

# İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL TEKNİKLERİNDEN PARETO ANALİZİ VE ÇİMENTO SANAYİNDE BİR UYGULAMA

Selami ÖZCAN

Cumhuriyet Üniversitesi, İ.İ.B.F., İşletme Bölümü

## Özet

Bu çalışmada, istatistiksel proses kontrolün yedi tekniğinden biri olan *Pareto Analizi*, incelenmiştir. Pareto Analizi, basit fakat problemin teşhis ve analizinde son derece etkili bir tekniktir. Pareto Analizinin çimento imalat sanayiinde bir uygulaması yapılmıştır. Uygulama yeri olarak Sivas Çimento Fabrikası seçilmiştir.

Fabrikada meydana gelen üretim duruşlarının sebepleri araştırılarak arıza sebepleri Pareto Analizi ile önem sırasına konmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** İstatistiksel Proses Kontrol, Pareto Analizi, Çimento Sanayii

## Abstract

### **Pareto Analysis, One Of Statistical Process Control Technics, And An Application in the Cement Industry**

In this study, one of the seven technics of statistical process control, Pareto Analysis, is investigated. Pareto Analysis, which is simple but so effective technic in identifying and analysis problem. One application of Pareto Analysis has been made in cement industry. The area of application has been identified in Sivas Cement Factory.

After searching the reasons of the decrease in production in the factory, the reasons of inefficiency have been numbered by Pareto Analysis according to the importance.

**Key Words:** Technics of Statistical Process Control, Pareto Analysis, Cement Industry

## 1. GİRİŞ

Toplam kalite konusunda Japonya'daki en önemli isimlerden biri olan Kaoru Ishikawa, bir işletmedeki problemlerin % 95'inin kalite kontrolünün yedi tekniği ile çözülebileceğini savunmaktadır. Kalite kontrol elemanlarının proseste karşılaşılabileceği problemlerin çözümleri için aşağıda belirtilen meşhur yedi istatistik teknik kullanılır.

Pareto Analizi

Sebeb - Sonuç Diyagramı

Histogram

Kontrol Tablosu

Dağılım Diyagramı

Kusur Konsantrasyon Diyagramı

Kontrol Grafiği

Bu araçlar kalite kontrol elemanları tarafından çok yaygın olarak kullanıldığı gibi, mühendisler, müdürler tarafından da sıkça kullanılır. Bu araçlar istatistik ve analitik araçlardır. Şirket çapında kalite kontrol uygulayan kuruluşlarda çalışanlar rutin işlerinde bu araçları kullanmak üzere eğitilirler (Imai 1991:238). Pareto Analizi, kalite mühendisleri tarafından en fazla kullanılan istatistiki bir metoddur (Squires 1986 :161).

Bu çalışmada istatistiksel proses kontrol tekniklerinden Pareto analizi teşkil etmek için gerekli adımlar ele alınacaktır. Pareto analizinin çimento sanayiinde nasıl uygulanabileceği konusu örnek uygulamalar ile açıklanacaktır.

## 2. PARETO ANALİZİ

Karar almak genellikle zordur. Pareto analizi verileri tasnif ederek karar alma işini kolaylaştırır. Söz konusu tasnif için pareto grafikleri kullanılır. 19. yüzyılda yaşamış olan İtalyan iktisatçı ve sosyolog Vilfredo Pareto(1848 - 1923; iktisat ve sosyoloji alanında tanınmış italyan bilim adamıdır. En önemli eseri “Düşünce ve Toplum” 1916 yılında yayınlanmıştır.), daha sonra kendi adıyla anılmaya başlayacak olan prensibini ilk kez ekonomik içerikli olarak ortaya koymuştur. Pareto işletmelerde çeşitli incelemeler yapmış ve aldığı sonuçları şu şekilde genelleştirmiştir (QCC 1984:8).

Normal dağılımda sebeplerin en önemli %20’si, sonuçların %80’ini sonra gelen %30’u, sonuçların %15’ini ve geri kalan %50’si ise sonuçların sadece %5’ini oluşturmaktadır. Maliyetin yaklaşık %80’ninin elemanların sadece %20’sinden kaynaklandığı veya servetin yaklaşık %80’ninin nüfusun %20’sinin elinde olduğu gibi durumlarda bu konuya birer örnektir. Bu oranlar sebebiyle Pareto prensibine literatürde “80-20”, “90-10 “ kuralı veya “70-30 “ kuralı da denir. ABC analizi olarak da isimlendirilen Pareto grafiği, alışılmış temel ayırım metodu veya önceliklerin belirlenmesi olarak kullanılmaktadır.

Bir mamulde bulunması mümkün tüm hataların aynı önem derecesine sahip olduğu söylenemez (Kobu 1987:274). Pareto analizi değişik sayıdaki önemli sebepleri, daha az önemde olan sebeplerden ayırmak için kullanılan bir tekniktir. Bu teknik bir olayın grafik yardımıyla gösterilmesi ve karşılaşılan problemin veya konunun en önemli sebebi üzerinde dikkati yoğunlaştırdığından ve önceliklerin belirlenmesine yardımcı olduğundan ekonominin dışında da her alanda kullanılabilir niteliktedir. Özellikle kalite kontrol ve kalite geliştirme

programlarında problemin sebepleri tespit edilirken hangi hataların daha büyük bir yüzdeye sahip olduğu bu teknik vasıtasıyla kolayca tespit edilebilmektedir (Ishikawa 1982: 45). Pareto Analizi, hata çeşitlerine değer biçmek veya tanımlamak için kullanılır. (Grant-Leavenworth, 1988 :291).

Pareto grafiğinin gayesi, hatalı parçaların ve hata çeşitlerinin tespit edilmesinde kalite kontrol elemanlarına yol göstererek emeklerinin en verimli sahalarda yoğunlaştırılmasını ve isabetli kararlar verilerek gerekli tedbirlerin alınmasını sağlamaktır (Egermayer 1988:22). Çok sayıda parçadan oluşan karmaşık mamullerde tolerans limitlerini düşürmek için, Pareto grafiğinin çizimi bu konuda uygulanabilecek basit fakat etkili bir analiz vasıtasıdır(Kobu 1987:187). Pareto analizi maliyet ve hataları tespit etmek için kullanılabilen bir methodtur. Bu metod ile değişik parçalar için üretim hatalarının, direk işçilik giderlerinin veya maliyetin yüzde ne kadarını oluşturduğu gösterilebilmektedir. Bu grafikten faydalanılarak hangi parçaların maliyet bakımından önemli olduğu tespit edilir ve kontrol çalışmaları daha çok bu parçalar üzerinde yapılır. Diğer parçalar için kritik parça olmadığı sürece çoksık olmayan kontrollerle yetinilir. Hata oranlarına göre yapılan bir pareto grafiğinde önemli olarak ayrılan bir kaç çeşit hatanın toplam iskartanın büyük miktarını meydana getirdiği görülür. Iskartaya sebep olan hataların bir listesi yapılır ve daha sonra hata adedi 5'e indirilir. Bunların maliyetleri tespit edilir (TSE 1993:85). Hata sebeplerinin küçük bir miktarının iskarta maliyetlerinin büyük bir kısmını oluşturduğu görülür (Kobu 1987:188). Iskarta çeşitlerinin maliyetlerine göre pareto diyagramında analiz edilmesi kuruluşlar açısından daha faydalı olmaktadır. Bu şekilde kurum için en önemli kalite faktörü tespit edilecektir. Maliyetler ile yapılan pareto analizi, hataların sayısına göre yapılan tercih edilir.

### **2.1. Pareto Diyagramının Oluşturulması**

Bir pareto diyagramı eksiklikler, maliyet ve hata modları gibi farklı kategorileri ihtiva eden bir prosesteki bu kategorilerin nisbi önemini göstermek için teşkil edilir (Soin 1992 :297).

Pareto diyagramının oluşturulmasını altı adımda inceleyebiliriz (Oakland 1990:52).

#### **1. Adım: Bütün Elemanların Listelenmesi**

Önce hataların tespiti gerekmektedir. Daha sonra her bir hataya sebep olan bütün elemanların toplanması ve listelenmesi ilk safhayı oluşturmaktadır. Bunun için veriler toplanırken şu esaslara dikkat etmek gerekir:

- Önce prosesteki problemler tespit edilmeli.

- Tespit edilen problemin sebepleri araştırılır. Problemin sebeplerini bulmak için; problem iyi tanınmalı, problemin ne zaman ortaya çıktığı, nerede olduğu, nasıl olduğu, problemin önemi, boyutu, ciddiyeti, kimleri ilgilendirdiği

ve diğer faktörlerin neler olduğu belirlenir. Bu safhadaki dikkatli çalışmalar daha sonra çok az mesele çıkmasına sebep olacaktır.

