

## Karolarda Su Emmenin İstatistiksel Kontrolü

B. Tütmez

*Maden Yüksek Mühendisi*

O. Bayat

*Çukurova Üniversitesi, Maden Müh. Böl, Balçalı, 01330 Adana*

**ÖZET:** Bu çalışmada, İstatistiksel Proses Kontrol (İPK) tekniği kullanılarak karoların su «mme özelliği araştırılmıştır. Söğüt Seramik A.Ş. de üretilen yer karosunun Masse üretim prosesinden elde edilen verilerle kontrol kart analizi gerçekleştirilmiştir. Kontrol kart uygulamasında, proses içindeki anormallikler izlenmiş olup, el ile yapılan değerlendirme hataları kolayca tespit edilebilmiştir. Su emme ölçümlerinin istatistiksel analizi, pişirme veya hammadde kaynaklı potansiyel problemlere işaret etmiştir. Kontrol şeması kullanılarak seramik prosesindeki bütün parametrelerin istatistiksel analizleri yapılabilir ve prosesin karşılaşılabileceği risk olasılığı kontrol edilir.

**ABSTRACT:** In this study, water absorption of tiles was investigated by using statistical process control technique (SPC). Control chart analysis was made using data from Masse production process at Söğüt Seramik A.Ş. Using control chart, abnormalities was observed, manual judging faults in process could be determined easily. Statistical analysis of measurement of water absorption of the tiles indicated that some potential problems have been arised by firing or raw material. Using control chart, statistical analysis of parameters in ceramic process can be made and possibility of the risk of the process is controlled.

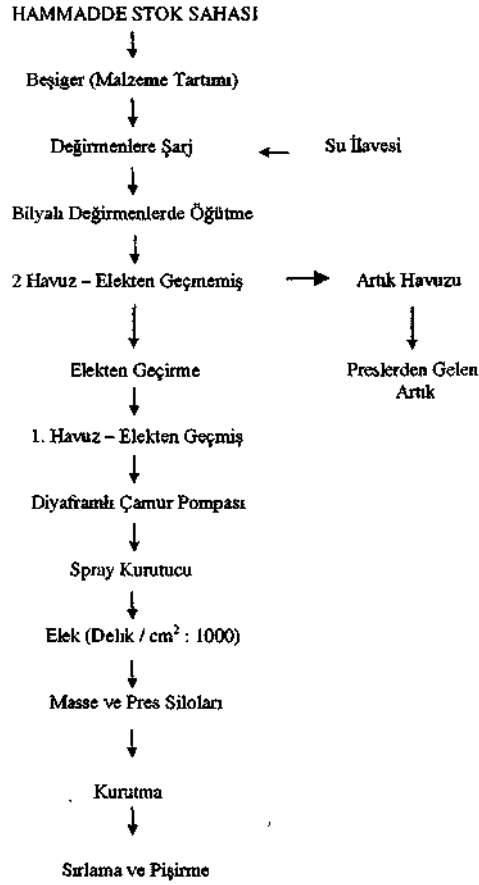
### 1. GİRİŞ

İstatistiksel Proses Kontrolün ileri tekniklerle uygulandığı bazı gelişmiş ülkelerde sonuç üretim kalitesinin bilgisayarla kontrolü yapılabilmektedir (Hostetter, 1997). Seramik proseslerinin istatistiksel analizi; girdi (hammadde), üretim (işlem) ve çıktı (ürün) bazında kontrol yapmayı mümkün kılmaktadır (Tütmez, 1999). Yer karosu üretim proseslerinin önemli bir aşaması olan Masse (bünye), karonun ana omurgasını oluşturduğundan kalite açısından en önemli parametre olarak ortaya çıkmaktadır.

### 2. KAROLARDA MASSE HAZIRLAMA

Genel olarak seramik, doğada bileşikleri halinde bulunan elementlerin uygun karışımlarından, ısı enerjisinden yararlanarak ürün elde etmek şeklinde tanımlanabilir (Doğan, 1985). Bu tanım; çömlek, yapı

malzemeleri, porselen, refrakter ürünler, yalıtkan malzemeler, cam, çimento, emaye, kesici, kapasitör ve piezo - elektrik (kuvars kristalleri ile ultra ses eldesi) malzemeleri kapsar. Karo, şekil ve boyut gözönüne alınmaksızın kapalı ve açık alanlarda yer ve duvar kaplaması için tasarlanan inşaat malzemesidir. Dekorlu olarak üretilen bir karo yapısal açıdan dört kısımdan oluşur, bünye (masse), engob (astar), sır ve dekor. Bünyede kullanılan hammaddeler, öğütme, eleme, karıştırma gibi işlemlerden geçirildikten sonra normal oda sıcaklığında presleme, plastik çekme veya döküm işlemleri ile şekillendirilir. Şekillenmiş bünye daha sonra yüksek sıcaklıkta pişirilir (Tefek ve Bilgeç, 1997).



