kırığı, yüzey dolgu boşlukları ve kenar işleme özelliklerinden kaynaklanan kusurlarıdır. Bir

üretim hattından çıkan nihai ürünler, aynı karakteristiği göstermeyebilir.

Kalite karakteristiği, süreç içinde bazı nedenlerden dolayı değişkenlik gösterebilir. Bu değişiklikler sistematik veya rassal olabilir. Rassal değişkenlikler kabul edilebilir sınırlar içinde kaldığı sürece bir sorun yaratmaz. Ancak sistematik nedenlerden dolayı oluşan değişiklikler kaliteyi kontrol etmekte kullanılmaktadır. Satışa sunulan mermerlerin boyutları, cilasındaki kalite, gönye ve pahlamanın düzgünlüğü, renk/desen homojenliği, fiziksel kusur içermeyecek şekilde sınıflandırılması önemlidir [4,5].

Kontrol grafikleri endüstride sıklıkla uygulanan bir yöntemdir. Başta doğaltaş sektöründe olmak üzere madencilikte de karşılaşılan İstatistiksel Proses Kontrolü ile son 20 yılda yapılan çalışmalardan bazıları belirtilmiştir.

Büyüksağış ve Bozkurt (2001), doğaltaş endüstrisinde kalite kontrolün ve standardizasyonun önemini vurgulamış, işletmelerde dikkat edilmesi gereken konuları ele alarak açıklamışlardır [6]. Saraç ve Özdemir (2003), yaptıkları çalışmada mermer fayans boyutlarının kontrol altında olup olmadığını sağlanması ve müşteri memnuniyetinin değerlendirilmesi amacıyla çalışma yapmışlardır [5]. Polat, 2008 yılında yaptığı çalışmada bir mermer fabrikasında üretilen levha ve plakaların kalınlık, en-boy, ve gönye değerlerini inceleyerek TSE-EN standartlarına uygunluğunu tespit etmiştir [4]. Ankara ve Yerel (2008), bloklardan dairesel testereli makinalarla kesilen levhaların kalınlık ölçümlerini benzerlikleri ve farklılıkları R kontrol grafikleri ile belirlemişlerdir [7]. Sarıışık ve arkadaşları (2010), mermer makinalarından üretilen doğaltaş ürünlerinin kalınlık, ebat ve gönye karakteristiklerini istatistiksel olarak kalite kontrollerini yaparak standartlara uygunluğunu araştırmışlardır [8]. Çetintaş ve Nazlı (2018), Afyonkarahisar'daki doğaltaş fabrikasında iki farklı mermer örneklerinin hedeflenen kalınlık ve parlaklık değişimlerini Shewhart kontrol grafikleri ile incelemiş ve analiz etmişlerdir [9]. Dağlı, 2019 yılında hazırladığı yüksek lisans çalışmasında

mermer işleme tesislerinin seleksiyon bölümünde kalınlık ve parlaklık değişimlerini inceleyerek Shewhart CUSUM (Cumulative Sum -Birikimli Toplam Kontrol Grafikleri) ve EWMA (Exponentially Weighted Moving Average-Üstel Ağırlıklı Hareketli Ortalama Kontrol Grafikleri) yöntemleri ile kontrol grafikleri hazırlayarak analiz etmiştir [3].

Doğaltaş sektörü dışında madencilikte son 15 yılda yapılan diğer çalışmalardan bazıları ise şu şekildedir: Aykul ve arkadaşları (2005), Garp Linyit İşletmeleri Tunçbilek Kömür Santralinin süreç yeterliliğini incelemişlerdir [10]. Eevli (2006) tarafından yapılan bir araştırmada Tunçbilek Termik Santrali'ndeki kömür karakteristiklerini tespit etmek için kontrol grafikleri oluşturulmuştur. Burada amaç, kömürde meydana gelen değişiklikleri belirleyerek minimize etmektir [11]. Eevli ve Behdioğlu (2006), Seyitömer Termik Santrali'nde üretilen kömürlerin kalitesinin değişkenliğini incelemişlerdir. Burada, kömür kalitesi için ölçülen kalorifik değerlerin istatistiksel olarak kontrol altında olup olmadığı X ve R kontrol grafikleri ile belirlenmiştir [12]. Eevli ve arkadaşları (2009), kolemanit konsantrelerindeki süreç kararlılığını belirleyebilmek için iki farklı kontrol grafikleri kullanmışlardır [13]. Arslan ve Bayat, 2012 yılında Çukurova' daki briketleme fabrikasında yaptıkları çalışmada briket örneklerini alarak X-R kontrol grafiklerini çizmişlerdir [14]. Arslan (2017) bakır konsantre tesislerinde kontrol grafikleri oluşturarak üretim sürecinin yeterliliğini araştırmak amacıyla proses yeterlik analizi yapmış ve elde edilen değerlere göre prosesin ihtiyaçları karşıladığını tespit etmiştir [15]. Arslan (2019), Eti Alüminyum A.Ş. tesisinde alüminyum üretimini toplam renk farkı parametresi verilerini kullanarak bulanık mantık istatistiksel kalite kontrol uygulaması yaparak kontrol etmiştir [16].

2. YÖNTEM

Mermer ve Doğaltaş sektöründe nihai ürünün kalitesi satış fiyatını etkilemektedir. Üretilen fayans ve plakaların fiziksel özelliklerinin yansısı

(boy, renk ve desen), yapısal kusurları ve yüzey parlaklıkları mermer işleme tesislerinde dikkatli bir biçimde kalite kontrolden geçerek müşteriye sunulmaktadır.

Doğaltaş fabrikalarında kalite, üretilen ürünler ve üretim süreci olarak iki gruba ayrılabilir. Üretilen ürünler ile ilgili kısım, taşın jeolojik, mineralojik ve petrografik özellikleri, fiziksel ve mekanik özellikleri renk ve dokusu olarak gruplandırılabilir. Üretim süreci ile ilgili faktörler ise en, boy, kalınlık ve yüzey özellikleri olarak gruplandırılabilir. Mermerin kalitesine etki eden unsurlardan, yapısal özelliklerinden kaynaklanan sorunlar üretim aşaması içerisinde dolgu ve sağlamlaştırma gibi mücadeleler ile giderilebilir. Ancak renk, doku, petrografik özellikler gibi unsurlar değiştirilemez. Boyutları uygun olmayan ürünler doğrudan başka kullanım alanı için ayrılır. Yüzey parlaklığı için istenen hedefe ulaşmayan ürünlere iyileştirme işlemleri yapılmaktadır, fakat yapılan ekstra bir işlem ek maliyete neden olduğu için istenmeyen bir durumdur. Bu yüzden kontrollerin belirli zaman aralıkları ile yapılması ve üretim sırasında oluşan sapmaları anında belirleyerek nedenlerinin ortadan kaldırılması gerekir [7].