## 2. Adım: Elemanların Ölçümü

- Belirli bir zaman aralığında (bir kaç saat, bir kaç hafta veya daha uzun sürede olabilir) ve düzenli bir şekilde analiz edilebilecek verilerin toplanmasında kullanılacak bir form tanzim edilir.

- Tespit edilen sebepler kontrol kartına kaydedilir ve analiz edilecek problem (ürün veya süreçler) hakkındaki sayısal veriler toplanıp kontrol kartına işlenir.

Bir cıvata somunu ile ilgili delme hatasının olduğu ve bu delme hatalarının, azaltılması hedeflendiğini düşünelim. Burada yapılacak ilk iş olarak delme hataların azaltılmasına yardımcı olacak sebeplerin belirlenmesi ve verilerin toplanması işidir. Çeşitli hata kaynaklarına göre tespit edilen hatalar çetele usulü ile aşağıdaki gibi bir kontrol kartına işlenir.

**Tablo1: Delme Hatası Dağılımını Gösteren Kontrol Kartı**

Delme hatası	1.Hafta	2.Hafta	3.Hafta	4.hafta
Kötü Numaralandırma	/	//	/	///
Okunaksız	//// ////	////	//// ////	///
Yerini değiştirme	/		//	
Eksik	//	///	////	//
Diğer	//	///		
<b>Toplam</b>	<b>11</b>	<b>14</b>	<b>17</b>	<b>8</b>

## 3. Adım: Elemanların Sınıflandırılması

Bu safhada elde edilen veriler en büyük değerden (bu değer sayı olabileceği gibi maliyette olabilir) en küçük değere doğru sınıflandırılır.

## 4. Adım: Kümülatif Dağılımları Hesaplanması

Yukarıdaki tasnif yapıldıktan sonra toplam alınır. Her bir değer için toplam içindeki yüzde değeri hesap edilir. Daha sonra bu yüzdelerin kümülatif toplamları hesap edilir. Tasnif edilen veriler kullanılarak pareto grafiği çizilir. Bir önceki vida delme hatalarının, en büyük değerden en küçüğe verilerin tasnif edilmesini şöyle gösterebiliriz (Efil 1993:114).

**Tablo 2: En Büyük Değerden En Küçüğe Doğru Verilerin Tasnifi**

Delme hatası kaynakları	Hata adedi (sıklık)	%	Kümülatif %
Okunaksız	23	46	46
Eksik	11	22	68
Kötü	7	14	82
Numaralandırma	3	6	88
Yerini	6	7	100
Değiştirme			
Diğer			
<b>Toplam</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	

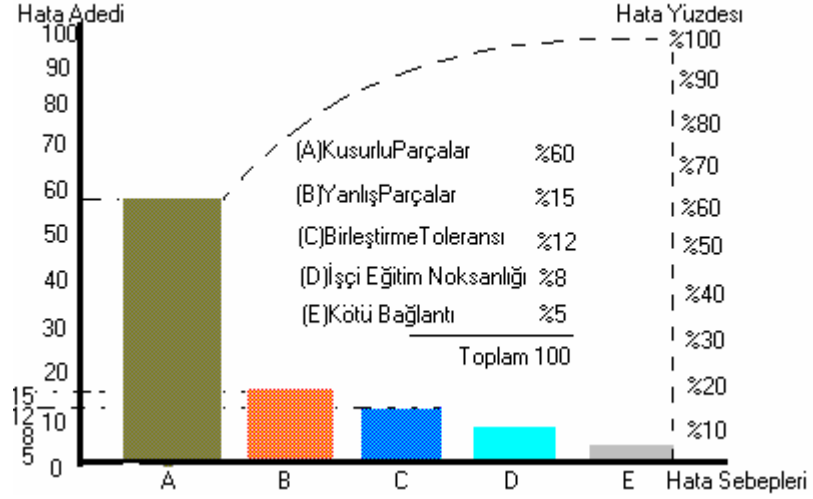
### 5. Adım: Pareto Grafiğinin Çizimi

İlgilenilen problem için belirlenen sebepler yatay eksene eşit aralıklarla ve önem derecelerine göre sütunlar halinde yerleştirilir. Problemin en önemli sebebini temsil eden sütun en sola yerleştirilir. Sağa doğru ise problemde önem dereceleri gittikçe azalan sebepleri temsil eden sütunlar yer almaktadır. Bazı durumlarda pareto analizinde çok fazla sayıda kolon bulunabilir. Genellikle önemsiz kolonlar üst üste getirilerek, en sağda önemsiz ve kısa sütunlar bir grup altında toplanarak “diğerleri “ şeklinde ifade edilmekte ve tek sütun halinde yerleştirilmektedir. Bu noktada dikkatli olmalıyız, çünkü küçük görünen fakat son derece önemli bir kolon bu yolla gözden kaçabilir. Ayrıca hata sınıf sayısı arttıkça sağlanacak fayda giderek azalır. Muayene işlemlerinin yürütülmesi güçleşir. Çok sayıda hata sınıfına ayrı kriterlerin uygulanması muayencilerin hata yapmasına yol açar. Normal şartlarda belirli bir mamul için 3-6 hata adedi tespiti kafi gelebilir. Hata adedi ve yüzde gibi değerler dik eksende gösterilmektedir. Problemin sebeplerinin toplam frekans içindeki değerleri sütunların boylarını belirlemektedir. Dikey eksen boyunca sayısal bir ölçüt gerçek büyüklükleri belirler. Pareto grafiğinde çizgi ile gösterilen bir toplam eğri yer alır. Toplam eğri grafiğin sol alt köşesinden başlar ve bütün sütun boylarının toplamı olan bir yükseklikte sağ üst köşede bulunan % 100 seviyesine ulaştığı zaman tamamlanmış olur. Toplam eğri esas olarak öncesi ve sonrası karşılaştırmalarında yardımcı olması için kullanılır (Dewar 1989:117). Fakat her pareto grafiğinde çizmek gerekmez. Grafiğin sağ tarafında 0’ dan 100’e kadar işaretli başka bir dikey eksen yer alır. Bu dikey eksen hata yüzdelerini gösterir. Yüzdeyi aşağıdaki formülü kullanarak bulmak oldukça basittir.

$$Hata \ Yüzdesi = \frac{Kolondaki \ Hata \ Miktarı}{Toplam \ hata \ miktarı} \times 100 \quad \text{ile hata yüzdesi}$$

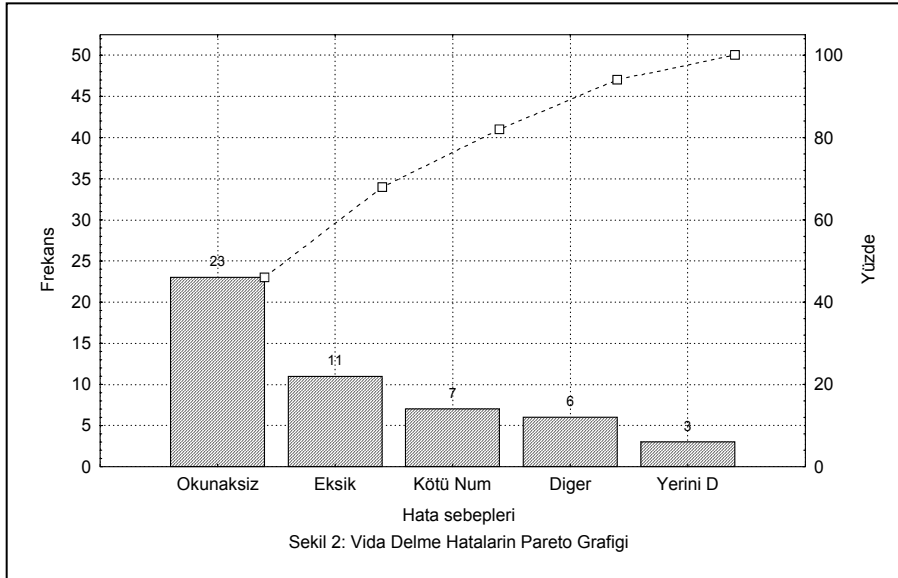
hesap edilebilir.

Şekil.1’de bir Pareto grafiği örneğini görmek mümkündür.



