

İSTATİSTİKSEL KALİTE KONTROL ARAÇLARI VE GRİ İLİŞKİSEL ANALİZ YÖNTEMİ KULLANILARAK KALİTE PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜ: İNŞAAT SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA¹

Elif UYANIK*

Düzce Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı

uynk.elif.1@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4276-2356

Doç. Dr. İsmail DURAK*

Düzce Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü

ismaildurak@duzce.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8898-9639

Öz

Bu çalışmada işletmelerin rekabet avantajı sağlayabilmeleri ve sürdürülebilir olmalarında önemli rol oynayan müşteri memnuniyetini ve üretim maliyetini yakından etkileyen birçok kalite problemlerinin aslında doğru veri ve iyi bir analizle sadece birkaçının çözümünün sonucunda etkili bir iyileştirme sağlayacağını gösterebilmektedir. Çalışmanın uygulama verileri özel bir inşaat firmasından alınmıştır. Bir yıllık veri ile gerçekleştirilen uygulamada istatistiksel kalite kontrol ve çok kriterli karar verme tekniklerinden gri ilişkisel analiz tekniği kullanılmıştır. Firmada meydana gelen hatalar pareto analizi ve gri ilişkisel analiz tekniklerinin hibrit şekliyle incelenmiş ve en fazla orana sahip hata türleri sebep sonuç diyagramı ile firma yetkilileri ile birlikte irdelenmiştir. Araştırma sonucunda istatistiksel kalite kontrol araçlarından pareto analiziyle en yüksek hatanın ürün yüzey hatasından meydana geldiği saptanmıştır. Gri ilişkisel analiz sonucunda ise fabrikada sorunların çözülmesi için ilk müdahale edilmesi gereken bölümün döküm olduğu tespit edilmiştir. Bu doğrultuda, kalite iyileştirmede ilgili firmaya hangi hataların öncelikle durdurulması gerektiği konusunda çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kalite Kontrol, İstatistiksel Kalite Kontrol, Gri İlişkisel Analiz, Pareto Analizi, Üretim Maliyeti, Müşteri Memnuniyeti

¹ Bu çalışma Düzce Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İşletme Ana Bilim Dalı Tezli Yüksek Lisans Programı Kapsamında sunulan “Kalite problemlerinin analizinde istatistiksel kalite kontrol araçlarının ve gri ilişkisel analiz yönteminin kullanımı: İnşaat sektöründe bir uygulama” adlı çalışmadan türetilmiştir.

SOLUTION OF QUALITY PROBLEMS USING STATISTICAL QUALITY CONTROL TOOLS AND GRAY RELATIONAL ANALYSIS METHOD: AN APPLICATION IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

Abstract

This research aims to show that many quality problems that closely affect customer satisfaction and production costs, which play an important role in businesses' ability to gain competitive advantage and be sustainable, will actually provide effective improvement as a result of solving only a few of them with accurate data and good analysis. The application data of the study were taken from a private construction company. In the application carried out with one-year data, statistical quality control and gray relational analysis techniques, one of the multi-criteria decision-making techniques, were used. Errors occurring in the company were examined using a hybrid method of Pareto analysis and gray relational analysis techniques, and the error types with the highest rates were examined with the company officials using a cause and effect diagram. As a result of the research, it was determined by Pareto analysis, one of the statistical quality control tools, that the highest error occurred due to product surface error. As a result of the gray relational analysis, it was determined that the first section that needed intervention in the factory to solve the problems was the casting. In this direction, various suggestions were made to the relevant company about which errors should be stopped first in quality improvement.

Keywords: Quality Control, Statistical Quality Control, Gray Relational Analysis, Pareto, Production Cost, Customer Satisfaction

1. Giriş

Küreselleşen iş dünyasında, işletmelerin varlığını sürdürebilmesi ve rekabet avantajı elde edebilmesi için kaliteli ürün veya hizmet sunma gerekliliği hayati önem taşımaktadır. İşletmelerin uzun vadeli başarısı, müşteri taleplerini etkili bir şekilde karşılamaya odaklanmış sürdürülebilir bir kalite yaklaşımıyla sağlanabilir. Kaliteli bir ürün veya hizmet, müşteri memnuniyetini artırarak müşteri bağlılığı ve sadakatini güçlendirir. Ancak, kalite düzeyinin artırılması tek başına yeterli değildir; aynı zamanda müşteri tatminini maksimize etmek de gereklidir. Bu noktada, işletmelerin kendi üretim sistemlerine özgü bir kalite kontrol sistemi kurmaları kaçınılmaz hale gelmiştir (Küçük, 2012). Bu sistem, kalitenin tesadüfi olmaktan ziyade planlı, sistemli ve bilimsel bir sürecin ürünü olarak ortaya çıkmasını sağlar. İnsan gücüyle çalışan firmalarda, ürünler arasındaki farklılıkların kaçınılmaz olduğu bir gerçektir. Bu bağlamda, işletmelerin kaliteyi etkili bir şekilde takip edebilmeleri ve özel nedenlerle ortaya çıkan değişiklikleri önceden tespit edip hızla müdahale edebilmeleri kritik bir öneme sahiptir. Bu, kalitenin sürekli bir şekilde sağlanmasını ve müşteri memnuniyetinin korunmasını temin eder (Kurt, 1995).

Kalite, yöneticilerin en çok üzerinde durduğu konulardan biridir. Ürün veya hizmet kalitesi bulunulan sektörde zirveyi temsil etmektedir. Sunulan ürün ya da hizmetin en kaliteli olması da uluslararası alanda söz sahibi olma imkânını doğurmaktadır. Bu kadar önem verilen bir konunun bilimsel olarak araştırılması ve üzerinde durulması gerekmektedir. Diğer yandan kaliteyi olumsuz etkileyen uygunsuzlukların kaliteye etki yüzdesi farklılıklar gösterir. En çok paya sahip olan hatayı, firmalar en önce çözüme kavuşturmak isterler. Bunu da ancak daha doğru ölçüm çalışmaları sonucu elde edebilirler (Ungan, 2019). Bu doğrultuda, istatistiksel kalite kontrol çalışmaları üretim sürecinin ve üretim sonunda elde edilen ürünün kalitesini ölçmek amacıyla yapılır. İstatistiksel kalite kontrol çalışmalarının yapılması, kalite özelliklerinde oluşabilecek sapmaların ortaya çıkarılması ve buna bağlı olarak üretim maliyetlerinin düşürülmesi, işgücü verimliliğinin artırılması ve tüketicinin korunması açısından önemlidir.

Bu doğrultuda, bu çalışmanın ana problemi; bir inşaat firmasının ürettiği malzemelerde üretim sırasında veya sonrasında meydana gelen hatalardır. Ürünlerde kalite problemi yaratan bu hatalar firmayı hem müşterilerine karşı prestij, güven, zaman konusunda hem de kendini maliyet konusunda olumsuz etkilemektedir. Bu bağlamda, yapılan bu çalışmada insan gücü yoğun çalışan bir firmada kalitesizliğe neden olan uygunsuzlukların son bir yıla ait verileri toplanarak incelenmesi ve ana problemlerin çeşitli kalite kontrol araçları ve çok kriterli karar verme yöntemlerinden biriyle belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde kalite ve kalite kontrol sistemlerinin kavramsal çerçevesi verilmiştir. Üçüncü bölümde, yapılan benzer çalışmalara ait araştırma literatürü yer almaktadır. Dördüncü bölümde, kalite kontrol teknikleri, çok kriterli karar verme teknikleri ve gri ilişkisel analiz yöntemleri hakkında kavramsal bilgilere yer verilmiştir. Beşinci bölümde, dördüncü bölümde bahsedilen tekniklerin bir kısmının uygulandığı uygulama bölümü yer almaktadır. Altıncı bölümde sonuç ve öneriler kısmı bulunmakta olup bu bölümde hem çalışmanın amacı ve katkısından hem de uygulama bölümünde elde edilen verilerin sonuçları ve bu sonuçlar dikkate alınarak önerilerde bulunulmuştur.

2. Kavramsal Çerçeve ve Literatür Taraması

Kalite çok geniş içerikli olduğundan tek olarak kavramını aramak çok doğru bir davranış değildir. Kalite; değer, ürünün teknik özelliklerine uyması, ihtiyaçlara uygunluk, kullanıma uygunluk olarak farklı farklı da tanımlanmıştır. Kalite kavramı açıklanıp tanımlanmaya çalışıldığı günden beri birbirinden bağımsız olarak birçok kez ilginç, değişik tanımlara sahip olmuştur (Bozkurt ve Odaman, 1996). Aşağıda bazı kuruluş ve uzmanlar tarafından yapılmış

olan kalite tanımları görülmektedir; Türk standartları enstitüsüne göre kalite bir ürün ya da hizmetin olan veya olabilmesi muhtemel ihtiyaçları karşılayabilme kabiliyetine dayanan özelliklerinin bütünüdür. (Büker, 2007:7). Amerikan kalite kontrol derneğinin yaptığı tanım ise kalite, bir mal ya da hizmetin belirli bir gerekliliği karşılayabilme yeteneklerini ortaya koyan karakteristiklerin tümüdür (Amerikan Kalite Kontrol Derneği – ASQC). Avrupa kalite kontrol organizasyonuna göre kalite, bir malın ya da hizmetin tüketicinin isteklerine uygunluk derecesidir (Avrupa Kalite Kontrol Organizasyonu – EOQC). Kalite yapılan tanımlara göre mükemmeli yakalamaktır. Fakat her geçen gün gelişen değişen dünya şartlarında müşteri istek ve talepleri değişeceğinden ve aranan standartlar yükseleceğinden aslında kalite sürekli iyileştirme olup beklentilerin önüne geçmektir. Kalite en iyi, en sağlam, en güzel, en güvenli demek değildir.

Garvin (1984) kaliteyi performans, uygunluk, güvenilirlik, dayanıklılık, servis görülebilirlik (hizmet görürlük), itibar, estetik ve diğer unsurlar olmak üzere 8 boyut olarak belirtmiştir. Kalite anlayışı tüketicinin kullanım şartlarına, gereksinimine, sosyal ve ekonomik çevresine, beklentisine, dini ve kültürel yapısına, iklime, coğrafyaya bağlı olarak değişebilen öznel bir kavramdır (Kovancı, 2004). Kalitenin firmalara getirilerinden bazıları şöyle sıralanabilir; karın, pazar payının ve müşteri memnuniyetinin artması, maliyetlerin azalması, yüksek rekabet gücü. Öte yandan kalitesizliğin götürülerinden bazıları ise; pazar payındaki azalma, müşteri tatminsizliği, kaynak israfı ve verimliliğin azalması, motivasyon kaybı ve maliyetlerin artması şeklinde ifade edilebilir. Bunlar dışında, kalite firmalar için müşteri tatmini, verimlilik, esneklik, etkili olma, yatırım, süreç, tedbir ve gelecektir.