Bu çalışmada Isparta'da bulunan bir mermer fabrikasının fayans üretim hattından örnek olarak alınan 30,5x30,5x1,25 cm boyutlarındaki bej mermerlerin ölçülebilir özellikleri incelenmiştir. Alınan örnekler genel olarak taşın kalite karakteristiğini ortaya koyan, aynı üretim hattından çıkan mermerlerdir. Burada örneklerin en, boy, kalınlık, gönye ve yüzey parlaklığı geleneksel Shewhart kontrol grafikleri ile incelenmiştir. Yapılan bu çalışmada anakütle varyansı ve ortalaması bilinmediği varsayılarak örnekler rastgele seçilmiştir.

3. SHEWHART X-R VE X-S KONTROL GRAFİKLERİ

İstatistiksel Proses Kontrolü (İPK), üretim hattından alınan ürünlerin istenen özelliklere uyup uymadığını belirlemek ve kontrol etmek için

istatistiksel teknikleri kullanan bir sistemdir. Bu sistem, sadece ürünlerin kontrol edilmesini değil, aynı zamanda prosesin sürekli olarak kontrol edilmesini ve gerektiği takdirde geliştirilerek iyileşmesini sağlamaktadır. Üretilen ürünlerin kalite düzeylerinin araştırılması ve varsa kalite değişiminin belirlenmesi için istatistiksel kalite kontrol tekniklerinden yararlanılmaktadır. Bu amaçla, üretim prosesinden gelen ürünlerin tamamını muayene etmek yerine, belirli zaman aralıklarında prosesi yeterince temsil edebilecek nitelikte örnekler çekilmekte ve bunlardan gelen sonuçlar değerlendirilerek, proses hakkında tahminde bulunulmaktadır. İPK, ürün kalitesini kontrol etmede, Shewhart'ın üretim prosesinde istatistiksel kavramları uygulayarak kontrol şemalarını tanıttığından dolayı büyük rol oynamaktadır [17].

Üretim sırasında belirli zaman aralıkları ile alınan örneklerden elde edilen ölçümlerin ölçülebilen özelliklerinin değişimlerini gösteren grafiğe kontrol grafiği denir. Kontrol grafiklerinde alt kontrol sınırı (AKS), üst kontrol sınırı (ÜKS) ve orta değer (OÇ) çizgisi bulunmaktadır [16].

Shewhart'ın kontrol grafikleri, üretim sürecinde karşılaşılan problemlere ne zaman müdahale edilmesi gerektiğini belirleyen, işlem sürecini kontrol altına alabilen bir yöntemdir. Shewhart'a göre ürünlerin üretimi sırasında belirli sınırlar vardır ve bu sınırlar aşıldığı takdirde süreç müdahale edilmesi gerekmektedir. Shewhart kalite kontrol grafikleri istatistikte kalite kontrolün önemli araçlarından biridir. Bu grafikler süreçlerin hassasiyetini ölçmek için fayda sağlamaktadır [3].

Shewhart kontrol grafiği ile örnek ortalamasının dağılımı, standart sapma ve değişim aralığına ait dağılımlar takip edilir. Ortalama (\bar{x}) kontrol grafikleri; örnek ortalamalarının istenilen ortalamaya/genel ortalamaya göre nasıl karşılaştırılacağını gösterir. Değişim aralığı (R) kontrol grafikleri; örnek içindeki bireysel gözlemlerin farklılığını belirler. Standart sapma (S) kontrol grafikleri; örnek standart sapmalarının ortalamaları ile ilişkili olduğu ortalama ve standart

sapma alt grup dağılımlarının değişimini belirler. Shewhart kontrol grafikleri içerisinde $(\bar{x})-(R)$ ve $(\bar{x})-(S)$ kontrol grafikleri daha sık kullanılmaktadır [3].

3.1. Ölçülebilir Karakteristikler için Kalite Kontrolü

Ürünlerin ölçülebilir karakteristikleri temel alınarak yapılan kalite kontrolünde üç çeşit kontrol grafiği kullanılabilir.

- Değişim aralığı (R)
- Standart sapma (S)
- Ortalama (\bar{X})

3.1.1. Değişim Aralığı Kontrol Grafikleri

Kalite özelliklerinde kullanılan, ölçülebilir olarak ifade edilebilir değişkenlerde kullanılan kontrol grafiği X-R kontrol grafikleridir. X kontrol grafiğinin kontrol sınırları, R kontrol grafiğinin merkez çizgisi kullanılarak oluşturulmaktadır.

Örneklem değerlerinin en büyük ve en küçük değerleri arasındaki farka “Değişim Aralığı” denir. Bu parametreyi kullanan kontrol grafikleri ne “Değişim Aralığı kontrol grafiği” veya “ R kontrol grafiği” denir (Eşitlik 1-3).

$$\bar{ÜKS}_R = D_4 \bar{x} \bar{R} \quad (1)$$

$$OÇ_R = \bar{R} \quad (2)$$

$$AKS_R = D_3 \bar{x} \bar{R} \quad (3)$$

3.1.2. Standart Sapma Kontrol Grafikleri

Üretim sürecinin ortalamasını ve süreç değişkenliğini kontrol altında olup olmadığını belirleyen kontrol grafikleri X-S kontrol grafikleridir. X kontrol grafiği ortalamadan, S kontrol grafiği ise işletmedeki niceliksel verilerin, işletme ölçüm ortalamasına göre sapmalarını gösterir. Örneklem hacminin 10'dan fazla olması durumunda X-S kontrol grafikleri, örneklem hacminin bu değerden az olması halinde ise X-R kontrol grafikleri tercih edilmektedir.

Bu tip kontrol grafiklerinde standart sapması (σ) bilinmeyen bir ana kütleden, her biri n birimden oluşan k adet örnek alınarak standart sapmaları hesaplandıktan sonra, bu standart sapmaların ortalaması (\bar{S}) belirlenir (Eşitlik 4-6).

$$\bar{ÜKS}_S = B_4 \bar{x} \bar{S} \quad (4)$$

$$OÇ = \bar{S} \quad (5)$$

$$AKS_S = B_3 \bar{x} \bar{S} \quad (6)$$

3.1.3. Ortalama Kontrol Grafikleri

Ortalama kalite düzeyinin kontrolü için geliştirilen grafiklerdir. Ana kütleden her biri n birimden oluşan k adet örnek alınır ve her birinin ortalaması (\bar{X}_i) hesaplanır. Bu ortalama değerlerin de kendi arasındaki genel ortalaması belirlenir (Eşitlik 7).

