



SHAINİN DENEY TASARIMI İLE İPLİK MUKAVEMETLERİ ÜZERİNDE ÇIKTI DEĞİŞKENLİĞİNİN AZALTI LMASI

Mehmet Onur OLGUN*, Suat ÇİFTÇİ

Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

Anahtar Kelimeler	Öz
<i>Kalite, Dene y tasarımı, Shainin dene y tasarımı, Çıktı de ğişkenli ğinin azaltılması, De ğişken araştırması.</i>	Günümüzde rekabetin artması dolayısıyla iyi ürün veya kaliteli hizmet sunmak önemli bir problem haline gelmiştir. İşletmeler, kalite problemlerini gidermek ve müşteri memnuniyetini sağlamak amacıyla birçok yöntem e başvurmuştur. Bu yöntemlerden birisi de dene y tasarımıdır. Dene y tasarımı ile parametre de ğerleri ile çıktı de ğişkeni üzerinde de ğişimde azalma sa ğlanır. Bu çalışmada çıktı de ğişkenli ğini azaltmaya yönelik Shainin dene y tasarımı kullanılmıştır. Uygulama iplik üretimi yapan bir firmada yapılmıştır. Bu çalışmada işletmenin 30/1 PTR olarak isimlendirdi ği ipkiklerdeki çıktı de ğişkenli ği ele alınmıştır. İpliklerin mukavemetleri üzerindeki çıktı de ğişkenli ği neden olan faktörler elyaf uzunlu ğu, elyaf mukavemeti, büküm miktarı olarak belirlenmiştir.

REDUCTION OF OUTPUT VARIABILITY ON YARN STRENGTHS WITH SHAINİN'S EXPERIMENTAL DESIGN

Keywords	Abstract
<i>Quality, Design of experiment, Shainin design of experiment, Reduction of output variability, Variation searching.</i>	Today, due to increasing competition, providing good products or quality services has become an important problem. Businesses have resorted to many methods in order to solve quality problems and to provide customer satisfaction. One of these methods is the experimental design. With the experimental design, the parameter values and the change on the output variable are reduced. In this study, Shainin's experimental design is used to decrease the output variability. The application is carried out in a company that produces yarn. In this study, the output variability of the products which are named as 30/1 PTR are discussed. Factors that cause output variability on the strength of yarns have been determined as fiber length, fiber strength and twist quantity.

Alıntı / Cite

Olgun, M.O., Çiftci, S., (2019). Shainin Dene y Tasarımı İle İplik Mukavemetleri Üzerinde Çıktı De ğişkenli ğinin Azaltılması, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 7(3), 619-626.

Yazar Kimli ği / Author ID (ORCID Number)

M.O. Olgun , 0000-0002-7568-3235
S. Çiftci, 0000-0002-7568-3235

Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	26.02.2019
Kabul Tarihi / Accepted Date	10.07.2019
Yayın Tarihi / Published Date	15.09.2019

1. Giriř

Günümüzde sürekli olarak artan tüketim talebi nedeniyle firmalar kendilerini sıkı bir rekabetin içinde bulmuşlardır. Sürekli olarak artan rekabet, süreçlerin iyileştirilmesi ve sürekli olarak kontrol altında tutulması gereklili ğini ortaya çıkarmıştır ve firmaların bu ortamda varlığını sürdürebilmeleri için kalitenin sürdürülebilir olması gerekmektedir. Firmalar artık daha kaliteli ve daha az maliyetli ürünler sunmak zorunda kalmışlardır. Süreçleri iyileştirmek ve kaliteyi sürdürülebilir hale getirmek için birçok metot

bulunmaktadır. Bu metotlardan birisi de dene y tasarımıdır.

Dene y tasarımı, süreç davranışlarının takip edilmesi, üzerinde çalışılan ürünün kalite karakteristiklerinin belirlenmesi, süreç ve ürün tasarımlarının iyileştirmesi gibi alanlarda kullanılır. Dene y tasarımı teknikleri ile çıktılar üzerindeki de ğişimlerin azaltılması, ürün ve süreçten beklenen performansın elde edilmesi, ürünün önceden belirlenen spesifikasyonlara uyumu sa ğlanabilir. Dene y tasarımı, kaliteyi tasarım aşamasında sa ğlamanın bir yöntemidir. Dene y tasarımı yöntemlerinden birisi de

* İlgili yazar / Corresponding author, onurolgun@sdu.edu.tr ,+90-246-211-1452

Shainin deney tasarımıdır. Dorian Shainin tarafından geliştirilen Shainin deney tasarımı endüstriyel alanda birçok problem çözmede ve kalite mühendisliğinde kullanılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde deney tasarımı ve Shainin deney tasarımı konularında bilimsel yazın araştırması özeti verilmiş, üçüncü bölümde Shainin deney tasarımı yönteminin yapılışı ve adımları açıklanmıştır. Dördüncü bölümde araştırma bulguları ve deneylerden elde edilen sonuçlar gösterilmiştir. Son bölümde ise, sonuçlar tartışılmış ve gelecek araştırmalar önerilmiştir.