Kalitenin aslında insanın varoluşundan itibaren olduğu söylenebilir. Nitekim, tarihte ilk örneği M.Ö Hammurabi Kanunlarında ortaya çıkmaktadır. Bu kanunlarda ‘Bir inşaat ustasının inşa ettiği bir ev, ustanın yetersizliği ve işini gereği gibi yapmaması nedeniyle yıkılarak ev sahibinin 18 ölümüne yol açarsa, o usta öldürülecekti’ ifadesi yer almaktadır. Buradan anlaşılacağı gibi M.Ö. ki devirlerde inşaat sektöründe kalite standardı olarak binanın yıkılmaması kullanılmaktadır (TSE, 1996). 13.yy’da Osmanlı devletinde ahilik teşkilatı esnaf ve zanaatkârlar topluluğu olarak görev yapmakta ve bu toplulukta ustalar eğitici ve muayene görevlisi olarak çalışmaktaydı. 20.yy’ın başlarında Henry Ford’un montaj hattı üretimi ile işlemler sadeleşti, düşük maliyetle yüksek kaliteli ürünler üretildi. Muayene şefliği kadrosu oluşturuldu. İlk etapta son kontrol olarak işçiler ve ustabaşları yaptıkları işleri kontrol ediyorlardı. Daha sonra sanayinin gelişmesiyle artan üretime ayak uydurabilmek ve maliyeti azaltabilmek adına ürünler örnekleme yöntemiyle muayene edilmeye başlandı. 1960’lardan

sonra yüzde yüz veya örnekleme yoluyla kontrolün kalitesizliği engellemediği fark edildi ve kalitesizliğe neden olan sebepler üzerinde durulmaya başlandı. 1980’li yıllarda aslında kalitenin üretim süreçlerinin tümünde olması gerektiği anlaşıldı ve Toplam kalite kontrol sistemi benimsendi. 2000’li yıllardan itibaren kalitenin ancak sistematik bir yaklaşımla ve tüm çalışanlarla sağlanabileceği anlaşıldı ve toplam kalite yönetimi oluştu. Bu yönetime göre uygulanan her süreçte bütün çalışanların fikir ve hedefleri kullanılmakta ve tüm çalışanlar kaliteye dâhil edilmektedir (Şimşek, 2000).

Kalitenin önemi arttıkça kaliteyi arttırmayı veya kalitesizliği önlemeyi sağlayacak kontrolün de değeri artmıştır. Üretim sürecinin belirlenen kalite standartlarında yürütülmesini sağlayan, özel nedenlerden dolayı süreçte bir aksaklık olduğunda durumu hemen gözler önüne seren ve gerekli tedbirlerin geç olmadan alınmasını sağlayan bir metottur (Aslan, 2003). Kalite kontrolünden beklenen faydalar ise; üretimde kalitesizliği önleme, en az maliyetle verimli bir muayene sistemi oluşturma, ürünlerde istenmeyen değişimleri önceden tespit ederek hatalı parça sayısını azaltma ve kayıp zamanları önleyerek üretimi artırma olarak ifade edilebilir (Kıngır, 2006). Kalite kontrolün amacı minimum maliyetle müşteri isteklerini karşılayabilecek ürün veya hizmet üretiminin sağlanması, kalitesiz ürün üretiminin engellenmesidir. Ayrıca yakalanan kalitenin devamlılığını sağlamak ve arttırmak da amaç olarak söylenebilir.

Kalite kontrolü işletmede sadece bir bölüme veya birkaç kişiye verilmiş bir görev değil de müdürden temizlik personeline kadar çalışan herkesi ilgilendiren faaliyetler topluluğudur. Bu faaliyetler gözlem, kontrol, hatanın tespit edilmesi, hatanın kaynağının bulunması ve nasıl düzeltilmesi gerektiğini içeren bir sistem içinde yer almaktadır.(Juran, 1989; 321). Kalite kontrol sisteminin var olan kaliteyi daha iyi hale getirebilmek ve tespit edilen hata ve eksikliğin giderilmesi için gereken önlemleri almak üzere iki temel amacı bulunmaktadır. Kalite kontrol ve kalite kontrol sisteminin var olması firmaların rekabet gücünü arttırdığı gibi maliyetlerinin azaltılmasına yardımcı olmaktadır.

İstatistiksel kalite kontrol, bir ürünün ekonomik ve yararlı bir şekilde üretilmesini sağlamak amacıyla önceden belirlenen kalite standartlarına uygunluğunu sağlamak ve kusurlu üretimi en aza indirmek için istatistiksel yöntemlerin kullanılmasıdır (Özdamar, 2007: 81). İstatistiksel kalite kontrol, ürün kalitesiyle ilgili olarak karşımıza çıkacak tüm sorulara cevap veren ve istatistiksel yöntemler yardımıyla ürün kalitesini yüksek tutmayı hedef alan tüm ölçme ve kontrol işlemlerinin, sistem içinde yürütülmesini sağlayan bir faaliyettir. İstatistiksel kalite kontrol çalışmaları süreç (proses) kontrolü ve ürün kontrolü olmak üzere iki farklı kontrol sürecinden oluşmaktadır. Ürün kontrolü, kullanıcıların istekleri doğrultusunda kullanılmak için

üretilen ürünlerin kontrolü olup kabul örneklemesi yardımı ile yapılır (TÜİK, 2011:6). Süreç kontrolü, ürünün üretimi aşamasında yapılan kalite kontrolüdür ve “üretimde kalite kontrol” olarak da adlandırılır. Modern kalite anlayışı, bir ürün üzerinde oluşan hatalara tepki göstermek yerine, problemleri oluşmadan engellemeye yönelik önlemlerin belirlenmesidir. Üretim tamamlandıktan sonra üretilen ürünlerden kusurlu olanların kontrol sonucu ayıklanması işletmeye hammadde, zaman, işgücü kaybı gibi maliyetleri yüklemektedir. Olması gereken imalat aşamasında ve öncesinde çeşitli önlemler alarak hatalı ürün üretilmesini engellemektir ve süreci kontrol altında tutmaktır (Kaya, 2001). Üretimde oluşan hataların sebeplerinin altında genellikle görünenden başka nedenler yatmaktadır. Bu nedenleri doğru tespit edebilmek hayati önem taşımaktadır. Bu da bilimsel yöntemlerle süreçle ilgili doğru verilerin toplanması, analiz edilmesi ile olabilir. İstatistiksel Kalite kontrol uygulamalarında süreç sürekli izlenerek meydana gelen problemler tespit edilir, problemin nedenleri belirlenir, çözüm geliştirilir, geliştirilen çözüm uygulanır ve süreç tekrar izlenir. Bu döngü süreklidir ve bu sayede sürekli iyileştirme sağlanır (Devor vd., 1992).

Öte yandan bu çalışmayla ilişkili yapılan bazı benzer çalışmalar da bulunmaktadır. Bu doğrultuda, Patır (2009) yaptığı çalışmada istatistiksel kalite kontrol tekniklerinin yedisini açıklamış ve Malatya'daki bir tekstil fabrikasında üretim süreçlerinin kontrol altında olup olmadığını kontrol grafikleri yardımı ile incelemiştir. İnceleme sonucunda sürecin kontrol altında olduğunu bulmuştur. Başaran (2010) üretimi yapılan bir fabrikada karşılaşılan hataların önemlilerinin önemsiz olanlardan ayırmak için pareto analizi kullanılmıştır. En önemli iki proseste yani temizleme prosesinde ve öğütme prosesinde meydana gelen uygunsuzluklar istatistiksel proses kontrol tekniklerinden pareto analizi kullanılarak tespit edilmiştir. Özgüvenç (2011) kalite problemlerinin sınıflandırılmasında çok kriterli pareto analizini kullanmıştır. Kalite kavramı, kalite maliyetleri, istatistiksel kalite kontrol teknikleri ve bulanık analitik hiyerarşi yöntemi ve VIKOR yöntemini açıklamıştır. Uygulamada özel bir bankanın üye iş yerlerine temin ettiği pos cihazlarındaki karşılaşılan hatalar için pareto analizi yapılarak hataların önem dereceleri belirlenmiştir. Bayat vd. (2013) Pareto analizi ile hazır beton tesisinde betonun kalitesini etkileyen hataların sebepleri istatistiksel olarak incelenmiştir. Kaliteyi olumsuz yönde etkileyen en önemli faktörün beton dökümü esnasında işçilerin hatasından kaynaklandığı görülmüştür. Üretim tesisine işçilerin eğitimi ile bu durumun ortadan kalkacağı önerisinde bulunmuştur. Çakırkaya ve Acar (2016) makarna üretimi gerçekleştiren bir firmada hata türleri gözlemlendikten sonra bu hata türlerinden dolayı duruş süreleri hesaplanıp hata kontrol çizelgeleri oluşturulmuştur. Daha sonra hatalar büyüklüğüne göre sıralanıp pareto analizi ile firmanın

öncelik vermesi gereken hataların neler olduğu gösterilmiştir. Kırık (2017) bir konfeksiyon işletmesinde son kontrol hatalarını istatistiksel kontrol teknikleri ile analizini yapmıştır. Son altı aylık verileri alarak bu hatalar pareto analizi ile incelenmiş, en önemli üç hatanın sebebini araştırmak için sebep sonuç diyagramı çizmiştir. Yönetimin ilgisini çekebilmek için de hata maliyetleri çalışmaya eklenmiştir. Aydın ve Kargı (2018) Bursa ilinde otomotiv sektöründe bir fabrikada otomobillerin ön kapı dinamik kapanma hız ölçümlerinin istatistiksel olarak kontrol altında olup olmadığı belirlenmeye çalışmıştır. Bu kapsamda Ocak 2017 yılına ait veriler, SPSS 17 paket programı kullanılarak prosesin kontrol altında olup olmadığı gözlemlenmiş, süreç ve makine yeterlilik indeksleri hesaplanmıştır. Çalışmanın sonucunda, prosesin kontrol altında ve yeterli olduğu tespit edilmiştir. Prosesin makine yeterlilik indeksine bakıldığında, sol ön kapanma hızı yeterli iken, sağ ön kapanma hızlarına ilişkin değerlerin yetersiz olduğu belirlenmiştir.

3. Yöntem

3.1. İstatistiksel Proses Kontrol Teknikleri

İstatistiksel proses kontrol, bir süreci izlemek ve kontrol etmek için istatistiksel yöntemleri kullanan bir kalite kontrol yöntemidir. Bu kontrol yöntemi, sürecin verimli bir şekilde sürdürülmesine yardımcı olur ve daha az sarfiyatla (yeniden işleme veya hurda istenilene uygun ürünler üretilmesini sağlar (Özcan, 2001). İstatistiksel proses kontrol ile proseste meydana gelen değişiklikler fark edilir, değişkenliğin boyutu ölçülüp buna neden olan faktör kökten çözülerek sürecin normal hale dönmesi sağlanır. Bu kontrol sistemi tüm proseslerde uygulanarak bölümler arası hatalı ürün geçişi engellenir ve birçok maliyet önlenmiş olur (Russell ve Taylor, 2006). Prosesteki değişiklikler genel ve özel nedenlerden kaynaklanabilir. Özel nedenler işçi dikkatsizliği, makine arızası, hammaddenin homojen olmaması gibi. Genel nedenler ise nem, sıcaklık, titreşim gibi. Eğer süreç genel nedenlerin etkisi altında ise kontrol altında sayılır fakat özel nedenlerin etkisi altına giren bir süreç kontrol altında sayılmaz ve değişikliklerin irdelenmesi ve kontrol altına alınması gerekmektedir (Banks, 1989: 104). Bu nedenle her sürecin aslında günümüzde istatistiksel olarak denetlenmesi irdelenmesi gerekmektedir. İstatistiksel proses kontrolün amacı ürün veya hizmetin oluşumunu sağlayan tüm süreçleri kontrol altında tutup hatalı ürün oluşmasını engellemektir, hataları yakalayıp ayıklamak değildir. Yani proseste özel nedenlerden kaynaklanan değişiklikleri yok etmek veya minimuma indirmektir. İstatistiksel süreç kontrol tekniklerinin şu önemli faydaları bulunmaktadır; önceden belirlemeye imkân sağlar, işgücü ve malzeme kullanımında tasarruf

sağlanır, üründeki değişiklikler azalır, ürün kalitesi gelişir, hurda oranı azalır, etkin kapasite kullanımını artar, birim maliyet düşer (Başkan, 1997).