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{X}_i}{k} \quad (7)$$

Bu genel ortalama aynı zamanda ana kütle ortalamasının bir tahminidir. Ortalamalar dağılımının standart sapması ise (Eşitlik 8);

$$\sigma_{\bar{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (8)$$

eşitliğinden hesaplanır. Burada σ ana kütle standart sapması olup, değerinin bilinmediği ve $n \geq 30$ olduğu durumlarda örnek kütleinin standart sapması, ana kütleinkine eşit kabul edilebilir. Bu tip kontrol grafiklerinin kullanımında, her bir örneklemede bulunacak örnek birim sayısının $n \geq 4$ olması tercih edilir. Örnek birim sayısının $n > 10$ olması halinde ise standart sapma kontrol grafikleri kullanılır.

Burada \bar{R} değişim aralıklarının ortalamasını ve \bar{S} standart sapmaların ortalamasını vermektedir. D_3 ve D_4 ile B_3 ve B_4 ise alt grup örnek büyüklüğüne bağlı katsayılarıdır. Ek 1’de \bar{X} , R ve S grafikleri için kontrol sınırları belirleme katsayıları verilmektedir. Buradan n birim sayısına göre ÜKS ve AKS değerlerini belirlemek için gerekli olan katsayılar farklı örnek büyüklükleri için literatürde tablolar halinde belirtilmektedir.

X, R ve S grafiklerinin en önemli farkı yayılım grafiklerinden kaynaklanır. Alt grupların büyüklüklerine göre hangi değişkenlik istatistiğinin daha etkili olacağı temel alınarak grafik seçilir. Alt grupların büyüklüğü, n, 10'dan büyükse veya alt grupların büyüklükleri değişken ise X ve R kontrol grafikleri yerine X ve S kontrol grafiklerinin kullanılması tercih edilir [19]. Çizelge 1'de Kontrol Grafikleri Sınırlarının özeti görülmektedir.

Çizelge 1. Kontrol grafikleri sınırları [12]

Grafik türü	Merkez hattı	Alt kontrol sınırı (AKS)	Üst kontrol sınırı (ÜKS)
Ortalama	\bar{X}	$\bar{X} - A_2\bar{R}$	$\bar{X} + A_2\bar{R}$
Değişim aralığı	\bar{R}	$D_3\bar{R}$	$D_4\bar{R}$
Standart sapma	\bar{S}	$B_3\bar{S}$	$B_4\bar{S}$

4. MERMER FABRİKASINDAKİ KALİTE KONTROL SONUCU ELDE EDİLEN BULGULAR

Mermer işleme tesisinde, her operasyonda üretilen yarı mamulden sonra ölçü kontrolünün, damarçatlak-kırık ve renk homojenliği kontrolünün, bir sonraki işlemde önce yapılması gerekmektedir [1].

Mermer üretiminde tüketicinin kalite beklentileri;

1. Malzeme seçimi
2. Malzemenin rengi ve dokusu
3. Malzeme kalitesi ve ebatlama hassasiyetleri
4. Zaman faktörü
5. Ambalaj kalitesi

Bu amaçla üretim hattından rasgele alınan 16 adet fayans örneklerinin kalite kontrollerinin sağlanması için en, boy, kalınlık, gönye ve parlaklık ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümlerde EN 12057 standardı göz önünde bulundurulmuştur. 1,25x30,5x30,5 cm ebatlarındaki örneklerden kalınlık için 10 farklı yerden, en ve boy için 5 farklı yerden, parlaklık için ise 25 farklı yerden ölçüm alınarak toplamda 752 ölçüm üzerinden kontrol grafikleri oluşturulmuştur. Bu aşamada

anakütle varyansı ve ortalamasının bilinmediği kabul edilmiştir. Yapılan her bir ölçüm çizelgelerinde birim sayısı olarak belirtilmiş ve X-R-S kontrol çizelgeleri oluşturulmuştur. Bu çizelgelerin özet olarak sunumu Çizelge 2'de verilmiştir.

Yapılan ölçümler Eşitlik 1, 2 ve 3'de yerine konularak değişim aralığı limitleri, Eşitlik 4, 5, 6 kullanılarak standart sapma limitleri ve Eşitlik 7 kullanılarak ölçümlerin ortalamaları belirlenmiştir.

Çizelge 2. X-R-S kontrol çizelgeleri

	k	n	\bar{X}	R	S
Kalınlık	16	10	12,90	0,45	0,14
En	16	5	304,35	0,34	0,14
Boy	16	5	304,17	0,18	0,08
Parlaklık	16	25	21,60	18,94	5,04
Gönye	16	2	427,54	0,79	0,40

Bu çalışmada X-S kontrol çizelgelerine uygun olarak ÜKS ve AKS limitleri belirlenmiş ve grafikler çizilmiştir (Şekil 1-10). ÜKS ve AKS kontrol sınırları belirlenirken gerekli olan A_2 , B_3 ve B_4 gibi sabit katsayılar Ek 1'den alınmıştır.

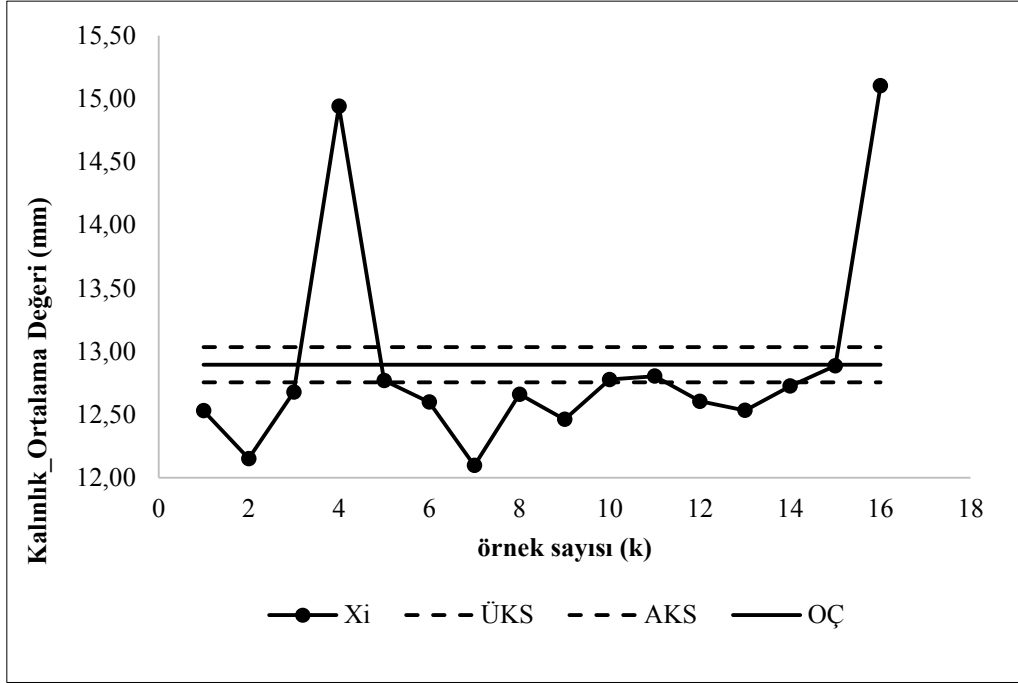
Kalınlık birim değerleri için;
Ortalama kontrol grafiği için (Çizelge 2);