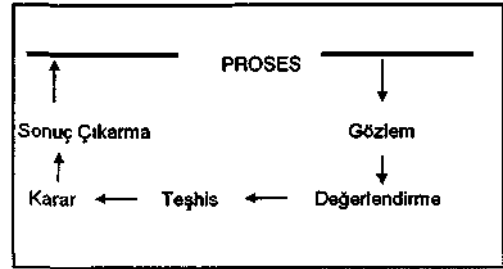
Şekil 1. Söğüt Seramik Sanayi yer karosu masse hazırlama ünitesi akım şeması

Masse, karonun omurgası olarak kabul edilen bisküvinin sıkışmadan önceki halidir. Masseyi oluşturmak için kullanılan hammaddeler, kil, kaolen, feldspat, pegmatit, kuvars, talk ve sodadır. Karolarda istenilen dayanıklılık, porozite gibi özelliklerin elde edilmesi için bünyedeki hammadde oranlarını gösteren reçeteye göre hammaddeler beşigerlerde tartılır. Beşigerlerdeki hammaddeler bant vasıtası ile bilyalı değirmenlere yüklenir ve belirli oranda su ilavesi yapılır. Değirmenlerin içerisinde yaklaşık 8-10 saat süreyle öğütülen bünye, sulu çamur halinde değirmenlerden boşaltılarak havuzlara alınır. Havuzlardan alınan çamur, pompalar vasıtası ile püskürtmeli kurutucuya gönderilir. Püskürtmeli kurutucu ters akım prensibi ile çalışır. Kurutucudan alınan toz, bünye silolarında depo edilir. Pres

silolardan gelen toz otomatik olarak pres kalıplarına doldurulur ve yüksek basınç altında (300 kg/cm<sup>2</sup>) şekillenir. Şekillendirme için otomatik hidrolik presler kullanılır. Şekillenen bünye (ham karo) son olarak pres önünde bulunan dikey kurutuculara gider (Tefek ve Bilgeç, 1997). Yer karosu için kullanılan masse hazırlama akım şeması Şekil 1'de verilmiştir.

### 3. KONTROL ŞEMASI

İstatistiksel Proses Kontrol (İPK), - proses stabilitesinin sağlanması ve proses yeteneğinin artırılması için kullanılan matematiksel araçların birleşim tekniğinin adıdır (Milton ve Arnold, 1995). Burada ürün veya hizmet bir sonuç, proses ise bu ürün veya hizmeti oluşturan nedenler ve etkenler zinciridir. Şekil 2'de İPK'nın işlem süreci belirtilmiştir (DeVor, 1992). -



Şekil 2. İstatistiksel Proses Kontrolün akış süreci (DeVor, 1992)

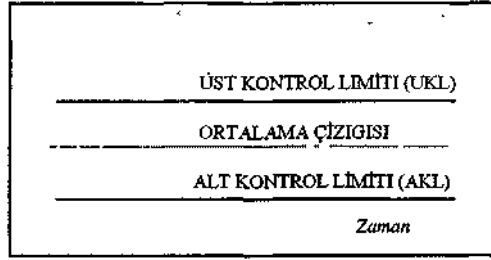
İstatistiksel proses kontrolün amaçlarını ve yöntemden elde edilebilecek faydalardan bazılarını aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür (Ishikawa, 1991): -

- ☑ Ürün kalitesinin gelişmesi.
- ☑ Kalite maliyetlerinin düşmesi.
- ☑ Hatalı ürün miktarının azalması.
- ☑ Muayene ve test masraflarının azalması.
- ☑ Ürün miktarının ve güvenilirliğinin artması.
- ☑ Kapasitenin artması.
- ☑ Birim maliyetlerin azalması.
- ☑ Gerçekçi standart ve spesifikasyonların belirlenmesi.
- ☑ Daha az makine arızası.
- ☑ Bakım-onarım ve yeni ekipman alım işlemlerinin daha akıcı hale gelmesi.
- ☑ Üretimlerdeki duruşlarda azalma.