İşletmelerde üretim süreçlerinde yaşanan kalite problemlerinin çözülebilmesi için problemin doğru bir şekilde tanımlanması, analiz edilmesi ve kökten çözülmesi gerekmektedir. Bunun için 7 bilimsel kalite kontrol tekniği kullanılır. Bu teknikler sadece ortaya çıkan problemlerin çözümü için değil var olan kalitenin iyileştirilmesi için de kullanılmaktadır. Bunlar; Histogram, Çetele Diyagramı (Kontrol Listesi, Pareto analizi, Sebep-sonuç diyagramı, Gruplandırma (Hata yoğunluk) diyagramı, Dağılma (Serpilme) diyagramı ve Kontrol grafikleridir (Bircan ve Özcan, 2003) Bu yöntemler süreçlerde tek tek kullanılabilceği gibi bir kaç veya hepsi de kullanılabilir.

Neden-Sonuç Diyagramı (Balık Kılıcı Diyagramı): Balık kılıcı yöntemi belirli bir probleme neden olan tüm etkenleri ortaya çıkarmayı sağlayan ve probleme en yüksek düzeyde etki eden faktörü bulup iyileştirmeye çalışan bir yaklaşımdır. Görsel olarak, kullananlara tüm durumu resmettiğinden uygulaması, anlaması kolay yararlı bir yöntemdir (Wong, 2011). Neden sonuç oluşturan faaliyetler ve konular şekil ile gösterildiğinde görüntüsü balık kılıcı gibi görünmektedir. Diyagram çizilirken izlenecek adımlar şöyle sıralanabilir; ilk olarak problem tespit edilerek açık bir şekilde tanımlanması, ikinci adımda soruna sebep olan makine, yöntem, malzeme ve iş gücü gibi ana faktörler belirlenmesi, üçüncü adımda problemi ortaya çıkaran muhtemel sebepler çalışma ekibi tarafından beyin fırtınası yöntemiyle yazılarak belirlenen sebeplerin önem derecesi sırasına göre tarafsız bir şekilde sıralanması, dördüncü adımda ise en önem arz eden nedenden başlanılarak, gerçek neden elde edilene kadar nedenlerin doğrulanması üzerine çalışılır. Neden-Sonuç diyagramının en önemli yararı, tüm faktörleri bir arada görme, aralarındaki ilişkiyi inceleme ve bölümler arasında haberleşmeyi kolaylaştırmasıdır.

Çetele Diyagramları: Çetele diyagramı veri toplamada kullanılan istatistiksel kalite araçlarından birisidir. Diğer istatistiksel teknikler için ilk aşamayı ve veri tabanını oluşturur. Bir durum için toplanan veriler toplandıkları haliyle bir anlam ifade etmez. Dağınık halde bulunan verilerden işe yarar, anlamlı bulgular elde edebilmesi için bunların sınıflandırılması, organize edilmesi, ayrıştırılması gerekmektedir. Çetele diyagramı verileri anlamlı hale getirerek onların kaydedilmesi, anlaşılması ve yorumlanabilmesine olanak sağlar. Veri toplamada en etkin araçlardan biri olarak da gösterilmektedir (Halis, 2000). Bu diyagrama frekans dağılımı da denilmektedir. Frekans bir olayın görülme sıklığını ifade eder. Belirli bir zaman aralığında hataların kaynaklarını bulabilmek amacıyla sorunları çetele ile göstererek sıklık derecesinin saptanmasında kullanılan bir tekniktir (Kartal, 1999). Çetele tablosu şu aşağıdaki adımlar

çerçevesinde oluşturulabilir; gözlenecek olay ya da sorunlar belirlenir, belirlenen sorunların her gözlemci tarafından kontrol edilmesi sağlanır, verilerin toplanacağı zaman aralığı belirlenir, gereksinime göre bir tablo düzenlenir, başlıklar açıkça yazılır ve işaretler için yeterli yer ayrılır (Çetin vd., 2001).

Histogramlar: Histogram, gruplandırılmış bir veri dağılımının sütun grafiğiyle gösterimidir. Diğer bir ifadeyle, tekrarlı sayılardan oluşan verilerin, uygulanan işlemlerden sonra önce tabloya, tablodan yararlanarak grafiğe aktarılarak veri gruplarının grafiğinin dikdörtgen sütunlar halinde gösterilmesidir (Birgören, 2015). Elde edilen ürünün özellikleri tutarlı olmalıdır. Bu nedenle çizilen histogramların birbirine benzediği; hatta süreçte bir değişiklik olmadıkça aralarında çok az fark bulunduğu dile getirilmiştir. Histogramlar arasında çok fazla fark olduğu ortaya çıkarsa derhal bu durumun araştırılması gerektiği vurgulanmaktadır (Özkaya, 2013: 63). Dikdörtgenlerin tabanları sınıf aralığını, yükseklikleri sınıf frekansını ifade etmektedir. Sınıf frekansı sınıfa düşen veri sayısını vermektedir. Çizilen histograma bakarak dağılım büyüklüğü, simetri ve asimetri durumunu kolayca anlaşılır. Böylece mevcut ve olası problemlerle ilgili önemli ipuçları elde etmek mümkün olabilmektedir. Böylece verilerin çokluğu elde edilecek sonucun güvenilirliğini arttırmaktadır (Kartal, 1999). Histogramın belli başlı özellikleri şu şekilde ifade edilebilir. İlki, ölçülen birimin özelliği (değişken) sürekli ölçüm düzeyinde olmalıdır. İkincisi, veri sayısının en az 50 olması daha doğru sonuçlar için gereklidir. Üçüncü olarak, bir histogram yalnızca tek bir özellik için kullanılabilir. Dördüncü olarak, sınıf aralıkları miktarları eşit olmalıdır. Sınıf aralığı = Değişim aralığı/Sınıf sayısı ile belirlenir. 5. Değişim aralığı = (max veri değeri) - (min veri değeri) 6. Sınıf sayısı değerinin bulunması için birkaç yöntem bulunmaktadır. Genelde Sturges kuralına uyulması tavsiye edilmektedir. 7. Bu kuralda sınıf sayısı = $1 + 3,32 \log(n)$ n=veri sayısı Histogram, süreçteki değişkenliğin şeklini göstermek, sürecin davranışında herhangi bir problem var ise bunu iyileştirme çabaları üzerine yönelmek amacıyla kullanılır.

Serpilme (Dağılma) Diyagramı: Üretilen ürünün kalitesini etkileyen herhangi iki özellik arasında ilişki olup olmadığını belirlemek üzere kullanılan istatistiki bir yöntemdir. Kaliteyi etkileyen iki özellik arasındaki ilişkinin derecesini ve yönünü grafik ile gösteren bir teknik olarak tanımlanmaktadır (Özdamar, 1997: 204). Grafikte X bağımsız değişkeni Y bağımlı değişkeni ifade etmektedir. Her bir X değeri için Y değerleri de grafiğe işaretlenir ve ilişkinin nasıl olduğu incelenir. Serpilme diyagramında genel olarak X artarken Y değeri de artarsa pozitif ilişki, X artarken Y değeri azalır ise iki özellik arasında negatif bir ilişki, değişkenlerden

biri artarken diğerinde bir farklılık olmuyorsa iki özellik arasında herhangi bir ilişki olmadığı söylenir. Bu iki özellik arasında ilişki korelasyon katsayısı ile hesaplanmaktadır.

Pareto Analizi: Pareto analizi İtalyan ekonomist Wifredo Pareto'nun yaptığı araştırmaya dayanmaktadır. Bu araştırma aslında probleme neden olan etmenlerin sıralanarak önemli olanların çözümünden başlamayı esas alır. Önem sırası yüksek olan etmenlerin %20'si problemin %80'ini çözer mantığına dayanır. Bu nedenle bu yöntem 80-20 kuralı da denilmektedir. Bu hipotezi Dr. J. M. Juran prensipleştirmiş ve pareto prensibi olarak hayatın genelinde kullanılabilecek bir kural haline getirmiştir. (Köksal, 1998). Meydana gelen problemlerin oluşmasını sağlayan birçok alt neden vardır. Bu karmaşık nedenler kümesinde hangi sebebin problemin oluşumunda daha önemli hangisinin önemsiz olduğunu ayırt etmek aslında hayati önem taşımaktadır. Pareto analizi bu önemli sebepleri önemsizlerden ayırt edilmesini, önemli sebeplerin küçük bir kısmının ortadan kaldırılmasıyla problemin büyük ölçüde iyileşmesini sağlamaktadır. Bu açıdan yöntem, ilk olarak sebeplerin önem sırasına göre dizilmesiyle sağlanmaktadır (Smith, 1998: 31). Pareto analizine verilecek örneklerden bazıları şunlar olabilir; proses hatalarının %80'nini proses hatalarının %20'sinin oluşturması, firma gelirinin %80'inin çalışanların %20'si tarafından üretildiği, yaşanan üretim gecikmelerinin %80'inin gecikme nedenlerinden %20'sinden kaynaklandığı, müşterinin belirttiği memnuniyetsizliklerin %80'inin ürün veya hizmetlerin %20'sinden dolayı oluştuğu.

Öte yandan, herhangi bir araştırmada pareto analizi kullanılacaksa pareto grafiğinin çizimi için şu aşamalar takip edilebilir (Başaran, 2010). İlk olarak Süreçte meydana gelen hatalar tespit edilmeli. İkincisi olarak, belirli bir zaman aralığında ilgilenilen değerler ölçülmeli. Ölçülen bu değerler o zaman aralığında hatanın hangi sebepten ne kadar oluştuğunu ifade etmektedir. Üçüncü aşamada, belirlenen değerler büyükten küçüğe sıralanmalıdır. Dördüncü aşamada, her bir değer toplam veri içindeki yüzdesi bulunmalıdır. Ardından, yüzdelik değerlerin kümülatif toplamları hesaplanmalı. Son olarak ise, tasnif edilen veriler kullanılarak pareto grafiği çizilir.