$$\begin{aligned} AKS_{\bar{X}} &= 13,03 \\ O\check{C}_{\bar{X}} &= 12,90 \\ \check{U}KS_{\bar{X}} &= 12,76 \end{aligned}$$

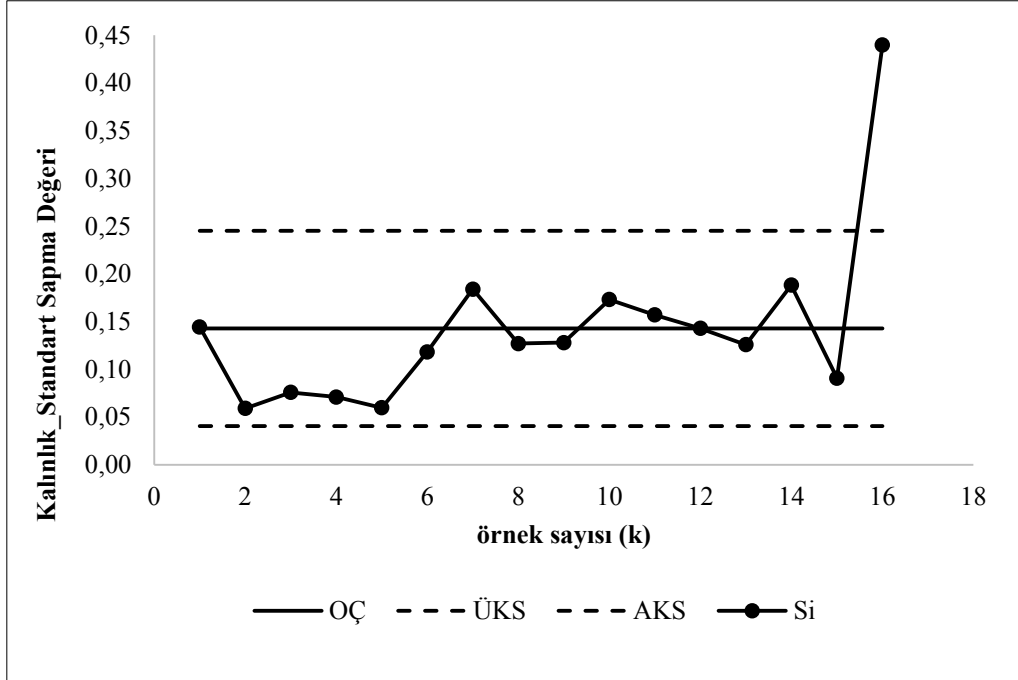
Standart Sapma kontrol grafiği için;

$$\begin{aligned} AKS_S &= 0,04 \\ O\check{C}_S &= 0,14 \\ \check{U}KS_S &= 0,25 \end{aligned}$$

Şekil 1 ve Şekil 2 de belirtildiği gibi kalınlığı 12,5 mm olarak alınan 16 adet örneğin ortalaması 12,9 mm olarak ölçülmüş ve sadece 4 tanesinin ortalama kontrol grafiğine göre sınırlar içerisinde olduğunu söylemek mümkündür. Standart sapma kontrol grafiğine bakıldığında son örneğin sınıırn büyük bir farkla dışına çıktığı görülmekte, diğer örneklerin standart sapmalarının uyum içinde olduğu görülmektedir.



Şekil 1. Mermer fayanslarının kalınlığı için oluşturulan ortalama kontrol grafiği



Şekil 2. Mermer fayanslarının kalınlığı için oluşturulan standart sapma kontrol grafiği

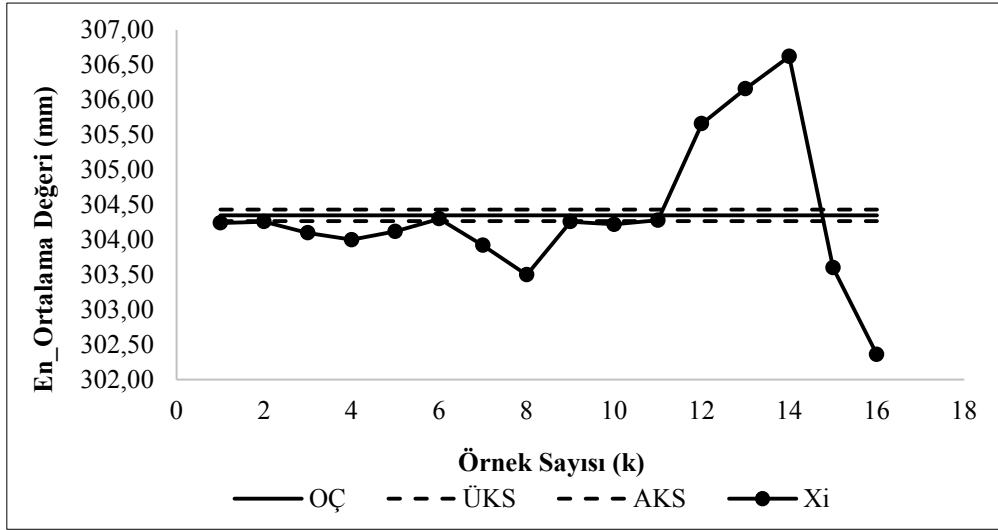
En birim değerleri için;
Ortalama kontrol grafiği için (Çizelge 2);