**Şekil.1: Pareto Grafiği Örneği**

Pareto analizinde hatalar, probleme olan katkılarının derecesine göre tasnif edilir. Bu tasnif kümülatif frekans dağılımına göre çubuk diyagramları şeklinde olur. Pareto analizi dört farklı şekilde de (maliyete, bölümlere, mamullere ve diğer gruplara göre) gösterilebilir. Bu analiz sayesinde hatalar sınıflandırılarak, maliyetteki payı yüksek olanlar üzerinde çalışmalara ağırlık verilir. Hataların sınıflandırılması, muayene işlemlerini kolaylaştırdığı gibi zaman ve maddi tasarruf sağlar. Şimdi bir önceki vida delme hataları probleminin pareto grafiğini çizersek aşağıdaki şekli elde ederiz (Efil 1993:114).



## 6. Adım: Pareto Grafiğinin Yorumu

Pareto grafiği bize dikkat ve çabalarımızı gerçekten önemli problemler üzerine yöneltmemizde yardımcı olur. En uzun sütun üzerinde çalışmakla genelde daha küçük sütun üzerinde çalışmaktan daha fazla kazanç elde ederiz. Fakat her zaman en büyük sütun en büyük maliyeti göstermez. Hata oranı esas alındığında önemsiz görülen bir mesele, grafik “maliyet” faktörüne göre yeniden düzenlendiğinde bir numaralı problem olarak görülebilir(Dewar 1989:118). Ayrıca o problemin çözümündeki en büyük hatanın maliyeti en uzun sütundan sonraki sütun olabilir.

En uzun çubuktaki hatanın çözümü için ayrılacak zaman çok uzun olabilir. Pareto grafiğinde en büyük sütun için de ayrı bir grafik çizilmeli, onun sebepleri araştırılmalıdır. Pareto grafiği proses kontrol tekniklerinin en fazla kullanışlı olanlarından olduğu halde, grafiği analiz eden kalite kontrol elemanın mahareti ile sınırlı kalmaktadır(Montgomery 1991:121). Bazen analizi yapanın kendi özel bilgisini kullanarak karar alması gerekir. Örneğin hata bilgileri taşıyan kontrol tablosuna bakarak bazılarını öncelik verebilir. Bunu yapmak için tablonun sağ tarafına iki kolon eklenir. Bunlar ağırlık faktörü ve ağırlık toplamıdır. Böylece verilmesi gereken önem arttıkça ağırlık faktörü büyür. Her hata kategorisi ağırlık faktörleriyle çarpılarak, yeni ağırlık toplamı elde edilir. Bu yolla bazen öncelik sıralaması değiştiği görülür. Ağırlık faktörlerinin kullanılması karar verilmesinde yardımcı olabilir. Pareto analizi ile temel hata tesbit edilir, gerekirse çözüm olarak temel hata (ilk sütundaki). için sebep-sonuç analizi uygulanarak gerçek sebepler ayrıntılı olarak gösterilebilir(Dewar 1989:121).

Şimdi bir önceki vida delme hatalarını yorumlarsak, orada en büyük hatanın “okunaksız” olmasından kaynaklandığı görülür. Vida delme hatasının %46’sını teşkil eden bu hatanın ortadan kaldırılması için hemen harekete geçilir. Fakat bu okunaksız oluşun sebepleri araştırılıp ayrı bir grafik çizildiğinde belki de bu hatanın ortadan kaldırılma maliyetinin ve gerekli zamanın çok fazla olduğu, ikinci önemli hatanın çözümünün ise daha kısa ve daha az maliyette olduğu görülebilir.

### 2.2. Pareto Diyagramının Kullanım Alanları

Bu basit tekniği uygulamak için ekonomist olmak gerekmez. Antik çağ veya günümüzdeki zeki ve sıradan bir insan bile bu tekniği rahatlıkla uygulayabilir (Squires 1986 :161).

İstatistiksel proses kontrolünün babası sayılan Kaoru Ishikawa’ya göre; Pareto analizi en çok zarar veren hatayı veya hataları kolayca tespit etmenin yanında, bir iyileştirme programının vermekte olduğu sonuçların izlenmesinde de kullanılabilir. Mesela ilk pareto da tespit edilen hatalara çözüm getirildikçe pareto diyagramındaki hata sıralaması değişmeye başlar. Böylece kalite kontrol

elemanı hataları tespit etmek için oluşturduğu grafiğe bakarak iyileşmenin etkilerini gözleme fırsatı bulur.

Fabrikada meydana gelen duruşların sebeplerini araştırmada, stok kontrolünde, enerji tasarrufunda, güvenlik, verimlilik, pazarlama, satın alma, dağıtım, satış analizi, atık azaltma, mamül çeşidi, malzeme tedariki ve başarıyı izlemek gibi çok çeşitli alanlarda kullanılarak çok faydalı sonuçlar vermektedir (Kobu 1994:295). Çalışmamızın bundan sonrası fabrikada meydana gelen duruşların sebeplerini araştırmada uygulamadan örnekler vermek olacaktır.

### 3. SİVAS ÇİMENTO FABRİKASINDA PARETO ANALİZİ UYGULAMASI

Sivas Çimento Fabrikasında meydana gelen duruşlar sebebiyle fabrikanın çok büyük üretim kaybı olmaktadır. Bu duruşlara neden olan arıza sebeplerinin hepsi birden ortadan kaldırılamaz. Bu yüzden bazı arıza sebeplerine öncelik vermek gerekir. Hangi arıza sebeplerine öncelik verilmesi gerektiğinin tespiti için pareto analizinden faydalanılır. Bu analiz sayesinde hatalar sınıflandırılarak maliyetleri yüksek olanlar üzerinde çalışmalara ağırlık verilir. Bu sebeple çizilen grafiğin sağ kısmındaki basık sütunları sistematik olarak denemek yerine, Grafiğin sol tarafında yer alan bir sütunu yarıya indirmeyi düşünmek daha mantıklı olacaktır.

Planlı bakımdan alınan bilgiler çerçevesinde Sivas Çimento Fabrikasında meydana gelen duruşlar ve duruş sebepleri ve oluşturulan pareto grafikleri aşağıdaki gibi olduğu tespit edilmiştir.

#### 3.1. Fabrikanın Genel Ünite ve Makine Duruşlarının Pareto Grafikleri

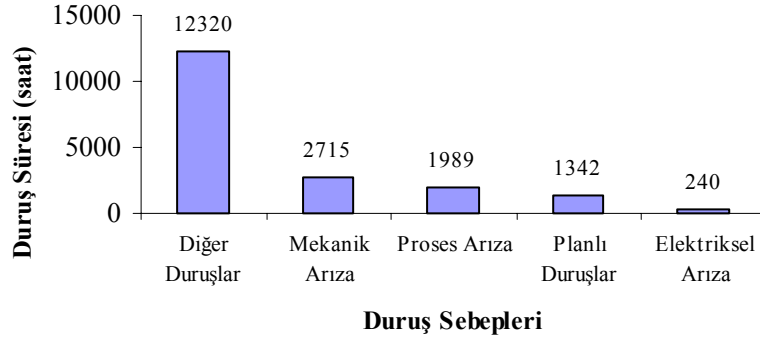
Sivas Çimento Fabrikasında meydana gelen duruşlar şöyle tespit edilmiştir (*Diğer duruşlar adı altında tespit edilen ünite duruş sebebi; önemsiz manasındaki diğer kelimesinden farklı olarak kullanılmıştır. Esas duruş sebebi olarak ele alınmaktadır*).

**Tablo 3: Fabrikadaki 5 Aylık Duruşların Gösterildiği Kontrol Tablosu**

Duruş Sebepleri	Ünite Duruş Süresi (saat).	%	Makina Duruş Süresi (saat)	%
Elektriksel Arıza	240	1.29	55	5.40
Mekanik Arıza	2715	14.59	678	66.60
Proses Duruşları	1989	10.69	272	26.70
Diğer Duruşlar	12320	66.21	2	0.02
Planlı Duruşlar	1342	7.21	13	1.28
<b>Genel Toplam</b>	<b>18607</b>	<b>100</b>	<b>1018</b>	<b>100</b>

Ünite duruşlarının Pareto grafiğini çizersek Şekil 3 elde edilir.