### 3.1 Kontrol Şemalarının Genel Formu

Kontrol şemaları, bir prosesin durumunun yeterliliğini gözlemek ve proseste bir değişiklik olduğunda, erken uyan sinyali almak amacıyla kullanılır (Ishikawa, 1991). Kontrol şemalarının en önemli özelliği, bu şemaların bir sorunun varlığını göstermesi, sorun hakkında ipuçları vermesi, ancak sorunun nedenlerini gösterememesidir. Üretim sırasında tolerans (spesifikasyon) limitlerinin dışına çıkılmasının nedenleri; hammadde (malzeme) yapısındaki farklılıklar, sıcaklık, nem gibi çevre şartlarındaki değişimler, ölçme hataları, bant titreşimi ve toz gibi tamamen tesadüfi nedenlerden olabilir

Kontrol şemaları, değişkenler ve nitelikler için olmak üzere iki gruba ayrılmış olup bu şemalarda kullanılan üç belirleyici çizgi Şekil 3'de gösterilmiştir. Bu şemalardaki kontrol limitlerinin dışındaki noktalar tipik özel sebep belirticisidir (DeVor, 1992)



Şekil 3 Kontrol kartlarındaki kılavuz sınırları

### 3.2 Nitelikler için (np) Kontrol Şeması

Ölçülemeyen proses çıktıları için oluşturulan şemalar niteliksel kontrol şeması olarak adlandırılır. Genellikle analiz, hatalı parça adedi veya bir parçadaki hata adetleri sayılarak yapılır. Niteliksel kontrol kartlarında kullanılan iki temel kavramın tanımları yapılmıştır (Montgomery, 1986)

**Kusur:** Bir maddenin ya da ürünün hatalı veya spesifikasyonlara uymaması durumudur.

**Kusurlu:** Bir ürünün bir veya birden fazla kusur içermesi durumunda aldığı isimdir

**NP** şemaları, kusurlu sayısının analizinde kullanılan şemalardır. Bu şemanın dizaynı için öncelikle belirlenecek iki parametre  $O$  ve  $p$  dir. **NP** merkez hattının değeri, örnek sayısının hesaplanan  $p$  değeri

ile çarpılması sonucunda bulunur. Parametre hesaplan şöyle yapılabilir (Küme, 1989)

$$p = \text{Kusurlu Sayısı} / \text{Topl. Om. BüyüM} \quad (1)$$

$$\text{Tip} = \text{Örn. Büyüklüğü} * p \quad (2)$$

$$\text{Varyans} = np * (1 - p) \quad (3)$$

bu değerler karekökü standart sapma ( $\sigma$ ) dir. Elde edilen değerlere göre alt ve üst kontrol limitleri hesaplanabilir (Montgomery, 1986):

$$np - 3\sigma \quad (\text{Alt Kontrol Limiti}) \quad (4)$$

$$np + 3\sigma \quad (\text{Üst Kontrol Limiti}) \quad (5)$$

## 4. KAROLARDA SU EMME

Su emme, karonun içerebileceği su miktarının, karo ağırlığına oranı olarak tanımlanır ve yüzde (%) olarak ifade edilir (Tefek ve Bilgeç, 1997).

### 4.1 Karolarda Su Emme'nin Önemi

Seramik bünyelerde su emme ve gözeneklilik, pişme derecesine ve yapısal camı faz oluşumuna bağlı olarak bir diğerine paralel ilişki oluştururlar. Porselen gibi ürünlerde gözeneklilik dolayısıyla su emme istenmezken, fayans gibi daha sonra bir işleme tabi tutulacak ürünlerde %15'e varan su emme oranı istenir. Su emme ve gözeneklilik küçülme ile ters orantılıdır. Ürünün küçülmesi arttıkça su emme ve gözeneklilik azalır (Doğan, 1985). Karo bünyesinin esas bileşeni olan ince taneli ve plastisitesi yüksek killi kurutulduğunda hacim kaybı çok fazla olur (Temur, 1994).

### 4.2 Su Emme Ölçüm Uygulaması

TS-EN 87 standardına göre seramik karolarının su emme (E) özelliklerine göre sınıflandırmaları aşağıda verilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1 Karoların su emme özelliklerine göre sınıflandırılması (TS-EN 87,1995)

GRUP I	GRUP II		GRUP m
	(a)	(b)	
E < %3	%3 < E < %6	%6 < E < %10	E > %10

Karolarda düşük su emme değeri istenen bir niteliklidir. Bu nedenle ( $E < \%3$ ) olan düşük su emme değerine sahip karolar Söğüt Seramik A.Ş.'de de yer karoları için spek değer olarak kabul edilmiştir. Söğüt Seramik A.Ş.'nin Söğüt' de kurulu fabrikasında fırın çıkışı karoların su emme (porozite) ölçüm uygulaması şöyle yapılmıştır (SSS, 1998):