$AKS_{\bar{x}}=304,27$
 $OÇ_{\bar{x}}=304,35$
 $ÜKS_{\bar{x}}=304,43$

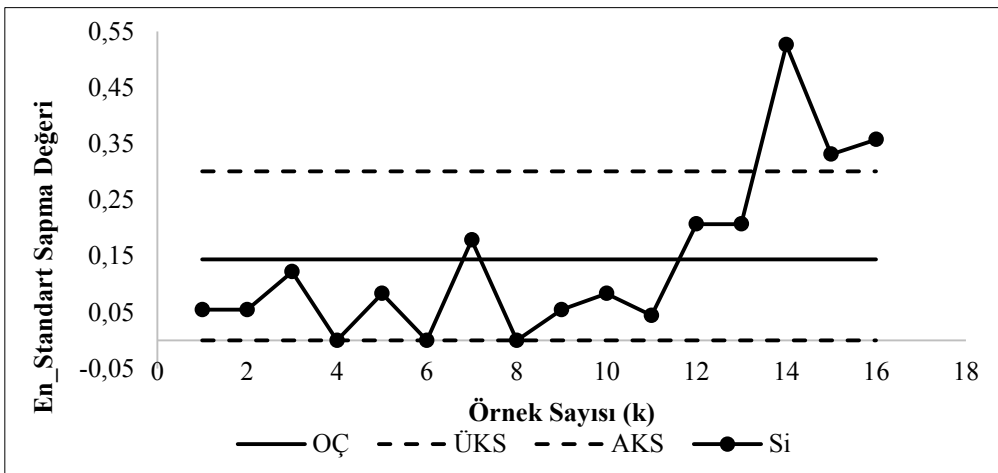
Standart Sapma kontrol grafiği için;

$AKS_s=0$
 $OÇ_s=0,14$
 $ÜKS_s=0,30$

Şekil 3 ve Şekil 4’de belirtildiği gibi eni 305,00 mm olarak alınan 16 adet örneğin ortalaması 304,35 mm olarak ölçülmüş ve sadece 1 tanesinin ortalama kontrol grafiğine göre sınırlar içerisinde olduğunu söylemek mümkündür. Standart sapma kontrol grafiğine bakıldığında son 3 örneğin sınırın baya dışına çıktığı görülmekte, diğer örneklerin standart sapmalarının uyum içinde olduğu görülmektedir.



Şekil 3. Mermer fayanslarının eni için oluşturulan ortalama kontrol grafiği



Şekil 4. Mermer fayanslarının eni için oluşturulan standart sapma kontrol grafiği

Boy birim değerleri için;
Ortalama kontrol grafiği için (Çizelge 2);

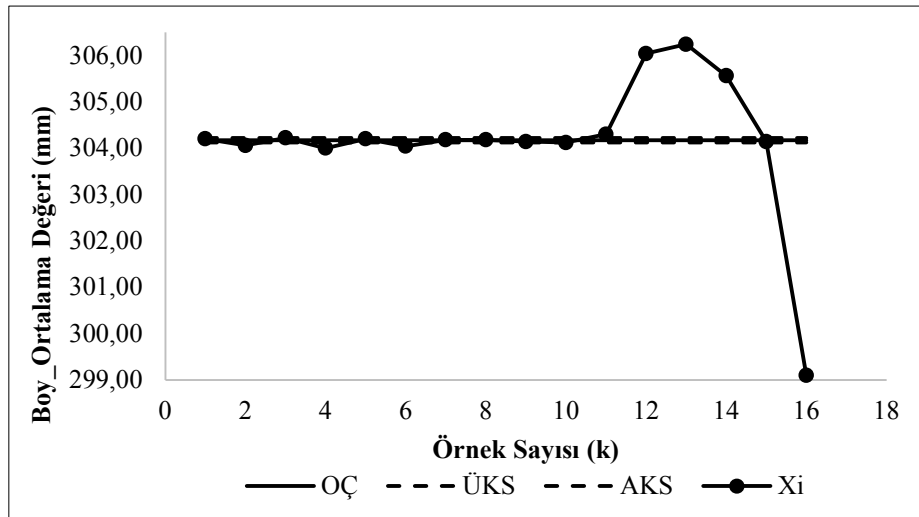
$$\begin{aligned} AKS_{\bar{X}} &= 304,12 \\ OÇ_{\bar{X}} &= 304,17 \\ ÜKS_{\bar{X}} &= 304,22 \end{aligned}$$

Standart Sapma kontrol grafiği için;

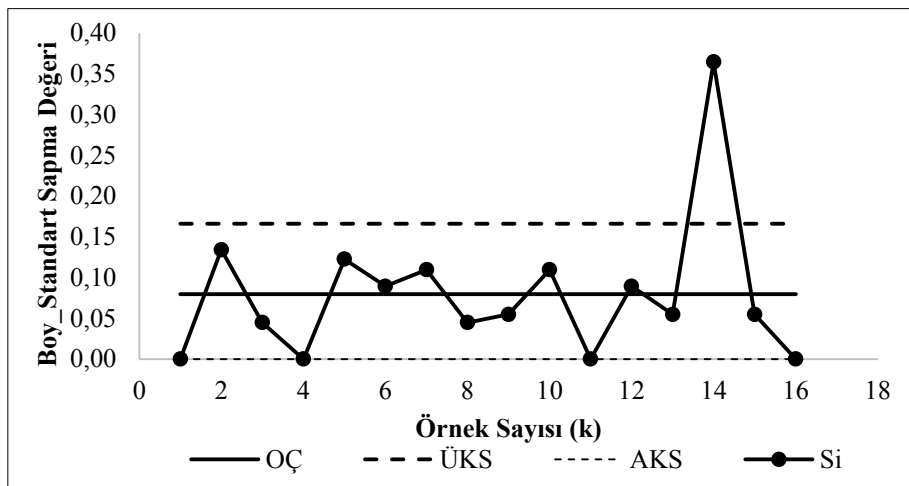
$$\begin{aligned} AKS_s &= 0 \\ OÇ_s &= 0,08 \\ ÜKS_s &= 0,17 \end{aligned}$$

Şekil 5 ve Şekil 6'da belirtildiği gibi boyu 305,00 mm olarak alınan 16 adet örneğin ortalaması 304,17 mm olarak ölçülmüş ve sekiz örneğin sınırlar içinde olduğunu söylemek mümkündür.

Standart sapma kontrol grafiğine bakıldığında 14 numaralı örneğin sınırın dışına çıktığı görülmekte, diğer örneklerin standart sapmalarının uyum içinde olduğu görülmektedir.