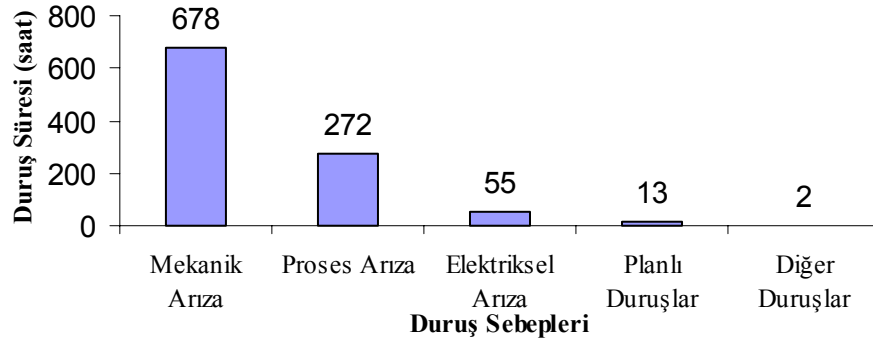




**Şekil 3: Ünite Duruşlarının Pareto Grafiği**

Makina duruşlarının pareto grafiğinin çizimi Şekil 4'teki gibi olur.

**Şekil 4: Makina Duruşlarının Pareto Grafiği**



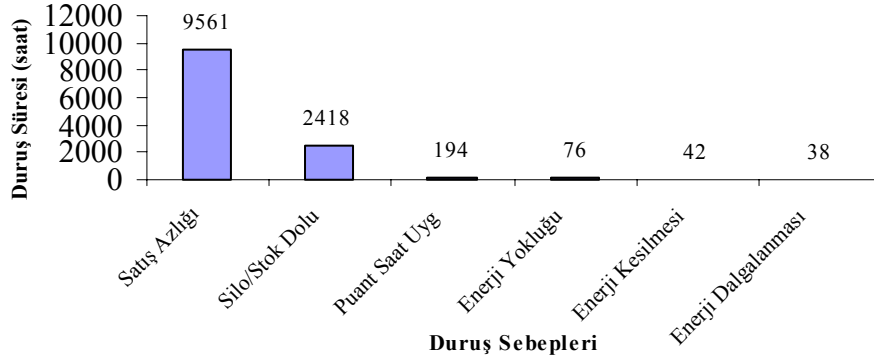
Grafiklerin yorumu; ünitenin durmasına sebep olan diğer duruşlar % 66.21 ile birinci sıradadır. Eğer ünitenin en az seviyede durması isteniyorsa, diğer duruşların duruş sebepleri araştırılmalıdır. Bundan sonraki örnekte ele alınacaktır. Makina duruşlarına gelince; en önemli duruş sebebi olarak % 66.6 ile mekanik arızadan kaynaklandığı tespit edilmiştir. Mekanik arızanın, arıza sebepleri araştırılması gerekir.

Ünitenin durmasına sebep olan diğer duruşların, 5 aylık arıza sebepleri araştırılarak şu sonuçlar alındı.

**Tablo 4: Ünitinin Durmasına Sebep Olan Diğer Duruşlar**

Duruş Sebepleri	Ünite Duruş Süresi	%
Satış azlığı	9561	77.600
Silo/ stok dolu	2418	19.600
Puant saat uygulaması	194	0.150
Enerji yokluğu sebebiyle	76	0.060
Enerji kesilmesi	42	0.034
Enerji dalgalanması	38	0.031
<b>Toplam Duruş Süresi</b>	<b>12319</b>	<b>100</b>

Pareto grafiği ise Şekil 5'teki gibi olur.

**Şekil 5: Ünite Duruşlarına Sebep Olan Diğer Duruşların Pareto Grafiği**

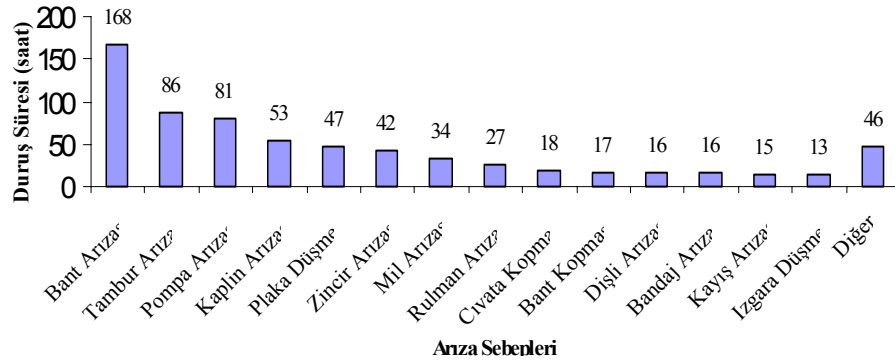
Grafiğin yorumu; ünitenin durmasına sebep olan diğer duruşlardır. Diğer duruşların, duruş sebebi ise % 77.6 ile satış azlığından kaynaklanmaktadır. Eğer satışı artırıcı çareler bulunursa, ünite duruşlarının duruş süresi en aza indirilmiş olur.

Fabrikadaki makinaların duruşu en fazla % 66.6 ile mekanik arızadan kaynaklanmaktadır. Mekanik arızanın, arıza sebepleri araştırılmış ve şunlar tespit edilmiştir. Makinalar 5 ayda 678 saat mekanik arızadan dolayı durmuştur.

**Tablo 5. Mekanik Arızadan Kaynaklanan Makina Duruşları**

Mek. Ar. Seb.	Makina Dur. Sür.	%
Bant arızası	168	16.53
Tambur arızası	86	8.44
Pompa arızası	81	7.94
Kaplin arızası	53	5.21
Plaka düşmesi	47	4.63
Zincir arızası	42	4.17
Mil arızası	34	3.35
Rulman arızası	27	2.65
Civata kopması	18	1.81
Bant kopması	17	1.62
Dişli arızası	16	1.54
Bandaj arızası	16	1.54
Kayış arızası	15	1.46
Izgara düşmesi	13	1.28
Diğer	46	6.70
<b>Toplam Dur. Sür</b>	<b>678</b>	<b>100</b>

Pareto grafiğini çizersek şunu elde ederiz.

**Şekil 6: Mekanik Arızadan Kaynaklanan Makine Duruşları**

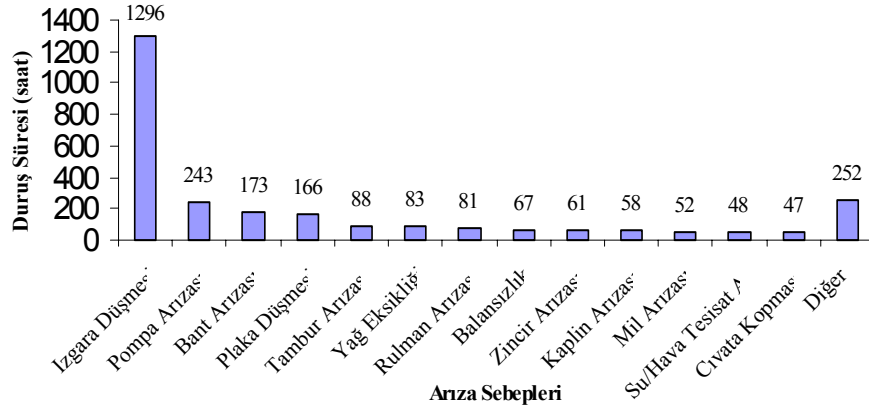
Grafiğin yorumu; fabrikadaki makine duruşlarının% 66.6 mekanik arızadan kaynaklanmaktadır. Onun da % 16.53'ü bant arızasından kaynaklanmaktadır. Bant arızasının giderilmesi gerekir.

Fabrikanın genel ünite duruş sebeplerinden ikinci önemli sebep olan mekanik arızadır. Mekanik arızadan kaynaklanan arıza sebepleri, beş aylık ünite duruş sebepleri ve süresi şöyledir.

**Tablo 6: Mekanik Arızadan Kaynaklanan Ünite Duruşları**

	Mek. Arıza Seb	Ünite Dur. Sür	%
1	Izgara düşmesi	1296	6.97
2	Pompa arızası	243	1.31
3	Bant arızası	173	0.93
4	Plaka düşmesi	166	0.89
5	Tambur arızası	88	0.48
6	Yağ eksikliği	83	0.44
7	Rulman arızası	81	0.44
8	Balansızlık	67	0.36
9	Zincir arızası	61	0.33
10	Kaplin arızası	58	0.31
11	Mil arızası	52	0.28
12	Su/havatesis ar.	48	0.26
13	Civata kopması	47	0.25
14	Diğer	252	0.90
	<b>Toplam</b>	<b>2715</b>	<b>14.59</b>

Pareto grafiği aşağıdaki gibidir.