- (i) Karo test numuneleri standarda uygun olarak alınmıştır,
- (ii) Numuneler kuru bir bezle silinmiş ve tartılmıştır(S1).
- (iii) Karolar su seviyesinin en az 5 cm altında kalacak şekilde porozite kabına su koyulmuştur,
- (iv) Porozite kabı ısıtılmış, kaynamaya başladıktan sonra 2 saat süreyle ısıtma işlemi sürdürülmüştür.
- (v) Isıtma işlemine son verilip, porozite kabı soğumaya bırakılmıştır,
- (vi) Oda sıcaklığına kadar soğuduktan sonra karolar suyun içerisinden çıkarılmış, nemli ve pamuklu bir bezle kurulanmış ve tartılmıştır (S2).
- (vii) Su emme yüzdesi aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{Su Emme Yüzdesi} = \frac{S_2 - S_1}{S_1} * 100 \quad (6)$$

Her gün 100 adetlik sabit paket hacimlerinde, 30 gün boyunca her bir karo numunesi için uygulamalar yapılmış olup ( $E > \%3$ ) olan numuneler kusurlu olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlarla Çizelge 2 oluşturulmuştur.

Çizelge 2. Su emme ölçüm sonuçları

*YER : 3. Fabrika*  
*VARDİYA : 1-4*  
*SPEK: E<%3*

Paket No	Öm. Büy	Kusurlu	Paket No	Örn. Buy	Kusurlu
1	100	10	16	100	4
2	100	4	17	100	17
3	100	11	18	100	7
4	100	3	19	100	3
5	100	6	20	100	4
6	100	2	21	100	1
7	100	2	22	100	4
8	100	5	23	100	5
9	100	12	24	100	3
10	100	14	25	100	12
11	100	11	26	100	9
12	100	6	27	100	6
13	100	5	28	100	13
14	100	10	29	100	16
15	100	10	30	100	11

### 5. PİŞİRİLMİŞ HAM KAROLARIN SU EMME DEĞERLERİ İÇİN KONTROL KART UYGULAMASI

Fırın çıkışı karoların su emme özelliklerinin istatistiksel kontrolü için kontrol kart (niteliksel) uygulaması yapılmıştır. Elde edilen istatistiksel sonuçlar prosesin stabilitesi için veri oluşturmuştur.

#### 5.1 Kusurlu Karolar için Kontrol Şeması

$np$  şemasının oluşturulması için şu hesaplamalar gerçekleştirilmiştir:

$$p = \frac{226}{3000} = 0,0753$$

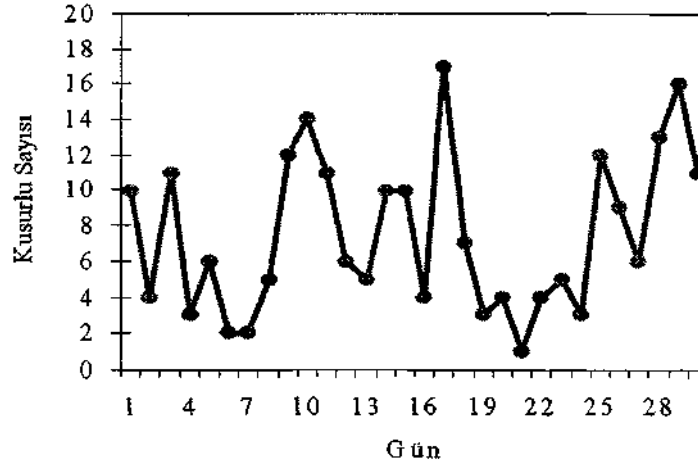
$$np = 100 * 0,0753 = 7,53$$

$Varyans = 7,53 * (1 - 0,0753) = 6,97$  olmak üzere  $a - V 6,97 = 2,64$  bulunur. Alt ve üst kontrol limitleri ise;

$$AKL = 7,53 - (3 * 2,64) = -0,39 \text{ (negatif çıktığı için 0 kabul edilir.)}$$

$$ÜKL = 7,53 + (3 * 2,64) = 15,45 \text{ elde edilir.}$$

—●— Seriler 2



Şekil 4. (NP) şemasında gösterim

### 5.2 İstatistiksel Değerlendirme

NP şemalarında ÜKL üzerindeki değerler istenmeyen, AKL altındaki değerler ise istenen değerlerdir. Üretim prosesinden beklenen, mümkün olduğunca düşük sayıda kusurlu karo üretiminin gerçekleşmesidir