Şekil 5. Mermer fayanslarının boyu için oluşturulan ortalama kontrol grafiği



Şekil 6. Mermer fayanslarının boyu için oluşturulan standart sapma kontrol grafiği

Parlaklık birim değerleri için;

Ortalama kontrol grafiği için (Çizelge 2);

$$AKS_{\bar{x}}=20,87$$

$$OÇ_{\bar{x}}=21,65$$

$$ÜKS_{\bar{x}}=22,47$$

Standart Sapma kontrol grafiği için;

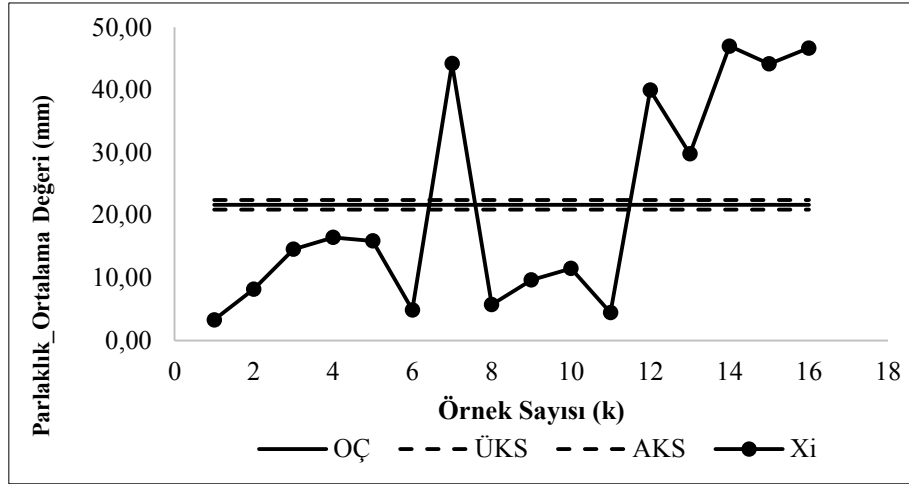
$$AKS_s=2,88$$

$$OÇ_s=5,09$$

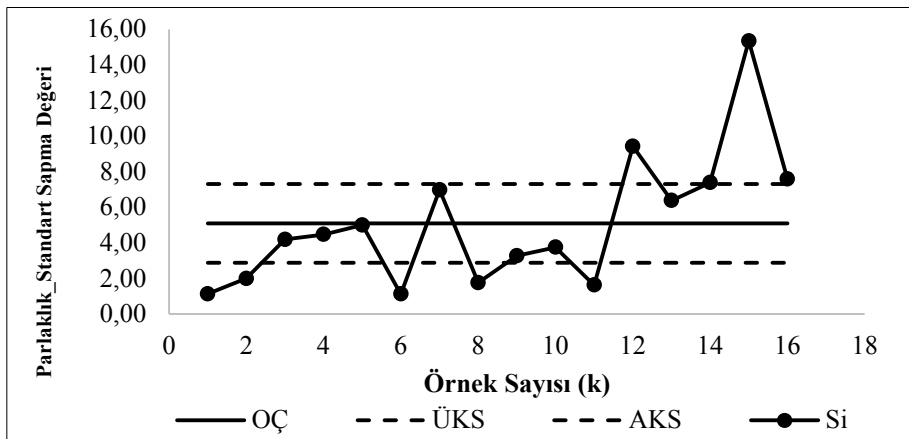
$$ÜKS_s=7,31$$

16 adet örneğe glossmetre ile yapılan ölçümlerde taşın parlaklığının çok da iyi olmadığını, müşterinin fayansları honlu/ham olarak nitelendirilen yüzey işlemine göre kabul göreceğini aksi halde örneklerin tekrar silim hattına verilerek cilalanması gerektiği söylenebilir. Böyle bir durum, işletme açısından zaman kaybı ve ekstra maliyet anlamına gelmektedir.

Şekil 7 örneklerin parlaklık ortalama değerlerinin tamamının sınır dışında olduğunu göstermektedir. Fakat standart sapma kontrol grafiğine (Şekil 8) bakıldığında 9 örneğin kontrol dışı olduğunu söylemek mümkündür. Neredeyse yarı yarıya bir durum söz konusudur.



Şekil 7. Mermer fayansların parlaklığı için oluşturulan ortalama kontrol grafiği



Şekil 8. Mermer fayansların parlaklığı için oluşturulan standart sapma kontrol grafiği

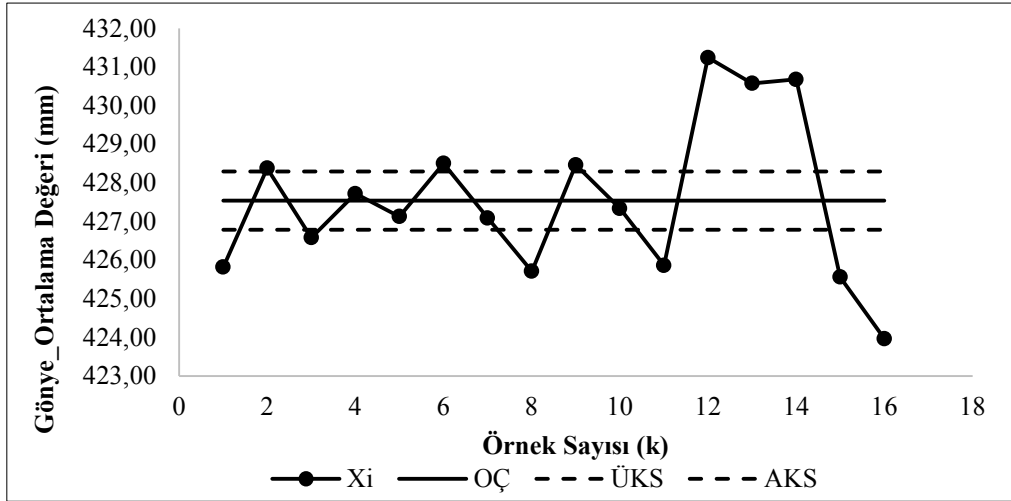
Gönye birim değerleri için;
Ortalama kontrol grafiği için (Çizelge 2);