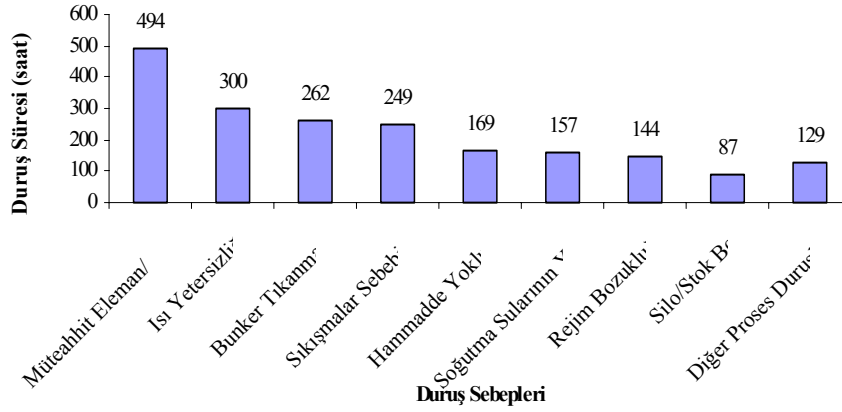
**Şekil 7: Mekanik Arızadan Kaynaklanan Ünite Duruşları**

Proses duruşları genel ünite duruşlarının % 10.69'unu teşkil etmektedir. Beş aylık proses duruşların sebepleri ise şöyledir. Maksadımız proses duruşlarına sebep olan en önemli hatayı bulmaktır (1989 saat durmuştur).

**Tablo7: Proses Duruşlarının Gösterildiği Kontrol Tablosu**

	<b>Duruş Sebepleri</b>	<b>Süresi</b>	<b>%</b>
1	Müteahhit eleman/araba yok	494	2.66
2	Isı yetersizliği	300	1.61
3	Bunker tıkanması	262	1.41
4	Sıkışmalar sebebiyle	249	1.34
5	Hammadde yokluğu	169	0.91
6	Soğutma suları yetersiz	157	0.84
7	Rejim bozukluğu	144	0.77
8	Silo/stok boş	87	0.47
9	Diğer proses duruşları	129	0.64
	<b>Toplam</b>	<b>1989</b>	<b>10.69</b>

Pareto grafiği ise şöyle olur.

**Şekil 8: Proses Duruşlarından Kaynaklanan Duruş Sebepleri**

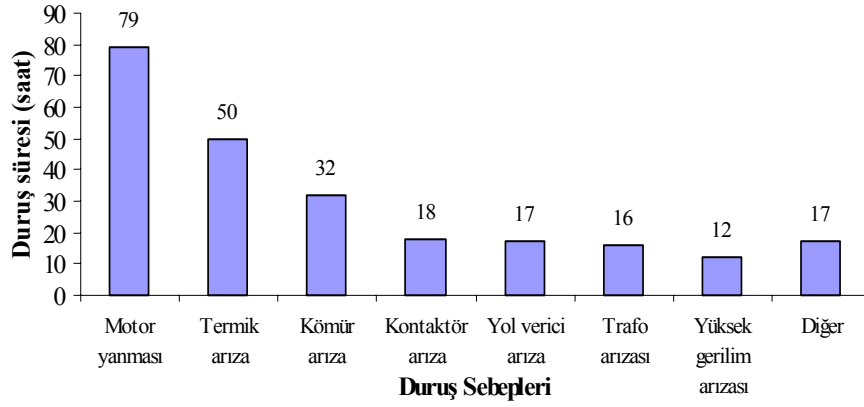
Grafiğin yorumu; proses duruşların % 25' i müteahhit eleman ve araba yokluğundan kaynaklanmaktadır. Bunun çareleri araştırılmalıdır.

Elektriksel arızadan dolayı üniteler beş ayda 240 saat durmuştur. Bu 240 saatte neden olan elektriksel arıza sebepleri ve süreleri şöyle tespit edilmiştir.

**Tablo 8. Elektriksel Arızadan Kaynaklanan Fabrika Duruşları**

	Arıza sebepleri	Duruş süresi	%
1	Motor yanması	79	0.42
2	Termik arıza	50	0.27
3	Kömür arıza	32	0.17
4	Kontaktör arıza	18	0.10
5	Yol verici arıza	17	0.09
6	Trafo arızası	16	0.09
7	Yüksek gerilim arızası	12	0.06
8	Diğer	17	0.09
	<b>Toplam</b>	<b>240</b>	<b>1.29</b>

Pareto grafiği Şekil 9'daki gibi olur.

**Şekil 9: Elektriksel Arızadan Kaynaklanan Fabrika Duruşları**

Grafiğin yorumu; elektriksel arızanın % 67'si motor yanmasından, termik ve kömür arızadan kaynaklanmaktadır.

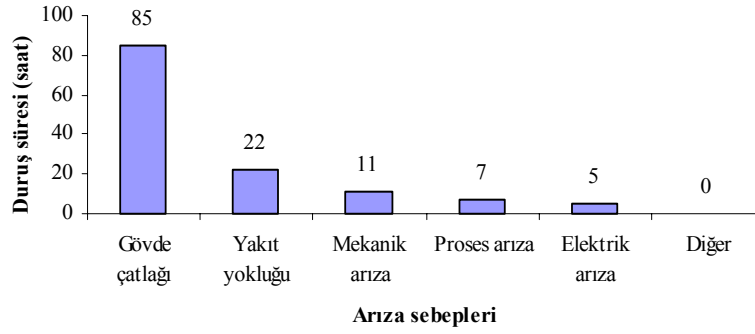
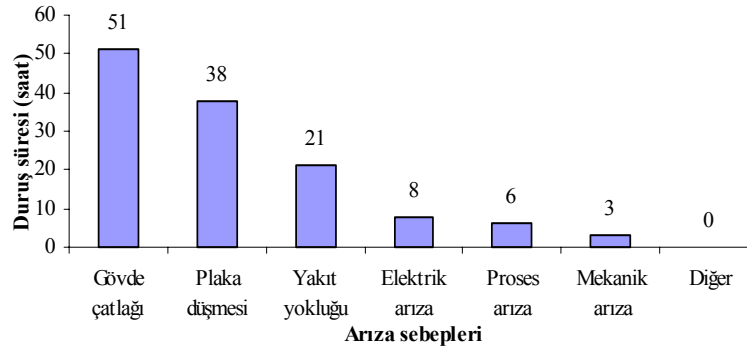
### 3.2. Sivas Çimentoda Fırınlarda Meydana gelen Duruşların Pareto Grafikleri

Fırın 1 ve fırın 2'de üç ay içinde (Ocak, Şubat ve Mart). meydana gelen duruşların sebepleri şöyle tespit edildi.

**Tablo 9: Ocak, Şubat, Mart Aylarında Meydana Gelen Fırın Duruşları**

	Duruş Sebepleri	Fırın 1	%	Fırın 2	%
1	Tuğla dökülmesi	-	-	-	-
2	Siklon tıkanması	-	-	-	-
3	Fırın içi kemer	-	-	-	-
4	Yakıt yokluğu	22	17,0	21	16,5
5	Plaka düşmesi	-	-	38	30,0
6	Gövde çatlağı	85	65,0	51	40,0
7	Mek arıza	11	8,5	3	2,5
8	Elek.arıza	5	4,0	8	6,0
9	Proses arıza	7	5,5	6	5,0
<b>Toplam</b>		<b>130</b>	<b>100</b>	<b>127</b>	<b>100</b>
<b>Üretim Kaybı</b>		<b>2340</b>	-	<b>3556</b>	

Pareto grafiklerini ise aşağıdaki Şekil 10 ve Şekil 11'deki gibi olur.

**Şekil 10: Fırın 1'in Pareto Grafiği****Şekil 11: Fırın 2'in Pareto Grafiği**

Grafiğin yorumu; Sivas çimentoda fırınlarda meydana gelen duruşlar sebebiyle fabrikanın üç ay içinde üretim kaybı toplam 5896 tondur. Yetkili eleman tarafından fırın duruşların sebeplerini ciddi olarak araştırılması gerekir, onun için pareto grafiği çok önem arz ediyor. Mesela fırın1’de meydana gelen duruşlar sebebiyle 2340 ton kayıp olmuştur. Bunun en önemli sebebi yani % 65’lik kısmının gövde çatlağından kaynaklandığı görülmüştür. Fırın1 için çözüm olarak gövde çatlağının sebepleri araştırılmalıdır. Bu giderilirse tam 1530 ton üretim kaybı azaltılmış olacaktır.