Gruplandırma: Ürün veya hizmet üretimi sırasında birçok problem meydana gelebilir ve bu problemlere çözüm üretilmesini sağlayacak veriler toplanır. Toplanan verilerin karmaşıklığını giderebilmek ve probleme neden olan sebebi daha rahat görebilmek için bu verilerin belirli özelliklerine göre gruplandırılması gerekmektedir. Gruplandırma ise, verilerin değişkenlik kaynaklarına göre veya belirli özelliklerine göre kategorilere ayrılması işlemidir. Gruplandırma yöntemi genellikle diğer istatistiksel kalite kontrol teknikleri ile birlikte problem

çözümünde yardımcı bir araç olarak kullanılır; ancak problemin nasıl çözüleceğini söylemez (Uğur,1995).

Kontrol Grafikleri: Belirli ve eşit zaman aralığında elde edilen gözlem değerleri ile prosesin değişiminin gösterildiği grafiklere kontrol grafikleri denir. Kontrol grafiklerine bakarak prosesin istatistiksel olarak kontrol altında olup olmadığı hemen anlaşılabilir. Kontrol şeması, süreçte oluşan değişiklerin doğal nedenlerle oluşup oluşmadığını ayırt etmeye yarayan önemli bir tekniktir. Herhangi bir süreçte doğal değişkenler nedeniyle oluşabilecek değişikliklere ait limit sınırlarını belirlemek olanaklıdır. Eğer süreçteki değerler bu belirlenen sınırlar içerisinde çıkıyor ise doğal sebeplerle oluşmuştur demektir fakat sınırlar dışına çıkıyor ise süreçte bir problem vardır ve kontrol altın alınmalıdır (Başkan, 1995: 47). Kontrol grafiklerinin kullanım amaçları şöyle sıralanabilir; üretim sürecinde yer alan ürün için belirlenmiş olan kalite kriterlerinden olası sapmaları tespit etmek ve süreci iyileştirmek, üretim sürecindeki zaman içerisinde merkez hattından olası sapmaları belirlemek, süreç yeterliliğini tespit etmek ve takip eden süreç için kalite tahmini yapmak. Kontrol grafikleri kendi içinde, uygulama alanı açısından verinin türüne göre nicel ve nitel kontrol grafikleri olmak üzere iki gruba ayrılmıştır.

Kalite parametreleri ölçülebiliyor ise nicel kontrol grafiği, ölçülemiyor hatalı-hatasız olarak ayrılıyor ise nitel kontrol grafiği kullanılır (Oktay, 1998: 102). Nicel Kontrol Grafikleri(Ölçülebilir): X (Ortalama) Grafiği, R (Açıklık (range) Grafiği, S (Standart Sapma) grafiği şeklindedir. Nitel Kontrol Grafikleri(Ölçülemeyen) ise p (Kusurlu Oran) Grafiği, NP (Kusurlu Sayısı) Grafiği, C (Örnek Başına Kusur Sayısı) Grafiği ve U (Birim Başına Kusur Sayısı) Grafiği olarak ifade edilebilir. Kontrol grafiklerinde bulunan noktaların belirlenen kontrol limitleri içerisinde olması yeterli değildir. Bulunan noktalar kontrol limitlerine doğru periyodik olarak artış gösteriyor veya azalıyor ise kontrol limit değerleri tekrar hesaplanabilir. Ya da noktaların ortalamanın çok yakınında bulunması kontrol limitlerinin tekrar gözden geçirilmesi gerektiğinin bir göstergesidir (Top, 2001).

3.2.Gri İlişkisel Analiz

Gri ilişkisel analiz (GİA), gri sistem teorisi kullanılarak geliştirilmiş, Gri ilişkisel derece temeline dayanan bir sınıflama, derecelendirme ve karar verme tekniğidir (Wen, 2004). Çok değişkenli istatistikî durumlarda dağılım cinsi ayırt etmeksizin, temel veri seti ile işlem yapabilen ve belirsizlikler sebebi ile modellenme güçlüğü bulunan problemlerde gri teori tavsiye edilmektedir (Üstünışık, 2007). Gri teoriyi temel alan GİA kesinlik gerektirmeyen ve belirsiz durumlarda kullanılabilen işletme yöneticilerine doğru ve etkili kararın verilmesinde

yardımcı olan ÇKKV yöntemidir (Chang ve Tong, 2007). GİA, etmenler arası karmaşık ilişkilerin bulunduğu karar problemlerine uygulanabilen bir çözüm tekniğidir. Bundan dolayı karar verme problemlerinin çözümünde hem tek başına hem de diğer yöntemlerle birlikte nicel veya nitel veri setlerinde kullanılabilir. Uygulama alanı olarak grup kararının da etkili olduğu bir yöntemdir (Köse vd., 2013). GİA yönteminin altı adımdan oluştuğu söylenebilir. Birinci adım, kullanılacak veri setinin ve karar matrisinin oluşturulması. m ifadesinin alternatifleri, n 'in ise kriterleri temsil ettiği bir $m \times n$ 'lik karar matrisi aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$X = \begin{pmatrix} X_1(1) & X_1(2) & \dots & X_1(n) \\ X_2(1) & X_2(2) & \dots & X_2(n) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_m(1) & X_m(2) & \dots & X_m(n) \end{pmatrix}$$

İkinci adım, referans seri ve karşılaştırma matrisi oluşturulur. Karar probleminde faktörleri kıyaslamak üzere belirlenecek referans seri aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$X_0 = (x_0(j)) \quad j=1,2,\dots,n$$

Burada $x_0(j)$, j . Kriterin normalize değerler içindeki en büyük değerini göstermektedir.

Referans seri karar matrisine ilk satır olarak eklenerek karşılaştırma matrisi oluşturulur.

Üçüncü adımda, karar matrisinin normalize edilip buna ilişkin normalizasyon matrisi oluşturulur. Normalizasyon, serinin amaç fonksiyonuna gösterdiği etkiye göre fayda, maliyet ve optimal durum olmak üzere üçe ayrılır.

Fayda durumunda; $X_i = (x_i(j) - \min x_i(j)) / (\max x_i(j) - \min x_i(j))$,

Maliyet durumunda; $X_i = (\max x_i(j) - x_i(j)) / (\max x_i(j) - \min x_i(j))$,

Optimal durumda; $X_i = |x_i(j) - x_{ob}(j)| / (\max x_i(j) - x_{ob}(j))$ formülleri kullanılır.

Dördüncü adımda, mutlak değer tablosunu oluşturulur. Kriterlerin katsayı farklılıkları hesaplanır. Katsayı farklılığı sıra sayısı ile referans değeri arasındaki farktır.

$$\Delta_{0i} = |x_0(j) - x_i(j)|$$

Beşinci adımda, gri ilişkisel katsayı matrisi oluşturulur.

$$Y_{0i}(j) = (\Delta_{\min} + \zeta \Delta_{\max}) / (\Delta_{0i}(j) + \zeta \Delta_{\max})$$

$$\Delta_{\max} = \max \Delta_{0i}(j) \quad | \quad \Delta_{\min} = \min \Delta_{0i}(j)$$

ζ parametresi ayırıcı katsayıdır ve $[0,1]$ aralığında değerler alır. Kullanılmasındaki amaç, Δ_{0i} ile Δ_{\max} arasındaki farkı ayarlamaktır. $\zeta=1$ iken ayırıcılık üst seviyede iken,

$\zeta=0$ için zıtlığın olmadığı bir durumu gösterir. Literatürde genel olarak $\zeta=0,5$ olarak alınmaktadır (Baş, 2010).

Son adımda ise, gri ilişkisel dereceler hesaplanır. Gri ilişkisel dereceler kriterlerin eşit öneme sahip olmasına ya da farklı önem derecelerini göstermek üzere ağırlıklandırılmasına göre iki farklı şekilde hesaplanır (Zhai vd., 2009:7076);

Kriterler eşit öneme sahipse; $T_{0i}=1/n \sum_{j=1}^n \gamma(j)$ formülüyle,

Kriterler farklı ağırlıklara sahipse; $T_{0i}= \sum_{j=1}^n [w_i(j) \cdot \gamma(j)]$ formülüyle hesaplanır.

Gri ilişkisel dereceler büyükten küçüğe doğru sıralanır. En yüksek gri ilişkisel dereceye sahip alternatif, karar problemi için en iyi alternatif olarak belirlenmiş olur.

4. Uygulama

4.1.İşletme Tanıtımı ve İşin Genel Akışı

Firma binalara beton dış cephe kaplama yapmaktadır. Betonun cinsi müşteri isteğine göre değişmektedir (Kabuk, Isı Yalıtımlı vb.). Müşterinin talebine göre mimarlar tarafından tasarımlar yapılmakta ve üretime geçilmektedir. İşletme hem ihracat hem de iç piyasa için üretim yapmaktadır. İşletme sipariş bazlı çalışmaktadır. Firmanın genel standart kalite spesifikasyonları belirlidir ayrıca her proje için müşteri istekleri ve siparişine göre kalite spesifikasyonlarına eklemeler yapılmaktadır ve üretilen malzemeler bu standartlara göre kontrol edilmektedir. Malzemenin hammadde halinden üretimine, stoklanmasına ve sevğine kadar bütün süreçler takip edilmekte ve oluşan hatalar bir uygunsuzluk formuna kaydedilmektedir. Bu uygunsuzluk formunu bütün bölümler hem kendileriyle alakalı hem de müşterisi oldukları bölümle alakalı doldurma yetkisine sahiptir. Uygunsuzluk formunda hatanın tanımı, gerçekleşme tarihi, hatayı düzeltici faaliyet, hatanın olduğu yer, hatayı tespit eden bölüm gibi birçok bilgi yer almaktadır.

Müşterinin isteklerine göre mimari grup projeyi tasarlarlar. Müşteriden onay alındıktan sonra mimari grup firmaya siparişi geçerler. Siparişi geçilen ürünün üretim planlaması yapılır ve bu üretim planına göre her bölüm kendi planını oluşturmaktadır. Üretime göre malzeme siparişleri verilmekte, üretim yardımcı elemanların siparişleri verilmekte, çalışma planı oluşturulmaktadır. Bütün alt yapılar oluşturulduktan sonra üretim plana göre başlamaktadır. Üretilen ürünler üretim fabrikasından hemen sevk edilmemektedir. Malzemelerin sevke hazırlık süreçleri vardır. Bu hazırlık süreçleri de tamamlandıktan sonra sevkiyat bölümü malzemeleri sevkiyat alanında sevke hazır bir biçimde istiflemektedir. İstiflenen malzemeler şantiyenin

istediği zamana göre sevk edilmektedir. Şantiyeye sevk edilen malzemelerin montaj ekipleri tarafından binaya montajı yapılmaktadır ve proje bitiminde müşteriye teslim edilmektedir.