$AKS_{\bar{x}}=426,79$
 $OÇ_{\bar{x}}=427,54$
 $ÜKS_{\bar{x}}=428,29$

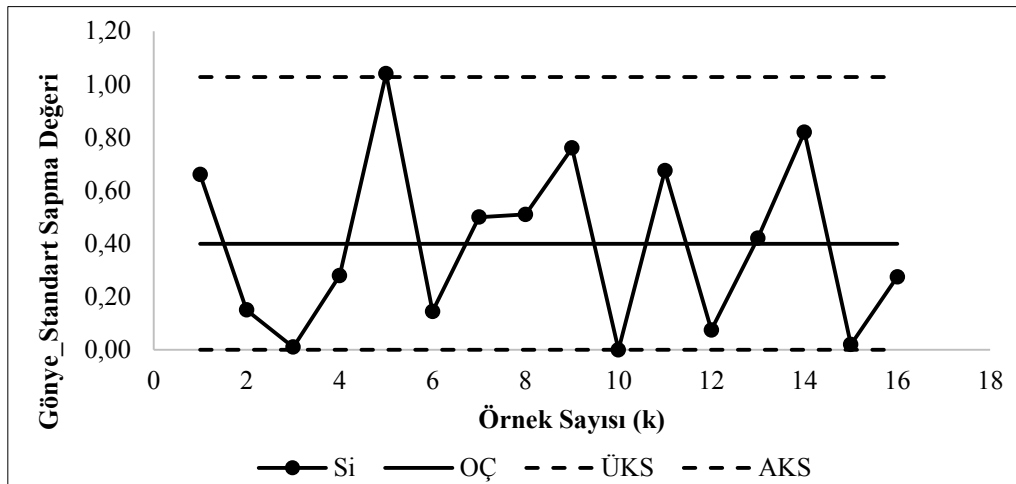
Standart Sapma kontrol grafiği için;

$AKS_s=0,40$
 $OÇ_s=0,40$
 $ÜKS_s=1,03$

Şekil 9, alınan örneklerden yarısının gönye ölçümlerinin sınır dışı olduğunu göstermektedir. Standart sapmalarına bakıldığı takdirde tüm örnekler uyum içinde olduğundan kabul edilebilir sınırlar içerisindedirler. Şekil 10 ise tüm örneklerden alınan gönye ölçümlerinin standart sapma ile uyum içinde olduğunu göstermekte ve kabul edilebilir ölçülerde olduğunu söylemektedir. Alınan örnekler üzerinden X-S kontrol grafiklerinde ÜKS ve AKS dışında kalan örneklerin olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 9. Mermer fayanslarının gönyesi için oluşturulan ortalama kontrol grafiği



Şekil 10. Mermer fayanslarının gönyesi için oluşturulan standart sapma grafiği

5. SONUÇ

Mermer sektöründe müşteriye sunulan nihai ürünlerin kalite standartlarının oluşturulması ve kalitedeki sürekliliğin sağlanması önemlidir. Mermer fabrikalarında levha ve fayanslara belirli aşamalarda, belirli sürelerle kalite kontrol çalışmaları yapılmalıdır. Satışa sunulan mermerlerin cilalama esnasındaki kalitesi, ebatlarında ve gönyelerindeki kusursuzluk, pahlamanın düzgünlüğü, renk ve desenindeki homojenlik özellikle ihracat açısından dikkat edilmesi gereken özelliklerdir.

Bu çalışmada mermer fabrikasından alınan 1,25x30,5x30,5 cm ebatlarındaki cilalı fayansların ortalama ölçüleri 1,29x30,44x30,42 cm olarak ölçülmüştür. Fayans ölçülerinde kalınlık değeri $\pm 0,5$ mm, en-boy değeri ± 1 mm tolerans göz önünde bulundurulduğunda üretimin kaliteli olduğunu söylemek mümkündür. Ayrıca, parlaklık ve gönye referans aralığına bakıldığında örneklerin cilasının iyi olmadığı ve gönyede sapmalar olduğu gözlenmektedir.

İstatiksel Proses Kontrolüne göre yapılan kalınlık, en, boy, parlaklık ve gönye ölçümleri sonucunda bazı örneklerin AKS ve ÜKS sınırları dışında olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle son örneklerdeki sapmalar kabul edilebilir ortalama değerler içerisinde değildir. Standart sapma grafikleri göz önünde bulundurularak örnekler kabul edilebilir. Bu sapmaların birçok nedeni olabilir.

Genel olarak mermer fayans ölçüleri tolere edilebilir olsa bile bu sapmaların nedenleri araştırılmalı ve müşteri memnuniyetinin maksimum düzeye çıkarılması hedeflenmektedir. Bu hedefe ulaşmak için öncelikli olarak kesim hattı ve Kontrol grafiği silim hattı gözden geçirilerek gerekli ayarlamalar yapılarak bakım çalışmalarına öncelik verilmelidir. Ayrıca makinadan sorumlu personelin istenilen ürün kalitesini belirleyebilmesi için seleksiyon ayırımı, ürün yüzey pürüzlülüğü, kenar-pah kontrolü gibi kaliteyi etkileyen faktörleri titizlikle yapması gerekmektedir. Sorumlu personel bu ayırmaları yapmadığı takdirde belirli bir süre kalifiye

personel tarafından fayans üretim hattında kaliteyi etkileyen faktörler yerinde gösterilerek öğretilmelidir.

Kalite ve kaliteli üretim her zaman olması gereken ve her sektörde önemli olan bir kavramlardır. Özellikle mermer sektöründe müşteri memnuniyeti ve kaliteli ürün satışı önemlidir. Bu yüzden, mermer fabrikalarında üretilen ürünler üzerinde kalite kontrol çalışmalarının bilimsel yöntemlerle yapılmasının önemi büyüktür.

6. KAYNAKLAR

1. Ersoy, A.H., 2002. Mermer İşletmelerinde Kalite Maliyetleri. Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir, 98.
2. Akkoyun, Ö., 2006. Mermer İşleme Tesislerinde Kalite Maliyetlerine Bağlı Üretim Optimizasyonu. Osman Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Eskişehir, 160.
3. Dağlı, K., 2019. Doğaltaş Fabrikalarında Üretim Sürecinin Kalite Kontrol Grafikleri ile Değerlendirilmesi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Afyon, 117.
4. Polat, E., 2008. Doğaltaş Sektöründe Ebatlı Ürünlerin EN-TSE Standartlarına Uygunluğunun Araştırılması ve TEM-MER A.Ş. Ürünleri Üzerinde Değerlendirilmesi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Afyon, 96.
5. Saraç, S., Özdemir, G., 2003. Mermer Fayanslarının Boyutlandırılmasında İstatistiksel Kalite Kontrolü. MERSEM'2003 Türkiye IV. Mermer ve Doğal Taş Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Afyon, 15-26.
6. Büyüksağis, İ. S., Bozkurt, R., 2001. Doğal Taş Endüstrisinde Standardizasyon ve Kalite Kontrolünün Önemi ve Genel Uygulama Alanları. Y. Kibici ve İ. S. Büyüksağis, (Ed.), TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, MERSEM'2001 Türkiye III. Mermer ve Doğal Taş Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Afyon, 351-360.
7. Ankara, H., Yerel, S., 2008. Use of Range Control Charts in Determination of Variability