İstatistiksel Proses Kontrol (İPK) yöntemlerinden biri olan kontrol şeması kullanılarak oluşturulan Şekil 4'de;  $E > \%3$  olan kusurlu ürün sayıları ifade edilmiştir. 30 gün boyunca hazırlanan paketlerdeki kusurlu miktarlarının değişimi istikrarsız bir süreç izlemiştir. 17. ve 29. günlerde üst kontrol limitinin dışına çıkan değer; 6, 7 ve 21. Günlerde ise 0'a çok yaklaşmıştır. Şemanın genelinde gözlenen, bir trend halinde yükselme veya düşüştür. Bu, istikrarsızlık belirtisi olarak kabul edilebilecektir.

Bir proses için spek dışı değerlerden ayrı olarak spek içi değerlerin dağılımı da önem taşımaktadır. 9, 10 ve 11. günler ile 28, 29 ve 30. günlerde bölgesel kusurlu yığılması söz konusu olup bu periyotlarda süreklilik gösteren anormallikler görülmektedir.

Kontrol kart analizleriyle, sebep kesin olarak tespit edilemez. Ancak uç değerlerin etüv ısısından veya el ile yapılan değerlendirme hatalarından kaynaklanmış olabileceği söylenebilecektir. 30 günlük ölçüm

sonucunda görülen sürekli dağılım, hammadde kaynaklı bir probleme de işaret edebilir

### 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Söğüt Seramik A.Ş.'de temel istatistiksel proses kontrol teknikleri uygulanmış ve üretim öncesi, proses ve üretim sonrası aşamalara ilişkin çeşitli analizler yapılmış ve aşağıdaki sonuçlar tespit edilmiştir

- (i) Karo üretim proseslerinde su emme (porozite) ölçüm uygulamalarının sıklığı, analizlerin hassasiyetini artırmıştır. Bir aylık (30 gün) ölçüm değerlerinde seyrek olarak kontrol limitlerinin dışına çıkma söz konusudur. Bu; prosesin bütünüyle risk altında olduğunu göstermezken, kontrol limitleri içindeki değerlerin istikrarsızlığı; gelecekte poroziteden kaynaklı bir kalite probleminin oluşabileceğinin ön işaretleri olarak değerlendirilmiştir.
- (ii) Proses de kontrol noktalarının mümkün olduğunca sık seçilmesi analizlerin başarısını artırmıştır.
- (iii) Kontrol şemasında alt ve üst sınırları aşan kontrol noktalarının geriye doğru incelenmesi problemin nedenini tespit etmeyi sağlamıştır.

- (iv) Prosesin yeterli değerlendirilmesi müşteri şikayetleri dikkate alınarak yapılmıştır. Kusurlu malzeme değeri genellikle  $E < \%3$  içinde kalmıştır. Ancak normal dağılım eğrisinin dışında da değerlerin bulunması işletme açısından bunun bir risk oluşturduğu şeklinde değerlendirilmiştir.

## 7. KAYNAKLAR

- DeVor, R.E. 1992. *Statistical Quality Design and Control*, McMillan, 813s.
- Doğan, Ş. 1985. *Seramik Teknolojisi*, Birsen Kitapevi, İstanbul, 143s.
- Hostetter, N. 1997. *Controlling Final Product Quality with SPC Software*, Ceramic Industry, 12, s.80-82
- Ishikawa, K. 1991. *Introduction to Quality Control*, By 3A Corporation, Tokyo, 127s.
- Kume, H. 1989. *Statistical Methods for Quality Improvement*, Tokyo, 230s.
- Milton, J.S., Arnold, J.C. 1995. *Introduction to Probability and Statistics*, McGraw Hill - Third Edition, s. 683-691.
- Montgomery, D.C. 1986. *Introduction to Statistical Quality Control*, Third Edition, 782s.
- (SSS), 1998. *Kalite Kontrol Laboratuvar Bilgileri*, Söğüt
- Tefek, M., Bilgeç, Ç. 1997. *Yer Karoları*, Kimya Mühendisliği Dergisi, 27-31.
- TS - EN 87, 1995. *Seramik Yer ve Duvar Karoları - Tarifler, Sınıflandırma, Özellikler ve İşaretleme*, TSE, Ankara, 8s.
- Temur, S. 1994. *Endüstriyel Hammaddeler*, Konya, s.25
- Tütmez, B. 1999. *Cevher Hazırlamada İstatistiksel Proses Kontrol ve Seramik Endüstrisinde Uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 92s.