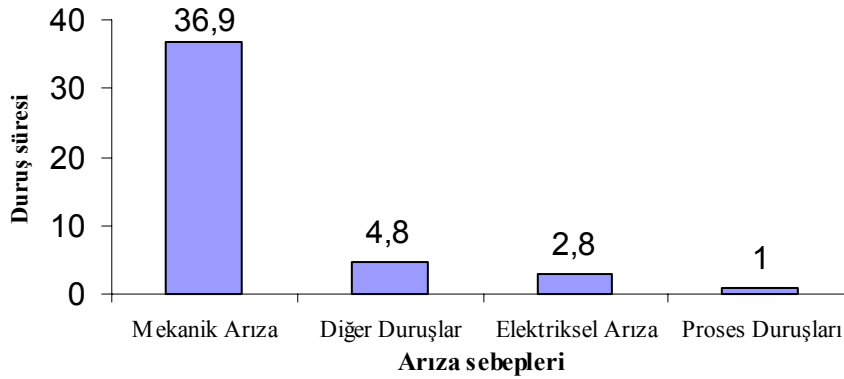
Fırın2’de üretim kaybı ise 3556 ton olmuştur. Bu kaybın en önemli sebepleri iki tanedir. Plaka düşmesi ve gövde çatlağı önlenirse fırın2’den de 2492 ton üretim kazancı olacaktır.

Fırın1 ve fırın2 ‘de nisan ve mayıs aylarında meydana gelen duruş sebepleri ve süreleri şöyledir.

**Tablo 10: Nisan,Mayıs Aylarında Fırınlarda Meydana Gelen Duruşlar**

No	Duruş Ana Sebepleri	Döner Fırın 1 Duruş Süresi	%	Döner Fırın 2 Duruş Süresi	%
1	Mekanik Arıza	36.8	81	37.3	79.5
2	Elektriksel Arıza	2.8	6	1.9	4.0
3	Proses Duruşları	1.0	2	3.1	6.6
4	Diğer Duruşlar	4.8	11	4.6	9.9
	TopDuruş Süresi	45.4	100	46.9	100
	Çalışma Süresi	1464		1464	

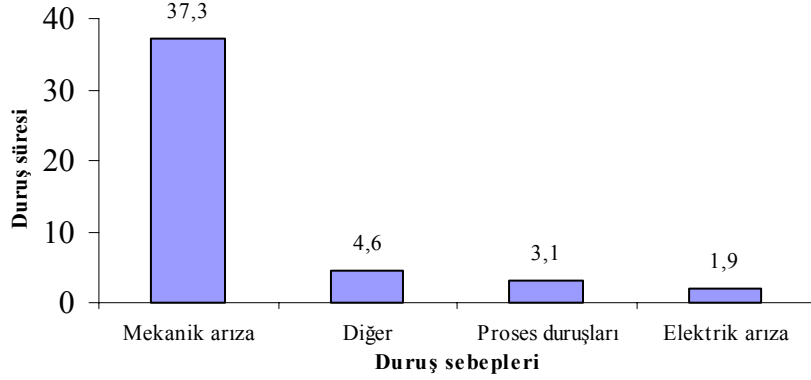
Pareto grafikleri ise aşağıdaki gibi olacaktır.



**Şekil 12: Fırın1’de Meydana Gelen Duruşlar**

Fırın2’de meydana gelen duruşların pareto grafiğinde gösterilmesi





**Şekil 13: Fırın 2'nin Pareto Grafiği**

Grafiğin yorumu; fırınlar bu iki ay içinde 1464 saat çalışmıştır. Döner fırın1 45.5 saat çalışmamış bunun en önemli sebebi de mekanik arızadan kaynaklanmaktadır. %81 duruş sebebi mekanik arızadan, eğer bu halledilirse döner fırın1'de bundan sonra duruşlar çok aza iner. Döner fırın2'de en önemli duruş sebebi %79.5 ile mekanik arızadan kaynaklanmaktadır. Bu arızanın giderilmesi gerekir. Fırın 1'de 40.7 saat sürmüştür. Bu fırına % 97.21 ile güvenebiliriz. Kullanım faktörü ise % 96.89' dur. Fırın2'nin arıza süresi ise, 42.3 saattir. Bu fırına % 97.1 güvenle bakabiliriz. Kullanım faktörü ise % 96.8'dir.

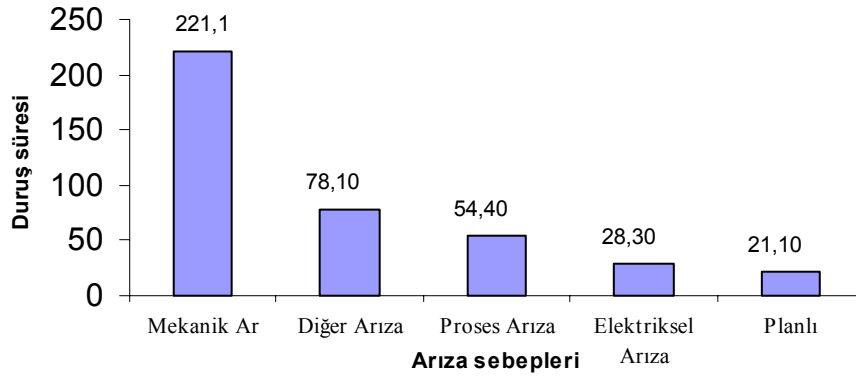
### 3.3. Çimento Değirmenlerinde Meydana Gelen Duruşların Pareto Grafikleri

Sivas Çimento Fabrikasında beş tane çimento değirmeni vardır. Nisan,Mayıs arasında bu çimento değirmenlerinde meydana gelen duruşlar şöyle tespit edilmiştir.

**Tablo 11: Çimento Değirmenlerinde Meydana Gelen Duruşların Gösterildiği Kontrol Tablosu**

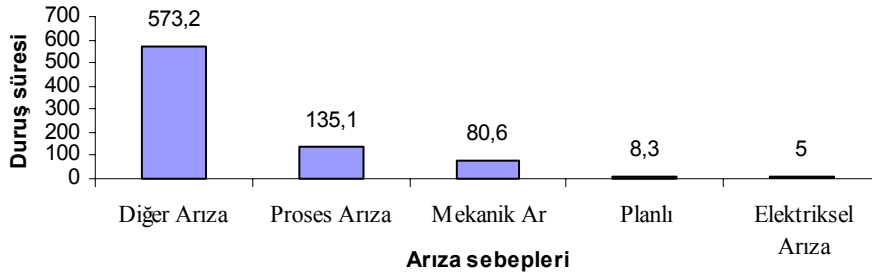
Ünite Duruş Sebepleri	Değ. 1 D. Süresi	%	Değ. 2 D. Süresi	%	Değ. 3 D. Süresi	%	Değ. 4 D. Süresi	%	Değ. 5 D. Süresi	%
Mekanik Ar.	221.1	55	80.6	10	139.8	23.0	24.0	2.0	69.3	7.0
Elek. Arıza	28.3	7	5.0	.6	0.8	0.1	2.2	0.1	2.0	0.2
Proses Arıza	54.4	13	135.1	17	139.2	22.5	122.3	10.5	99.6	10.1
Diğer Arıza	78.1	19	573.2	72	331.5	53.6	529.9	45.3	814.3	82.6
Planlı	21.1	5	8.3	1	6.8	1.0	491.0	41.9	-	0.0
Top. Duruş	403.0		802.2		618.0	100	1169.4	100	985.3	100
Çalışma Sür.	1464.0				1464.0		1464		1464	

Çimento değirmeni 1'in pareto grafiği ise Şekil 14'teki gibi olur.



**Şekil 14: Çimento Değirmeni 1'in Pareto Grafiği**

Grafiğin yorumu; çimento değirmeni 1'de meydana gelen en önemli duruş sebebi mekanik arızadır. Toplam duruşların % 50'den fazlası mekanik arızadan kaynaklanmaktadır. Mekanik arıza sebepleri araştırılmalıdır.

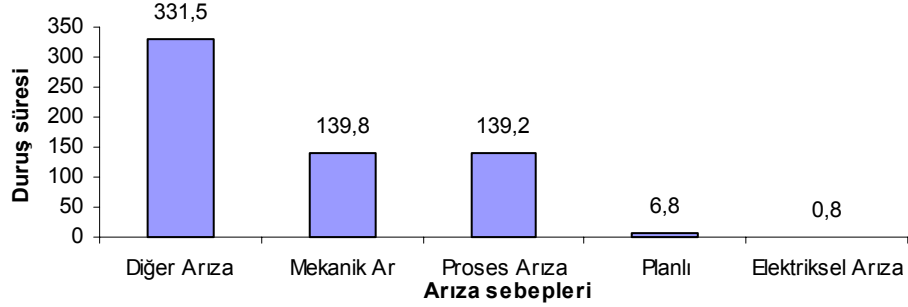


Çimento değirmeni 2'nin pareto grafiğini çizersek şunu elde ederiz

**Şekil 15: Çimento Değirmeni 2'in Pareto Grafiği**

Grafiğin yorumu; çimento değirmeni 2’de meydana gelen duruşlar ise diğer duruşlardan kaynaklanmaktadır. Diğer duruşların duruş nedenleri araştırılmalıdır.