4.2.Uygulamada Kullanılan Yöntemler

Firmada son bir yılda meydana gelen hatalar listelenmiştir. İlk olarak fabrikada meydana gelen hatalar, ikinci olarak fabrika bölümleri, daha sonra ise bölümlerden elde edilen sonuca göre %80'e tekabül eden bölümlere pareto analizi uygulanmıştır. Pareto analizinden çıkan sonuçlara göre sebep sonuç diyagramı ile hataların nedenleri tespit edilmiştir. Elde bulunan verilerle diğer istatistiksel kalite kontrol tekniklerinin uygulaması mümkün olmadığından kullanılamamıştır. Bunun yanı sıra problemin çözümünü sağlamak için istatistiksel kalite kontrol araçlarının yanı sıra literatüre katkı sağlamak amacıyla çok kriterli karar verme tekniklerinden gri ilişkisel analiz tekniği tüm fabrikada meydana gelen hatalara uygulanmıştır. Bu analiz sonucunda en çok hata bulunan bölüme ait pareto analizi ve sebep sonuç diyagramları çıkarılarak probleme neden olan hatalar açıkça gösterilmiştir.

5. Bulgular

İşletmede oluşan hatalar fabrikada bulunan bölümlere göre gruplandırma tekniği ile gruplandırılmıştır ve Tablo 1'de gösterilen sonuca ulaşılmıştır.

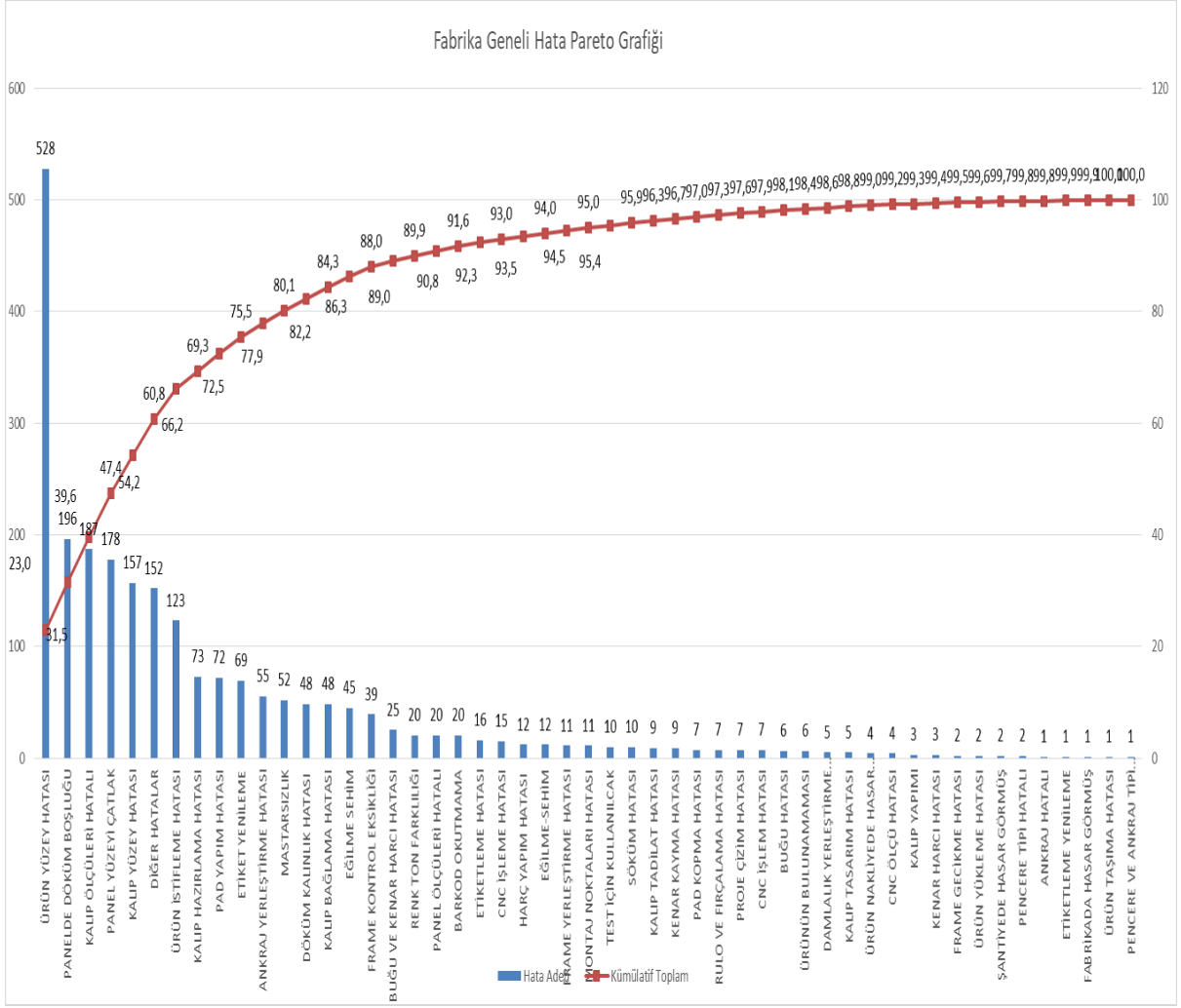
Tablo 1. Fabrika Bölümlerinin Hata Sayılarına Göre Gruplandırılması

Bölüm	Hata Adeti	Bölüm	Hata Adeti
Şantiye	5	Frame	52
İdari	7	Diğer	100
Planlama	7	Söküm-bakım	314
Proje	7	Kalıphane	592
Laboratuvar	15	Döküm	1160
Sevkiyat	40	Genel Toplam	2299

Tablo 1 incelendiğinde, gruplandırma sonucunda fabrikada en fazla hatanın döküm bölümünde çıktığı ve bu bölümdeki yapılacak iyileştirmelerin diğer bölümlere göre daha öncelikli olması gerektiği anlaşılmaktadır. Pareto analizi, gri ilişkisel analiz yöntemlerini desteklemektedir.

Öte yandan, işletmenin son bir yıllık uygunsuzluk verileri incelenmiştir ve hangi bölümde hangi hatadan kaçar tane uygunsuzluk meydana geldiği çıkartılmıştır. Pareto analizi için gereken veriler hazırlanmıştır. Fabrikada bölüm ayırt etmeksizin meydana gelen uygunsuzluk verileri toplanmıştır. Bunlar ışığında, Şekil 1'de verilen pareto grafiği Microsoft Excel programı kullanılarak çizilmiştir.

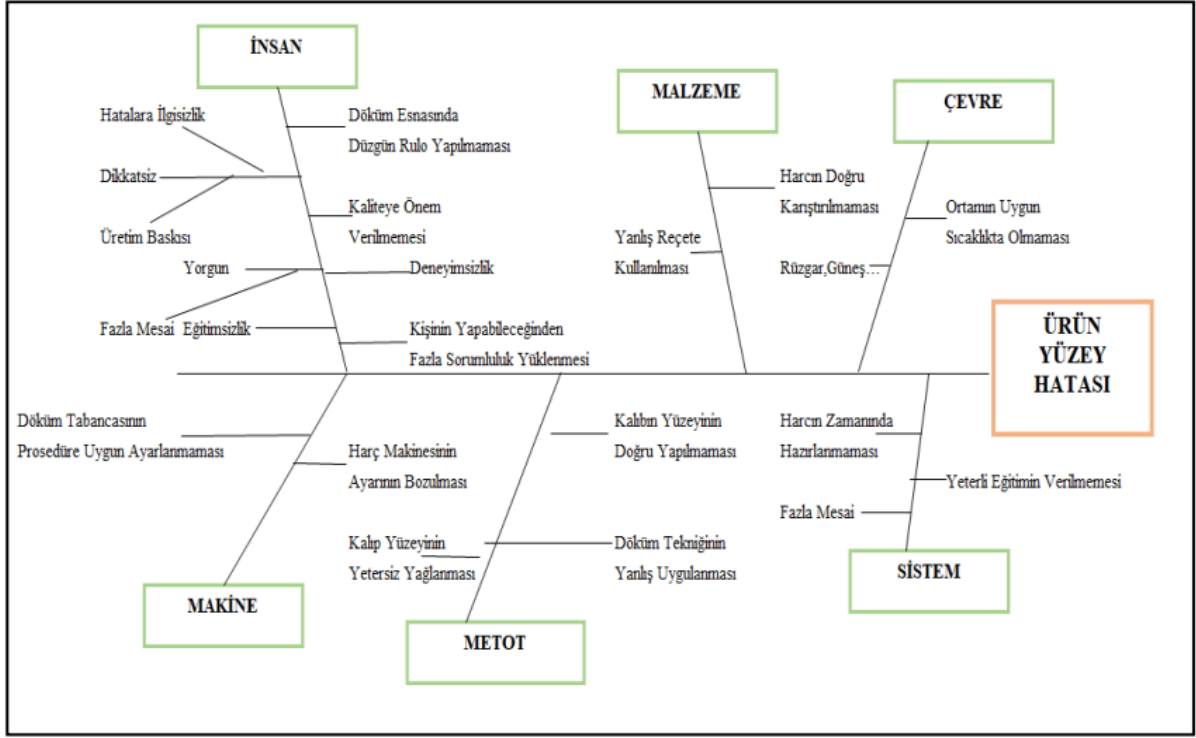
Şekil 1. Fabrika geneli hataların pareto grafiği



Şekil 1 incelendiğinde; fabrikada meydana gelen tüm uygunsuzluklara bakıldığında toplam 51 çeşit uygunsuzluk türünden ilk 12 adet hata türü tüm hataların yaklaşık %80'ini oluşturmaktadır. İşletmenin uygunsuzlukların oluşmaması için alınacak önlemlerde ilk olarak bu 12 çeşit hataya öncelik vermesi gerekmektedir. Grafığe bakıldığında fabrikada en yüksek seviyede meydana gelen hata ürün yüzey hatasıdır.

Ürün yüzey hatası; malzemenin yüzeyinde leke, dalgalanma, iz, aşınma olması, malzeme yüzeyinde kırık, boşlukların olması olarak tanımlanmaktadır. Bu hata türü için beyin fırtınası tekniği kullanılarak hatanın sebebi irdelenmiş ve bu operasyon için Şekil 2'de yer alan neden sonuç diyagramı hazırlanmıştır.

Şekil 2. Ürün Yüzey Hatası Sebep Sonuç Diyagramı



Şekil 2’de, ürün yüzey hatasının oluşmasına etki eden faktörlerin altı ana başlık altında toplandığı sonucu görülmektedir. Ayrıca, ilgili şekilde ürün yüzey hatasının oluşmasına neden olan en önemli faktörün insan olduğu anlaşılmaktadır.

5.1.Gri İlişkisel Analiz Yöntemi İle Bölümlerin Hatalara Göre Sıralanışı

Hatanın en çok oluştuğu bölümü bulmak ve hata sayısına göre sıralama yapmak amacıyla ayrıca, çok kriterli karar verme tekniklerinden gri ilişkisel analiz yöntemi uygulanmıştır. Alternatif olarak fabrikada bulunan on bir adet bölüm belirlenmiştir ve kriterleri de fabrikada meydana gelen kırk sekiz hata oluşturmaktadır. Bu çerçevede adım adım aşağıdaki gibi gri ilişkisel analiz yöntemi aşamaları ilgili hata verilerine uygulanmıştır.

Adım 1. Temel Veri Setinin İfade Edilmesi ve Çözüm Modelinin Gösterilmesi: Fabrikadaki bölümlerde oluşan hata sayıları Tablo 2’de işlenerek temel veri seti oluşturulmuştur. Tablo 2’de ilgili hata sayılarının çok uzun olmasından sadece bir kısmı gösterilmektedir.