- in Surface Parallelisms of Plates. Journal of Scientific & Industrial Research, 67, 1078-1082.
8. Sarıışık, A., Sarıışık, G., Polat, E., 2010. Mermer Makinelerinde Üretilen Doğaltaş Nihai Ürünlerin Kalite Kontrolü ve Standartlara Uygunluğu. Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, II. Uluslararası Mermer ve Doğal Taşlar Kongresi, İzmir, 99-113.
 9. Çetintaş, S., Nazlı, İ., 2018. Doğaltaş Parlatma Sürecinde Kalınlık ve Parlaklık Değişiminin Shewhart Kontrol Grafikleri ile İncelenmesi. Madencilik, 57(3), 177-187.
 10. Aykul, H., Akcakoca, H., Ediz, G., Taksuk, M., 2005. Garp Linyitleri İşletmesi Termik Santral Kömürleri için İstatistiksel Süreç Kontrol Analizi. 19 Uluslararası Madencilik Kongresi, Türkiye, 313-321.
 11. Eevli, S., 2006., Coal Quality Control With Control Charts. International Journal of Coal Preparation and Utilization, 26(4), 181-199.
 12. Eevli, S., Behdioğlu, S., 2006. İstatistiksel Proses Kontrolü Teknikleri ile Kömür Kalitesindeki Değişkenliğin Belirlenmesi. Madencilik, 45, 19-26.
 13. Eevli, S., Uzgören, N., Savas, M., 2009. Control Charts for Autocorrelated Colemanite Data. Journal of Scientific & Industrial Research. 68, 11-17.
 14. Arslan, V., Bayat, O., 2012. Çukurova Bölgesindeki Kömür Briketleme Fabrikalarına İstatistiksel Kalite Kontrol Uygulaması. 18. Kömür Kongresi, Türkiye, 111-122.
 15. Arslan, V., 2017. Bakır Konsantre Tesislerinde Kontrol Kartlarının ve Çok Boyutlu Ölçekleme Analizinin Uygulanması. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 32(1), 99-108.
 16. Arslan, V., 2019. Toplam Renk Farklılığı Parametresi Kullanılarak Bulanık Mantık Yöntemiyle İstatistiksel Kalite Kontrolü: Alüminyum Üretim Tesisinde Bir Uygulama. Madencilik, 58(3), 219-228.
 17. Aytac, E., 2006. Kalite Kontrolde Bulanık Mantık Yaklaşımı ve Bir Uygulama. Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Denizli, 249.
 18. Özçil, A., 2014. Shewhart, CUSUM ve EWMA Kontrol Grafiklerinin Bir Üretim İşletmesinde Uygulanması, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Denizli, 128.
 19. Alakoç, N., 2012. Bulanık Kalite Kontrol Grafiklerinde Yeni Bir Yaklaşım (Oran Yaklaşımı). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, 131.

Ek 1. \bar{X} , R ve S çizelgeler için kontrol limitleri belirleme katsayıları [18]

n	A	A ₂	A ₃	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	C ₄	d ₂
2	2.121	1.880	2.659	0.000	3.267	0.000	2.606	0.000	3.686	0.000	3.267	0.7979	1.128
3	1.732	1.023	1.194	0.000	2.568	0.000	2.276	0.000	4.358	0.000	2.575	0.8862	1.693
4	1.500	0.729	1.628	0.000	2.266	0.000	2.088	0.000	4.698	0.000	2.282	0.9213	2.059
5	1.342	0.577	1.427	0.000	2.089	0.000	1.964	0.000	4.918	0.000	2.115	0.9400	2.326
6	1.225	0.483	1.287	0.030	1.970	0.029	1.874	0.000	5.078	0.000	2.004	0.9515	2.534
7	1.134	0.419	1.187	0.118	1.882	0.113	1.806	0.204	5.204	0.076	1.924	0.9594	2.704
8	1.061	0.373	1.099	0.185	1.815	0.179	1.751	0.388	5.306	0.136	1.864	0.9650	2.847
9	1.000	0.337	1.032	0.239	1.761	0.232	1.707	0.547	5.393	0.184	1.816	0.9693	2.970
10	0.949	0.308	0.975	0.284	1.716	0.276	1.669	0.687	5.469	0.223	1.777	0.9727	3.078
11	0.905	0.285	0.927	0.321	1.679	0.313	1.637	0.811	5.535	0.256	1.744	0.9754	3.173
12	0.866	0.266	0.886	0.354	1.646	0.346	1.610	0.922	5.594	0.283	1.717	0.9776	3.258
13	0.832	0.249	0.850	0.382	1.618	0.374	1.585	1.025	5.647	0.307	1.693	0.9794	3.336
14	0.802	0.235	0.817	0.406	1.594	0.399	1.563	1.118	5.696	0.328	1.672	0.9810	3.407
15	0.775	0.223	0.789	0.428	1.572	0.421	1.544	1.203	5.741	0.347	1.653	0.9823	3.472
16	0.750	0.212	0.763	0.448	1.552	0.440	1.526	1.282	5.782	0.363	1.637	0.9835	3.532
17	0.728	0.203	0.739	0.466	1.534	0.458	1.511	1.356	5.820	0.378	1.622	0.9845	3.588
18	0.707	0.194	0.718	0.482	1.518	0.475	1.496	1.424	5.856	0.391	1.608	0.9854	3.640
19	0.688	0.187	0.698	0.497	1.503	0.490	1.483	1.487	5.891	0.403	1.597	0.9862	3.689
20	0.671	0.180	0.680	0.510	1.490	0.504	1.470	1.549	5.921	0.415	1.585	0.9869	3.735
21	0.655	0.173	0.663	0.523	1.477	0.516	1.459	1.605	5.951	0.425	1.575	0.9876	3.778
22	0.640	0.167	0.647	0.534	1.466	0.528	1.448	1.659	5.979	0.434	1.566	0.9882	3.819
23	0.626	0.162	0.633	0.545	1.455	0.539	1.438	1.710	6.006	0.443	1.557	0.9887	3.858
24	0.612	0.157	0.619	0.555	1.445	0.549	1.429	1.759	6.031	0.451	1.548	0.9892	3.895
25	0.600	0.153	0.606	0.565	1.435	0.559	1.420	1.806	6.056	0.459	1.541	0.9896	3.931