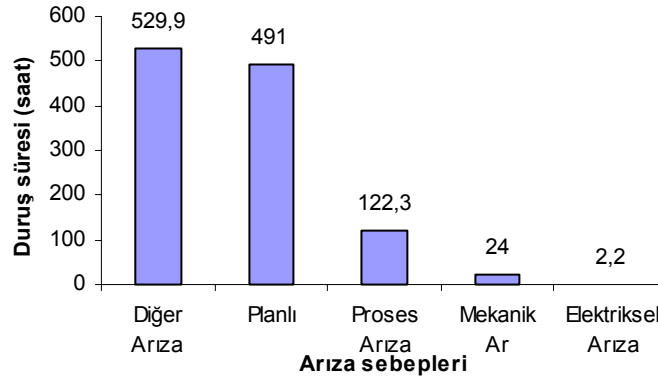
Çimento değirmeni 3’ün pareto grafiğini çizersek şunu elde ederiz.



**Şekil 16: Çimento Değirmeni 3’ün Pareto Grafiği**

Grafiğin yorumu; çimento değirmeni 3’de meydana gelen duruşların yarısından fazlası diğer duruşlardan kaynaklanmaktadır. İki değirmeninde duruş sebebi diğer arızadan kaynaklandığı için, diğer arızanın ayrı bir pareto grafiği çizilmesi gerekir. Ta ki arızanın temelini inilmiş olsun.

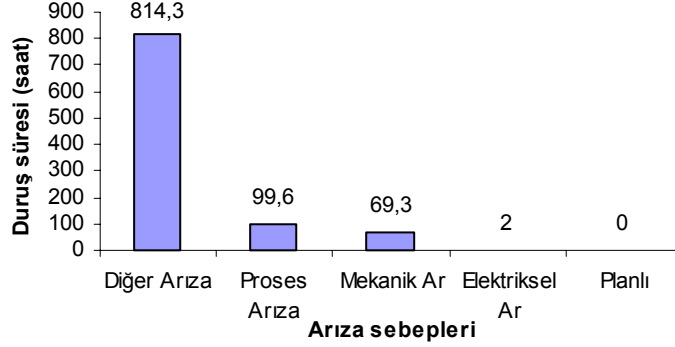
Çimento değirmeni 4’ün pareto grafiği aşağıdaki gibidir.



**Şekil 17: Çimento Değirmeni 4’in Pareto Grafiği**

Grafiğin yorumu; çimento değirmeni 4’te meydana gelen en önemli duruş sebepleri planlı duruş ve diğer duruşlardan kaynaklanmaktadır. Planlı duruşun, duruş sebebi revizyon ve önceden planlanmış ara duruşlardır. Diğer duruşların duruş sebepleri araştırılmalıdır. Bu değirmen çalışma süresinin 1464 saatin tam 1169.4 saati durmuştur. Bu değirmen iki ay boyunca % 20.12 çalışmıştır.

Çimento değirmeni 5’in pareto grafiği çizilirse şu elde edilir.



**Şekil 18: Çimento Değirmeni 5'in Pareto Grafiği**

Grafiğin yorumu; çimento değirmeni 5'te en önemli duruş sebebi % 83 ile diğer duruşlardan kaynaklanmaktadır. Diğer duruşların ana sebepleri araştırılmalıdır. Bu değirmenin iki ay içinde 1464 saat çalışması gerekirken 478.7 saat çalışmıştır. Yani % 32.7 oranında kullanılmıştır.

Genel olarak çimento değirmenleri bu iki ay içinde %'45.7 gibi bir kapasite ile çalışmıştır. Yukarıda tespit edilen arızalara çözüm getirildikçe değirmenlerin kullanım kapasiteleri artacaktır.

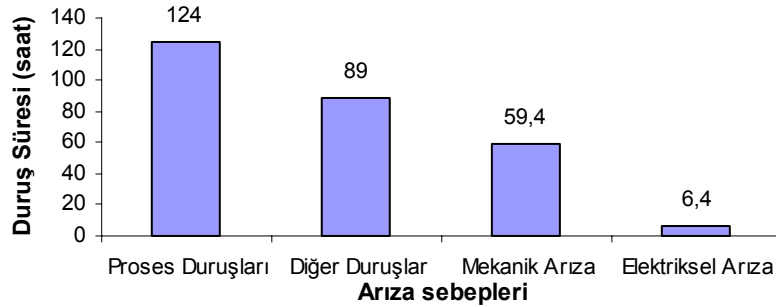
### 3.4. Konkasörde Meydana Gelen Duruşların Pareto Grafiği

Konkasörde iki ay içinde meydana gelen duruşlar şöyledir.

**Tablo 12. Konkasör(Taşkıran). Duruşları Kontrol Kartı**

Duruş Ana Sebebi	D.Süresi(saat).	%
Mekanik Arıza	59.4	21
Elektriksel Arıza	6.5	2
Proses Duruşları	124.0	44
Diğer Duruşlar	89.0	33
<b>Toplam</b>	<b>278.9</b>	<b>100</b>
<b>Çalışma Süresi</b>	<b>744</b>	

Konkasörün (Taşkıranın) pareto grafiği çizilirse şu elde edilir..



**Şekil 19: Konkasörde Meydana Gelen Duruşların Pareto Grafiği**

Grafiğin yorumu; konkasördeki duruşların % 44'ü proses duruşlarından kaynaklanmaktadır. Proses duruş sebeplerinin araştırılması yöneticilere bırakılmıştır.

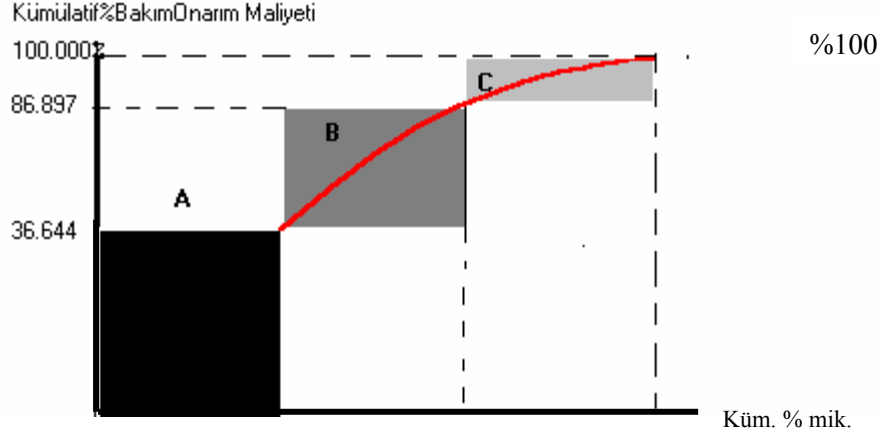
### 3.5. Çimento Fabrikasında Meydana Gelen Arızaların Bakım Onarım Maliyeti ABC Analizi

Fabrikada beş ayda meydana gelen ünite duruşları ve bu duruşlara sebep olan arızaların bakım onarım maliyetleri tespit edilmiş nispi önemine göre sıraya konulmuş ve aşağıdaki tablo elde edilmiştir. (Bu bakım onarım maliyetine malzeme maliyeti dahil edilmemiştir.).