Tablo 2. Temel Veri Setinin Hazırlanması ve Karar Matrisi

	Döküm	Kalıphane	Söküm-bakım	Diğer	Frame	Sevkiyat	Laboratuvar	İdari	Planlama	Proje	Şantiye
Temel Veri Setinin Hazırlanması	Ankraj hatalı	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ankraj yerleştirme hatası	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Barkod okutmama	17	0	0	0	0	0	0	1	2	0
	Buğu hatası	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Buğu ve kenar harcı hatası	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cnc işlem hatası	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cnc ölçü hatası	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
	Damlalık yerleştirme hatası	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Diğer hatalar	26	33	32	30	12	7	5	3	4	0
	Döküm kalınlık hatası	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Eğilme sehim	0	0	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Etiket yenileme	1	0	14	50	0	1	0	3	1	0	0	0
Etiketleme hatası	11	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Fabrikada hasar görmüş	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frame gecikme hatası	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Frame kontrol eksikliği	21	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0
Frame yerleştirme hatası	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Harç yapım hatası	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kalıp bağlama hatası	0	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kalıp hazırlama hatası	4	69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kalıp ölçüleri hatalı	0	187	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kalıp tadilat hatası	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Adım 2. Referans Seri ve Karşılaştırma Matrisi: Referans değeri olarak hataların maksimum değeri seçilmiştir. Amaç hangi bölümde hata miktarının en fazla olduğunu bulabilmektir. Tablo 3'te referans serinin ve karşılaştırma matrisinin bir kısmı görülmektedir.

Tablo 3. Referans Serinin ve Karşılaştırma Matrisinin Oluşumu

	Referans seri	Döküm	Kaliphane	Söküm -bakım	Diğer	Frame	Sevkiyat	Laboratuvar	İdari	Planlama	Proje	Şantiye
Ankraj hatalı	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ankraj yerleştirme hatası	55	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Barkod okutmama	17	17	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0
Buğu hatası	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Buğu ve kenar harcı hatası	25	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cnc işlem hatası	22	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cnc ölçü hatası	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Damlalık yerleştirme hatası	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diğer hatalar	33	26	33	32	30	12	7	5	3	4	0	0
Döküm kalınlık hatası	48	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eğilme sehim	57	0	0	57	0	0	0	0	0	0	0	0
Etiket yenileme	50	1	0	14	50	0	1	0	3	1	0	0
Etiketleme hatası	11	11	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
Fabrikada hasar görmüş	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Frame gecikme hatası	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Frame kontrol eksikliği	21	21	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0
Frame yerleştirme hatası	10	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Harç yapım hatası	12	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kalıp bağlama hatası	48	0	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kalıp hazırlama hatası	69	4	69	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kalıp ölçüleri hatalı	187	0	187	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kalıp tadilat hatası	9	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Adım 3. Normalizasyon İşlemi ve Normalizasyon Matrisinin Oluşturulması: Hata değeri maksimum olacak şekilde normalizasyon matrisi ilgili fayda durumu formülü uygulanarak oluşturulmuştur. Tablo 4 'te normalizasyon matrisinin bir kısmı gösterilmiştir.

Tablo 4. Normalizasyon Matrisi

	Referans seri	Döküm	Kaliphane	Söküm -bakım	Diğer	Frame	Sevkiyat	Laboratuvar	İdari	Planlama	Proje	Şantiye
Ankraj hatalı	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ankraj yerleştirme hatası	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Barkod okutmama	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,12	0,00	0,00
Buğu hatası	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Buğu ve kenar harcı hatası	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Cnc işlem hatası	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cnc ölçü hatası	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Damlalık yerleştirme hatası	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diğer hatalar	1,00	0,79	1,00	0,97	0,91	0,36	0,21	0,15	0,09	0,12	0,00	0,00	0,00
Döküm kalınlık hatası	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Eğilme sehim	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Etiket yenileme	1,00	0,02	0,00	0,28	1,00	0,00	0,02	0,00	0,06	0,02	0,00	0,00	0,00
Etiketleme hatası	1,00	1,00	0,00	0,00	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fabrikada hasar görmüş	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Frame gecikme hatası	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Adım 4. Mutlak Değer Tablosunun Oluşturulması: Referans seriden bölümlere ait hata adetleri çıkarılarak (6) mutlak değer tablosu oluşturulmuştur. Tablo 5 'te mutlak değer tablosunun bir kısmı gösterilmiştir.

Tablo 5. Mutlak Değer Tablosu

	Döküm	Kaliphane	Söküm-bakım	Diğer	Frame	Sevkiyat	Laboratuvar	İdari	Planlama	Proje	Şantiye
Ankraj hatası	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Ankraj yerleştirme hatası	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Barkod okutmama	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,94	0,88	1,00	1,00
Buğu hatası	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Buğu ve kenar harcı hatası	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Cnc işlem hatası	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Cnc ölçü hatası	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Damlalık yerleştirme hatası	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Diğer hatalar	0,21	0,00	0,03	0,09	0,64	0,79	0,85	0,91	0,88	1,00	1,00
Döküm kalınlık hatası	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Eğilme sehim	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Etiket yenileme	0,98	1,00	0,72	0,00	1,00	0,98	1,00	0,94	0,98	1,00	1,00
Etiketleme hatası	0,00	1,00	1,00	0,55	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Fabrikada hasar görmüş	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Frame gecikme hatası	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Adım 5. Gri İlişkisel Katsayı Matrisinin Oluşturulması: Mutlak değer tablosundaki maksimum değer Δ_{max} , minimum değer Δ_{min} , Z değeri de 0,5 alınmıştır. Tablo 6'da gri ilişkisel katsayı matrisinin bir kısmı gösterilmiştir. İlgili formül (7), (8), (9) uygulanarak her bir bölüme ait gri ilişkisel katsayı matrisi değerleri bulunup bölümlerin hata türüne göre kıyaslanabilmesi sağlanmıştır.

Tablo 6. Gri İlişkisel Katsayı Matrisi

	Döküm	Kaliphane	Söküm-bakım	Diğer	Frame	Sevkiyat	Laboratuvar	İdari	Planlama	Proje	Şantiye	Δ_{max}	Δ_{min}	Z
Ankraj hatası	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	1,00	0,00	0,5
Ankraj yerleştirme hatası	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33			
Barkod okutmama	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,35	0,36	0,33	0,33			
Buğu hatası	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33			
Buğu ve kenar harcı hatası	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33			
Cnc işlem hatası	0,33	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33			
Cnc ölçü hatası	0,33	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33			

Damlalık yerleştirme hatası	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33			
Diğer hatalar	0,70	1,00	0,94	0,85	0,44	0,39	0,37	0,35	0,36	0,33	0,33			
Döküm kalınlık hatası	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33			
Eğilme sehim	0,33	0,33	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33			
Etiket yenileme	0,34	0,33	0,41	1,00	0,33	0,34	0,33	0,35	0,34	0,33	0,33			
Etiketleme hatası	1,00	0,33	0,33	0,48	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33			
Fabrikada hasar görmüş	0,33	0,33	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33			
Frame gecikme hatası	0,33	0,33	0,33	0,33	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33			

Adım 6. Gri İlişkisel Derecelerin Hesaplanması: Her bir bölümün hata türleri karşısında aldığı katsayı değerleri toplanıp ve bu değerlerin ortalaması alınarak T değerleri hesaplanmıştır (10). Bulunan T değerine Tablo 7’ de verildiği gibi büyükten küçüğe sıralama yapılmıştır. En büyük değer hatanın en çok olduğu bölümü ifade etmektedir. (Her bir kriterin ağırlığı eşit kabul edilmiştir.)

Tablo 7. Gri İlişkisel Derecelerin Hesaplanması

	Döküm	Kaliphane	Söküm-bakım	Diğer	Frame	Sevkiyat	Laboratuvar	İdari	Planlama	Proje	Şantiye
Ankraj hatalı	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Ankraj yerleştirme hatası	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Barkod okutmama	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,35	0,36	0,33	0,33
Buğu hatası	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Buğu ve kenar harcı hatası	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Cnc işlem hatası	0,33	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Cnc ölçü hatası	0,33	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Damlalık yerleştirme hatası	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Diğer hatalar	0,70	1,00	0,94	0,85	0,44	0,39	0,37	0,35	0,36	0,33	0,33
Döküm kalınlık hatası	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Eğilme sehim	0,33	0,33	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Etiket yenileme	0,34	0,33	0,41	1,00	0,33	0,34	0,33	0,35	0,34	0,33	0,33
Etiketleme hatası	1,00	0,33	0,33	0,48	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Fabrikada hasar görmüş	0,33	0,33	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Frame gecikme hatası	0,33	0,33	0,33	0,33	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Frame kontrol eksikliği	1,00	0,33	0,33	0,33	0,78	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Frame yerleştirme hatası	1,00	0,33	0,33	0,33	0,36	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
.....
.....
T	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	5,00	6,00	7,00	7,00	6,00	6,00

5.2.Döküm Bölümü Pareto Analizi:

Döküm bölümünde son bir yılda oluşan uygunsuzluk ve adetleri incelenmiş ve Tablo 8’ de verildiği gibi listelenmiştir. Bu uygunsuzlukların pareto analizi çıkartılıp firmanın hangi hataya öncelik vermesi gerektiği çıkartılacaktır.

Döküm Bölümü Oluşan Hatalar	Hata Adeti	Döküm Bölümü Oluşan Hatalar	Hata Adeti
Ürün yüzey hatası	461	Etiketleme hatası	11
Panelde döküm boşluğu	191	Frame yerleştirme hatası	10
Panel yüzeyi çatlak	119	Kenar kayma hatası	8
Pad yapım hatası	56	Pad kopma hatası	7
Ankraj yerleştirme hatası	55	Rulo ve fırçalama hatası	7
Döküm kalınlık hatası	48	Buğu hatası	6
Mastarsızlık	27	Damlalık yerleştirme hatası	5

Diğer hatalar	26	Kalıp hazırlama hatası	4
Buğu ve kenar harcı hatası	25	Ürün istifleme hatası	2
Frame kontrol eksikliği	21	Ankraj hatalı	1
Renk ton farklılığı	20	Etiketleme yenileme	1
Panel ölçüleri hatalı	18	Montaj noktaları hatası	1
Barkod okutmama	17	Söküm hatası	1
Harç yapım hatası	12	Genel toplam	1160