**Tablo 13: Beş Aylık Ünite Bakım Onarım Maliyeti Analizi**

Ünite Adı	sn	%	Bakım Maliyeti	Küm. Maliyet	Küm%	G
Döner Fırın1	1	4.167	280577978	280577978	15.211	A
Gezervinç1	2	8.333	204429475	485007453	26.294	A
Çimento Değirmeni1	3	12.500	190907600	675915053	36.644	A
Döner Fırın2	4	16.667	185067433	860982486	46.678	B
Farin Değirmeni1	5	20.833	173099163	1034081648	56.062	B
Ambalajlama(Paketleme).	6	25.000	152693957	1186775605	64.341	B
Kömür Değirmeni1	7	29.167	120332966	1307108571	70.864	B
Konkasör(Taşkıran).1	8	33.333	106677595	1413786166	76.648	B
Farin Değirmeni2	9	37.500	99590623	1513376789	82.047	B
Çimento Değirmeni3	10	41.667	89463916	1602840705	86.897	B
Gezervinç2	11	45.833	74033596	1676874301	90.911	C
Çimento Değirmeni2	12	50.000	55814282	1732688583	93.937	C
Çimento Değirmeni4	13	54.167	48639859	1781328442	96.574	C
Makina Bakım	14	58.333	21845185	1803173627	97.758	C
Çimento Değirmeni5	15	62.500	12283934	1815457561	98.424	C
Buhar Merkezi	16	66.667	9924250	1825381811	98.962	C
Su/Pompa İstasyonu	17	70.833	7363951	1832745762	99.362	C
Atölye Bakım	18	75.000	4157283	1836903045	99.587	C
Sosyal Tesisler	19	79.167	2730805	1839633849	99.735	C
Ambar	20	83.333	1968618	1841602467	99.842	C
Elektrik Dağıtım İstasyonu	21	87.500	1620448	1843222915	99.930	C
Sosyal Hizmetler	22	91.667	976491	1844199406	99.983	C
Laboratuvar2	23	95.833	271248	1844470654	99.997	C
Elektrik Bakım	24	100.00	50700	1844521354	100.000	C

Bakım onarım maliyetlerin (ABC) pareto grafiği çizilirse şu elde edilir.



**Şekil 20: Bakım Onarım Maliyetlerinin (ABC) Pareto Grafiği**

Grafiğin yorumu; A grubundaki kalemlerin kontrolünün daha sıkı yapılabilmesi gerekir, bunun içinde şu tedbirler alınabilir.

- Ayrıntılı kayıt sistemi tanzim edilebilir.
- Kontrol sorumluluğu daha üst seviyedeki personele verilebilir.
- Gözden geçirme periyotları sıklaştırılabilir.

C grubundaki kalemler için yukarıdaki hususlara mümkün en alt seviyede uyulur. Kontroller ve kayıt işlemleri basit tutulur. B grubundakiler için A ve C ortası bir yol izlenir.

### SONUÇ

Bu çalışmada, İPK tekniklerinden Pareto Analizi kullanılarak Sivas Çimento Fabrikasında bir uygulama yapılmıştır. Uygulama fabrikada meydana gelen duruşlar üzerinedir. Fabrikada meydana gelen duruşlar ise; genel ünite ve makina duruşları, fırınlarda, çimento değirmenlerinde ve konkasörde (taşkırande) meydana gelen duruş sebepleri ve bu duruşlardan meydana gelen arızanın bakım onarımını maliyetlerini gösteren ABC analizi yapıldı ve pareto grafikleri çizildi.

Fabrikada beş ay içinde meydana gelen genel ünite duruşları incelendi ve şu netice elde edildi. Ünitenin durmasına neden olan en önemli sebep, fabrika yetkililerce daha önemli gösterilen sebepler dışındaki diğer duruşlardan kaynaklanmaktadır. Diğer duruşlara çözüm getirildikçe ünite duruşları azalır ve fabrikanın üretim kapasitesi artar. Ayrıca diğer duruşlardan kaynaklanan hatalar araştırıldı ve en önemli sebep olarak satış azlığı olduğu görüldü. Fabrikada

makinalarda meydana gelen duruşların arıza sebepleri araştırıldı ve makinaların durmasına sebep olan en önemli arızanın, % 66.6 ile mekanik arızadan kaynaklandığı görüldü. Bunun içinde mekanik arızanın arıza sebepleri ve birinci sırada % 16.53 ile bant arızası olduğu görüldü. Yetkili elemanın bant arızasını giderici çalışmalar yapması gerekir.

Sivas çimentoda fırınlarda üç ay içinde meydana gelen duruş sebepleri araştırıldı ve şu sonuçlar elde edildi: Fırın 1’de meydana gelen en önemli duruş sebebini %65 ile gövde çatlağı oluşturmaktadır. Fırın 2’de de en önemli sebep, %40 ile gövde çatlağından kaynaklanmaktadır. Yetkili elemanın gövde çatlağını önleyici tedbirler alması gerekir. Ayrıca Nisan ve Mayıs aylarında fırınlarda meydana gelen duruşların en önemli sebebini teşkil eden mekanik arıza olduğu görülmüştür.

Fabrikadaki çimento değirmenlerinde meydana gelen duruşların, arıza sebepleri araştırıldı. Çimento değirmeni 1’de en önemli sebebini %55 ile mekanik arıza olduğu ve çimento değirmeni 2,3,4,5’te en önemli duruş sebebi ise diğer duruşlardan kaynaklanmaktadır. Diğer duruşların çimento değirmenlerinin durmasına neden olan duruş sebepleri araştırılmalıdır. Konkasör(Taşkıran)’de meydana gelen duruşların en önemli sebebini proses duruşları olduğu görülmüştür. Yetkili eleman proses duruş sebeplerini araştırarak konkasörde meydana gelen duruşları azaltabilir.

Beş aylık fabrikada meydana gelen duruşların, bakım onarım maliyetleri tespit edildi ve şu üç kalem döner fırın 1, gezervinç1 ve çimento değirmeni 1 toplam bakım onarım maliyetlerinin %36.6’sını teşkil etmektedir. Yetkili elemanın buralarda meydana gelen arızalar üzerine şu tedbirleri alması gerekir; buralarda ayrıntılı kayıt sistemi tanzim edilebilir veya kontrol sorumluluğu daha üst seviyedeki personele verilebilir veyahut buraları gözden geçirme periyotları sıklaştırılır

İşletmelerde pareto analizinin rahatça uygulanabileceğini, Sivas Çimento Fabrikasında yapılan bu uygulama ile bir kez daha görülmüştür. Günümüzde bilgisayar teknolojisinde meydana gelen büyük gelişmelerin de desteği ile işletmelerde meydana gelen arızaların, duruşların, hatalı üretimlerin ve her türlü problemin kaynağını teşkil eden en önemli sebeplerin gösterilmesi yanında bir iyileştirme programının verdiği veya vermekte olduğu sonuçların izlenmesinde de kullanımı gibi üretimde kalite ile ilgili bir çok problemin teşhisinde ve analizinde ve verimliliğin yükseltilmesinde **Pareto Analizi**’nin rahatlıkla kullanılabileceği söylenilebilir.

### Kaynakça

- DEVAR, Donald L.. *Kalite Çemberleri Eğitim El Kitabı*, İstanbul, Türkiye Şişci Cam Fabrikaları A.Ş. yayınları, 1989.
- EFİL, İsmail. *Yönetimde Kalite Kontrol Çemberleri ve Uygulamadan Örnekler*, Bursa. Uludağ Üniversitesi Basımevi, 1993.
- EGERMAYER, F.. “Pareto Analysis in Incoming Inspection At Verdor.”, *Quality*, Eurepan Organization for Quality Control, June. 1988.
- GRANT, Eugene L.-LEAVENWORTH Richard S.. *Statistical Quality Control*, Mc Graw-Hill Com, 6 th ed., New York 1988.
- İMAİ, Masaaki. *Kaizen*, İstanbul: Brisa Yayıncılık, 1986
- ISHIKAWA, Kaoru. *Guide Quality Control*, Asian Productivity Organization, 2. Ed., 1982.
- KOBU, Bülent. *Endüstriyel Kalite Kontrolü*, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları No:3425, 1987.
- MONTGOMERY, Douglas C. *Introduction to Statistical Quality Control*, New York:2.Ed.Jhon Willey & Sons, 1991
- OAKLAND, J.S. ve R. F. FOLLOWELL. *Statistical Process Control*, New York, Butterworth Heinemann, 1990.
- QUALITY CONTROL CIRCLES*, Yönetim Geliştirme Merkezi Seminer Notları, İstanbul, 1984
- SOIN, Sarv Singh. *Total Quality Control Essentials, Key Elements, Methodologies and Managing for Success*, Mc Graw-Hill inc, New York 1992.
- SQUIRES, H. Frank. “Pareto Analysis”, *Quality Management Handbook*, (Ed:Loren WALSH vd.), ASQC Quality press, New York 1986.
- TEKİN, Mahmut. *Üretim Yönetimi*, Cilt II Arı Ofset Matbaacılık, Konya 1996
- TEKİN, Mahmut. *Toplam Kalite Yönetimi*, Kuzucular Ofset Konya 1999
- TSE. *İstatistiksel Proses Kontrol*, (Eğitim Notları). Ankara T.S.E., Kalite Notları (Bölüm 2). Ankara TSE Kalite Yayınları No:4.06/2B, 1993.