Tablo 8. Döküm Bölümüne Ait Hata Tablosu

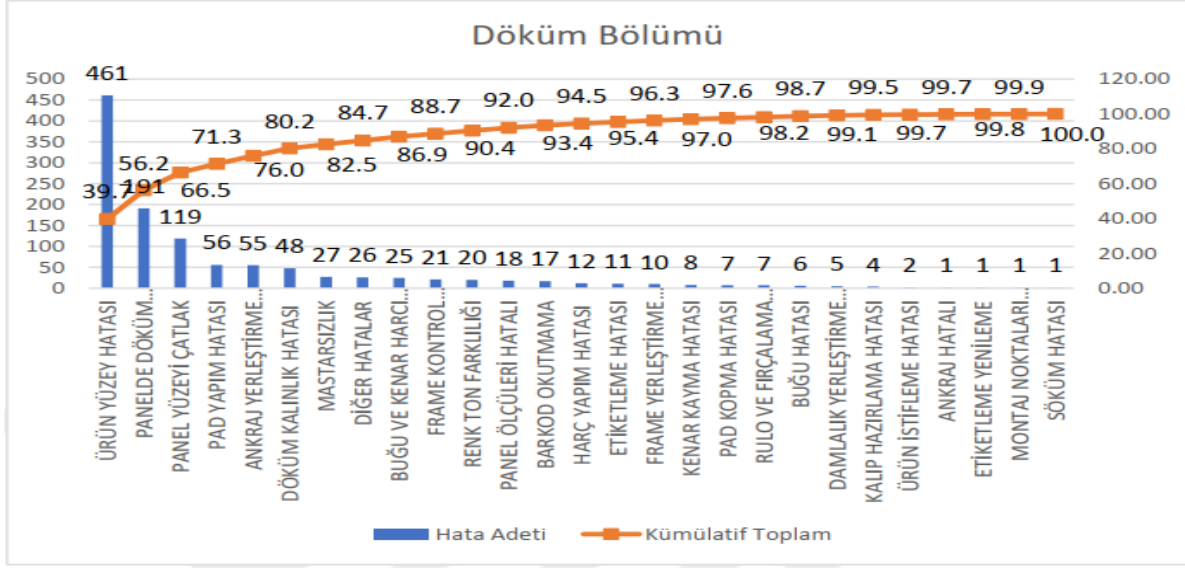
Döküm bölümüne ait uygunsuzlukların hata yüzdeleri ve kümülatif toplamı aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 9. Döküm Bölümündeki Hataların Yüzdeleri ve Kümülatif Toplamları

Hata Tanımı	Hata Adeti	Hata Yüzde Oranı %	Kümülatif Toplam
Ürün yüzey hatası	461	39,74	39,74
Panelde döküm boşluğu	191	16,47	56,21
Panel yüzeyi çatlak	119	10,26	66,47
Pad yapım hatası	56	4,83	71,29
Ankraj yerleştirme hatası	55	4,74	76,03
Döküm kalınlık hatası	48	4,14	80,17
Mastarsızlık	27	2,33	82,50
Diğer hatalar	26	2,24	84,74
Buğu ve kenar harcı hatası	25	2,16	86,90
Frame kontrol eksikliği	21	1,81	88,71
Renk ton farklılığı	20	1,72	90,43
Panel ölçüleri hatalı	18	1,55	91,98
Barkod okutmama	17	1,47	93,45
Harç yapım hatası	12	1,03	94,48
Etiketleme hatası	11	0,95	95,43
Frame yerleştirme hatası	10	0,86	96,29
Kenar kayma hatası	8	0,69	96,98
Pad kopma hatası	7	0,60	97,59
Rulo ve fırçalama hatası	7	0,60	98,19
Buğu hatası	6	0,52	98,71
Damlalık yerleştirme hatası	5	0,43	99,14
Kalıp hazırlama hatası	4	0,34	99,48
Ürün istifleme hatası	2	0,17	99,66
Ankraj hatalı	1	0,09	99,74
Etiketleme yenileme	1	0,09	99,83
Montaj noktaları hatası	1	0,09	99,91
Söküm hatası	1	0,09	100,00
Genel Toplam	1160	100,00	

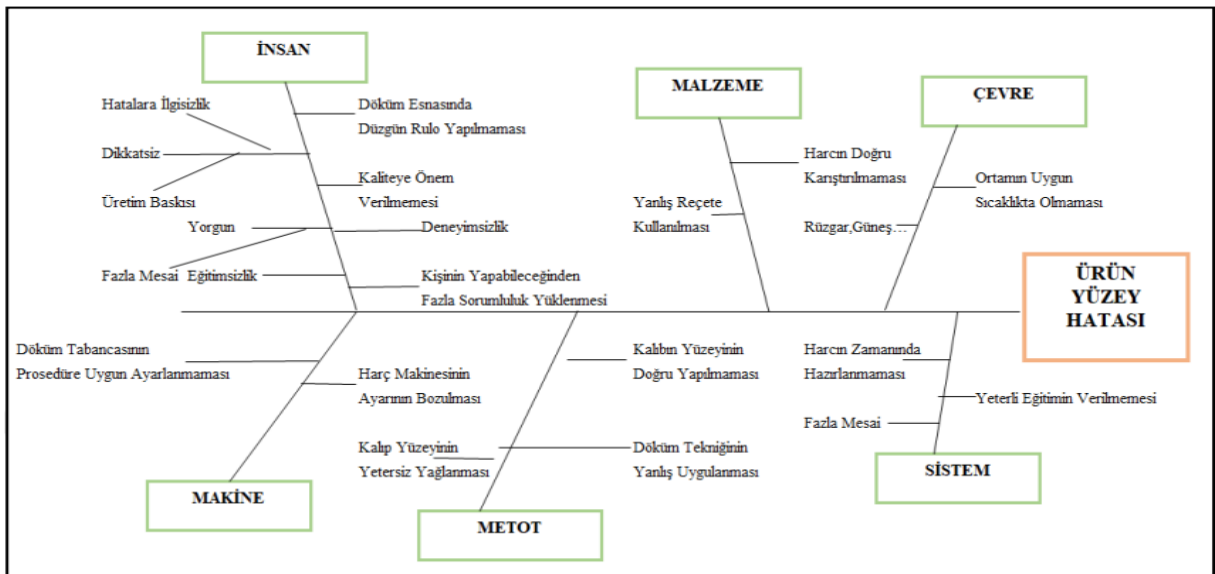
Bu verilere göre döküm bölümündeki hataların pareto grafiği şekilde gösterilmiştir.

Şekil 3. Döküm Bölümü Pareto Grafiği



Döküm bölümünde gerçekleşen tüm uygunsuzluklara bakıldığında yaklaşık %80'i ilk altı hatadan kaynaklanmaktadır. Bunların da yaklaşık %40'ı ilk hatadan kaynaklanmaktadır. Firma ilk hata yani ürün yüzey hatasının oluşma nedenlerini ortadan kaldırırsa %40'lık bir iyileşme olacaktır. Pareto diyagramının sonucunda döküm bölümünde en yüksek seviyede meydana gelen hata ürün yüzey hatasıdır. Ürün yüzey hatası; malzemenin yüzeyinde leke, dalgalanma, iz, aşınma olması, malzeme yüzeyinde kırık, boşlukların olması olarak tanımlanmaktadır. Bu hata türü için beyin fırtınası tekniği kullanılarak hatanın sebebi irdelenmiş ve bu operasyon için neden sonuç diyagramı hazırlanmıştır. Yapılan beyin fırtınası sonucu ürün yüzey hatasının oluşmasına etki eden faktörler altı ana başlık altında incelenmiş ve aşağıdaki grafikte görülen sonuçlar çıkmıştır. Grafikten ürün yüzey hatasının oluşmasına neden olan en önemli faktörün insan olduğu anlaşılmaktadır.

Şekil 4. Ürün Yüzey Hatası Sebep Sonuç Diyagramı



6. Sonuç ve Öneriler

İstatistiksel kalite kontrol, ürün veya hizmet sunan işletmelerin yaşadığı problemlerin tespitinde, problemlerin çözümünde ve iyileştirilmesinde önemli bir yere sahiptir. Çalışmada firmada meydana gelen hatalar incelenmiş, pareto analizi ile de en fazla hatanın fabrika genelinde hangisi olduğu, gri ilişkisel analiz yöntemi ile hangi bölümde en fazla hataların yaşandığı ve en fazla probleme sahip bölümlerde hangi hataların fazla olduğu pareto analizi ile belirlenmiştir. Pareto analizleri sonuçlarına göre de en fazla hatanın olduğu kısmı belirlemek için neden sonuç diyagramları yetkililer ile birlikte yapılan çalışma ile çizilmiştir. İşletmenin son bir yılda üretilen ürünlerinde görülen hata verileri toplanmıştır. Bu hatalar pareto analizi ile incelenerek fabrikanın önce hangi hataya öncelik vermesi gerektiği bulunmuştur. Bu pareto analizine göre fabrika genelinde en çok çıkan hatanın % 23 oran ile ürün yüzey hatası olduğu bu hatayı %8,5 oran ile panelde döküm boşluğu, %8,1 oran ile kalıp ölçüleri hatası ve %7,7 oran ile panel yüzeyinin çatlak olması takip etmektedir. Bu dört hatanın birikimli yüzdesi yaklaşık %50'dir. Firma bu dört hata üzerinde yoğunlaşır çözerse toplam hataların %50'sinden kurtulmuş olacaktır. Öte yandan, ürün yüzey hatası değerlendirilip hata sebepleri ve çözümleri incelenmiştir. Pareto analizi sonucunda %23 oran ile en yüksek seviyede çıkan hatanın ilk olarak ne gibi hatalar olduğuna bakılmıştır. Makine, malzeme, insan, metot, çevre ve sistem başlıkları altında incelenen hata için en çok insan faktörünün etkili olduğu görülmüştür. Fabrika bölümlerinde meydana gelen hatalardan dolayı hangi bölüme öncelikle müdahale edilmesi kararının verilebilmesinde çok kriterli karar verme tekniklerinden gri ilişkisel analiz tekniği kullanılmıştır. Gri ilişkisel analiz tekniği sonucunda ilk müdahale edilmesi gereken bölüm döküm ikinci sırada kalıphane ve üçüncü sırada sökülme-bakım bölümü çıkmıştır.

Diğer yandan, fabrika bölümlerinin de kendi içinde hangi hataya öncelik vermesi gerektiğini bulmak için gri ilişkisel analiz ile karar verilen ilk üç bölümde meydana gelen hatalara pareto analizi ile bakılmıştır. Döküm bölümünde pareto analizi ile %39,7 oranla ürün yüzey hatasının en yüksek seviyede çıktığı bu hatayı %16,7 oranla panelde döküm boşluğu hatası ve %10,26 oranla panel yüzeyi çatlak hatası takip etmektedir. Döküm bölümündeki yetkililer bu üç hataya öncelik verip çözüme kavuşturur ise döküm bölümünde meydana gelen hataların %66'sını çözmüş olacaktır. %39,7 oranı olan ürün yüzey hatası bölüm yetkilileri ile incelenip neden sonuç grafiği çizilmiştir. Makine, malzeme, insan, metot, çevre ve sistem başlıkları altında incelenen hata için en çok insan faktörünün etkili olduğu görülmüştür. Elde edilen bu sonuçlar Arslan (2019)' un hazır beton sektöründe yaptığı çalışmayla paraleldir. Diğer deyişle, edilen hataların temel nedeni insan faktörü olduğu saptanmıştır. Öte yandan, bu

çalışmada elde edilen sonuçlar Özcan (2001)' in benzer sektörde yaptığı çalışma sonuçlarından kısmen farklılık göstermektedir. Çünkü Özcan(2001)'in yaptığı çalışmada hataların temel nedeni mekanik arızlarından kaynaklanırken bu çalışmada ise insan faktörü olmuştur.

Bu çalışmanın bilimsel açıdan katkısı değerlendirildiğinde; anlam bütünlüğü içerisinde iki farklı bilimsel yöntem kullanılmıştır. Literatürde yaygın olarak kullanılan istatistiksel kalite kontrol teknikleri ve çok kriterli karar verme tekniklerinden gri ilişkisel analizin hata analizinde kullanılabilirliği gösterilmiştir. Çalışmada pareto analizinin bulunan uygulamalarından farklı olarak gri ilişkisel analiz yöntemi ile bir arada kullanıldığı bütünlük bir yaklaşım sunularak literatüre katkıda bulunulmuştur. Çalışmanın firmaya katkısı; firmada yaşanan kalite problemlerine ait hatalar incelenmiş olup firmanın kalite problemlerini çözebilmek, hata maliyetlerini azaltabilmek ve müşteri memnuniyetsizliğini ortadan kaldırmak için aslında hangi hataya öncelikle müdahale etmesi gerektiği gösterilmiştir. Ayrıca, çalışma sektöre benzer problemler yaşanması durumunda problemi nasıl çözebileceklerine yönelik bir örnek nitelik taşımaktadır. Yapılan sebep sonuç grafiklerinin sonuçlarında hataların oluşmasına etki eden en önemli faktörün insan olduğu görülmüştür. Hataların minimize edilmesi ve kalitenin iyileştirilebilmesi için fabrikanın personel eğitimine önem vermesi gerekmektedir. Çalışma bu sonuçları ile firmanın üretim bölümüne, dolayısıyla firmaya büyük katkı sağlamıştır.

Çalışmada sadece hata adetlerine yer verilmiştir. Hataların maliyet boyutları katılarak daha kapsamlı bir çalışma yapılabilir. İstatistiksel kalite kontrol tekniği ile çok kriterli karar verme tekniklerinden gri ilişkisel analiz tekniği hibrit olarak kullanılmıştır. İleride yapılacak akademik çalışmalarda daha farklı ÇKKV tekniği veya teknikleri kullanılabilir. Bu araştırma üretim işletmesinde gerçekleştirilmiştir. Hizmet sektörü için farklı bir çalışma yapılabilir. Çalışmada elde edilen veri türlerinden dolayı istatistiksel kalite kontrol tekniklerinden pareto analizi, sebep sonuç diyagramı ve gruplandırma yöntemleri kullanılmıştır. Uygun veriler kullanılarak diğer yöntemlerinde kullanılması sağlanabilir.

Araştırmanın etik yönü

Yapılan bu çalışmada “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamında uyulması belirtilen tüm kurallara uyulmuştur. Yönergenin ikinci bölümü olan “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbiri gerçekleştirilmemiştir.

Bu araştırmanın etik kurul izni gerektirmeyen araştırmalardan olduğunu beyan ederim.

Çıkar çatışması beyanı

Bu çalışmada, sonuçları veya yorumları etkileyebilecek herhangi bir maddi veya diğer asli çıkar çatışması olmadığını beyan ederim.

Yazar katkı oranı

Elif Uyanık araştırmanın uygulaması için uygulama yeri belirleme, veri toplama, veri analizi ve araştırmanın yazımı aşamalarında katkıda bulunmuştur. İsmail Durak araştırma konusunun belirlenmesi, araştırmanın tasarlanması, rehberlik edilmesi, düzeltilmesi, analizlerin kontrolü, akademik yazım dilimine dönüşümü ve makale haline getirilmesi aşamalarında görev almıştır. Bunlar dışındaki aşamalarda yazarlar ortak katkı düzeyine sahiptir.

Kaynakça

- Aslan, D. (2003), *Kalite Kontrol*. İzmir: Mühendislik Fakültesi Basımevi.
- Aydın, Z. B. ve Kargı, V. S. A. (2018). *İstatistiksel Kalite Kontrol Teknikleri ile Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama*. Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi, 16(1), 41-63.
- Banks, J. (1989). *Principles of Quality Control*. New York: JohnWiley and Sons.
- Baş, M. (2010). İşletmelerde Finansal Başarısızlığın Öngörülmesinde Gri İlişkisel Analiz Tekniği, Tekstil ve Deri Sektöründe Bir Uygulama. Basılmamış Doktora Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kütahya.
- Başaran, N. (2010). Kalite İyileştirmede İstatistiksel Proses Kontrol Tekniklerinden Pareto Analizi Ve Gıda Sektöründe Bir Uygulama. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Başkan, S. (1997). *İstatistiksel Kalite Kontrolü*. İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi.
- Bayat, O. Altınçelep, Z. Kaymakoğlu, B. ve Altın, M. (2013). Hazır Beton Fabrikasında (Adana) İstatistiksel Kalite Kontrol Uygulaması. Practice of Statistical Control at Ready Mixed Concrete Plant in Adana.
- Bircan, H. ve Özcan, S. (2003). *Excel Uygulamalı Kalite Kontrol*. Sivas: Yargı Yayınevi.
- Birgören, B. (2015). *İstatistiksel Kalite Kontrolü*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık, 12-25.
- Bozkurt, R. ve Odaman, A. (1996). *ISO 9000 Kalite Güvence Sistemleri*. Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları.
- Büker, E. (2007). Toplam Kalite Yönetimi Anlayışı İle Altı Sigma Kalite Yönetimi Anlayışının Karşılaştırılması, Deniz Harp Okulu, Deniz Bilimleri Ve Mühendisliği Enstitüsü, İstanbul.

- Çakırkaya, M., & Acar, Ö. E. (2016). Bir üretim hattında meydana gelen hataların önem derecelerinin istatistiksel proses kontrol tekniklerinden pareto analizi ile belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 13(36), 272-288.
- Çetin, C. Akın, B. ve Erol, V. (2001) *Toplam Kalite Yönetimi ve Kalite Güvence Sistemi*, (2. Basım). İstanbul: Beta Basım Yayın.
- Devor, R. E. (1992). *Statistical Quality Design and Control*. NewYork: Mc Millan.
- Garvin'e Göre Kalitenin Sekiz Boyutu' <https://www.benimuhendisim.com/garvine-gore-kalitenin-8-boyutu/> Erişim Tarihi: 10.06.2023
- Halis, M. (2000). *Toplam Kalite Yönetimi ISO – 9000 Kalite Güvence Sistemi*. İstanbul: Beta Basım.
- Juran, J. (1989). *Juran on Leadership for Quality: An Executive Handbook*. New York: The Free Press.
- Kartal, M. (1999). *İstatistiksel Kalite Kontrolü*. Ankara: Şafak Yayınevi.
- Kaya, S. (2001). *Konfeksiyonda Kalite Kontrol*. İzmir: E.U. Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Uygulama Merkezi Yayını.
- Kıngır, S. (2006). *Toplam Kalite Yönetimi*. Ankara: Nobel Yayın.
- Kırık, B. (2017). *Bir Konfeksiyon İşletmesindeki Son Kontrol Hatalarının İstatistiksel Yöntemlerle Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi.
- Kovancı, A. (2001). *Toplam Kalite Yönetimi Fakat Nasıl?*. İstanbul: Sistem Yayıncılık.
- Köksal, H. (1998). *Toplam Kalite Yönetimi*. İstanbul: Dünya Yayıncılık.
- Köse, E. Aplaç, H. S. ve Kabak, M. (2013). Personel Seçimi İçin Gri Sistem Teori Tabanlı Bütünleşik Bir Yaklaşım. *Ege Academic Review*, 13(4), 461-471.
- Kurt, M. İ. (1995). *İstatistiksel Kalite Kontrol Yöntemleri ve Bir Uygulama* (Doctoral dissertation, Marmara Üniversitesi (Turkey)).
- Küçük, O. (2016). *Kalite kontrol ve kalite güvence sistemleri*. Ankara: Seçkin.
- Oktay, E. 1998. *Kalite Kontrol Grafikleri*. Erzurum: Şafak Yayınevi.
- Özcan, S. (2001). İstatistiksel Proses Kontrol Tekniklerinden Pareto Analizi ve Çimento Sanayiinde Bir Uygulama. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 2(2), 151-174

- Özdamar, İ. (2007). *Orman Ürünleri Endüstrisinde İstatistiksel Kalite Kontrol: Yonga Levha Üretiminde Bir Çalışma*. *Turkish Journal of Forestry*, 8(1), 79-91.
- Özgüvenç, D. (2011). Kalite problemlerinin sınıflandırılmasında çok kriterli Pareto Analizi. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özkaya, S. (2013). *Deri Çanta Üretiminde Kalite Sorunları ve Çözümüne Yönelik Uygulamalar*, Basılmamış Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Patır, S. (2009). *İstatistiksel Proses Kontrol Teknikleri VE KONTROL Grafiklerinin Malatya'daki Bir Tekstil (İplik Dokuma) İşletmesinde Bobin Sarım Kontrolüne Uygulanması*. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 9(18), 231-250.
- Russell, R. S. ve Taylor B. W. (2006). *Operations Management: Quality and Competitiveness in a Global Environment*, John Wiley and Son Inc, USA.
- Smith, G. (1998). *Statistical Process Control and Quality Improvement (Third Edition)*. New Jersey: Prentice Hall.
- Şimşek, M. (2000). Kalite Kavramının Tanımı ve Tarihsel Gelişimi. *Standard Dergisi*, 465, 35-37.
- Top, A. (2001). *Üretim Sistemleri, Analizi, Planlama ve Kontrolü*. İstanbul: Alfa Yayınları.
- Tsai, C. H., Chang, C. L. ve Chen, L. (2003). Applying Grey Relational Analysis to The Vendor Evaluation Model. *International Journal of the Computer, the Internet and Management*, 11(3), 45-53.
- TSE, (1996): TSE ISO 9000 Kalite Broşürü. Ankara. s. 3.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), (2011). İstatistiksel Kalite Kontrol Sorularla Resmi İstatistikler Dizisi-11, Ankara: TÜİK Yayınları, No:3616.
- Uğur, N. (1995). İstatistiksel Proses Kontrolü, KOSGEB Eğitim Merkezi (2. Baskı). Ankara: Yayın No: 24.
- Ungan, D. D. M. C. (2019). İstatistiksel süreç kontrolü: Bir çağrı merkezinde uygulama (Master's thesis, Sakarya Üniversitesi).
- Üstümşık, N. Z., (2007). Türkiye'deki İller ve Bölgeler Bazında Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması Araştırması: Gri İlişkisel Analiz Yöntemi ve Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Zhai, L. Y. Khoo, L. P. ve Zhong, Z. W. (2009). Design Concept Evaluation in Product Development Using Rough Sets and Grey Relation Analysis. *Expert System with Applications* 36, 7072-7079.

Wen, K. L. (2004). *Grey Systems: Modeling and Prediction*, Yang's Scientific Research Institute, USA.

Wong, K. (2011). Using an Ishikawa diagram as a tool to assist memory and retrieval of relevant medical cases from the medical literature. *Journal of Medical Case Reports*, 5, 120-123.