2. Bilimsel Yazın Taraması

Çavuşoğlu (2006), yaptığı çalışmada Shainin deney tasarımının hem ürün tasarımında hem de ürünü elde etmede, hataların önlenmesi ya da hataların tespit edilmesinde etkin bir şekilde kullanılabilirliğinden ve iyileştirici özelliklerinden bahsetmiştir.

Can (2007), çalışmasında süreç takibi için kullanılan kontrol araçları ve deney tasarımı uygulamalarını ele almıştır. Bir işletmede gerçekleştirdiği uygulama ile istatistiksel süreç kontrolü ve deney tasarımı ile süreç optimizasyonu konularını açıklamıştır. İstatistiksel süreç kontrolü ve deney tasarımı ile süreç optimizasyonu için uygun bir uygulama gerçekleştirmiştir.

Akşehirli (2009), yaptığı çalışmada kalite ve toplam kalite yönetimi konularından bahsetmiştir. Ardından bir işletmede yapılan anket yolu ile toplam kalite yönetiminin örgüt kültürüne etkisini araştırmıştır.

Baynal (2009), yaptığı çalışmada varyasyona neden olan (Kırmızı X, Pembe X, Soluk Pembe X) faktörlerin belirlenmesinden ve diğer faktörlerin elenmesinden bahsetmiştir. Shainin deney tasarımı uygulama adımlarını açıklamış ve bir uygulama üzerinde göstermiştir.

Aksu (2010), yaptığı çalışmada Shainin ve Taguchi yöntemlerini uygulama üzerinde karşılaştırmıştır. Shainin yöntemi ile varyasyonlara neden olan faktörleri belirlemiştir. Taguchi yöntemi ile de kontrol edilemeyen faktörlerin etkilerini en küçükmeye çalışmıştır. Ardından sonuçlarda oluşan farklılıkları ortaya koymuştur.

Karadaş (2010), bir sanayi kuruluşunda yaptığı deney tasarımı yöntemini Minitab yazılımı ile analiz etmiştir. Beyaz eşya sektöründe imal edilen bir parçanın kalite sorununu kesirli faktöriyel deney tasarımı yaklaşımı ile örnek çözüm olarak vermiştir. Ardından elde edilen değerlerin optimizasyonunu gerçekleştirmiştir.

Kumaş (2011), yaptığı çalışmada deney tasarımının önemine vurgu yapmış ve hakkında bilgiler vermiştir. Faktöriyel deney tasarımlarının nasıl elde edileceğini

ve tasarımlarda, spesifikasyonların dışında kalan değerlerin bulunması ve değerlendirilmesi hususunda bilgiler vermiştir.

Gün (2015), Tekirdağ ilinde yaptığı çalışmada marka oluşturma çalışmaları yapan işletmelerin, performans değerlendirme sistemlerinin ve toplam kalite yönetiminin yöneticiler açısından nasıl algılandığı ve uygulanıp uygulanmadığını araştırmıştır.

Sağol (2015), yaptığı çalışmada düşük kaliteli linyitleri incelemiş ve istatistiksel deney tasarımı yöntemleri ile linyitlerin flotasyonunda etkin olan parametrelerin optimizasyonunu gerçekleştirmiştir.

3. Materyal ve Yöntem

3.1. Shainin Deney Tasarımı

Dorian Shainin tarafından geliştirilen Shainin deney tasarımı endüstriyel alanda birçok problem çözmede ve kalite mühendisliğinde kullanılmıştır. Shainin deney tasarımını diğer deney tasarımlarından kullanılan on farklı araç ayırmaktadır. Shainin yönteminde kalitesizliğe neden olan problemler ile bu problemi oluşturan faktörler ele alınır. Bunlar yeşil, kırmızı ve pembe renkleriyle adlandırılır.

Yeşil Y:Müşteri için önemli bir kalite karakteristiği olarak tanımlanır. Üzerinde çalışılan problemin kendisidir (Mast, 2004).

Kırmızı X:Varyasyonun oluşmasına neden gösterilen en önemli faktördür. Bu faktör problemin (Yeşil Y) en az %50'lik kısmını kapsamaktadır.

Pembe X:Probleme neden olan ikincil faktördür. Problemin %20-30'luk kısmını oluşturur(Steiner vd. 2008).

Soluk pembe X:Probleme neden olan üçüncül faktördür. Problemin %10-15'lik kısmını oluşturur(Aksu, 2010).

Bhote (2000)'ye göre yukarıda belirtilen faktörlerde iyileştirme yapıldığında spesifikasyonların dışında kalan değişkenliğin %80'inde fazlası elenir. İstenen iyileştirme, birkaç haftada birkaç deney tasarımı uygulaması ile gerçekleştirilebilir

3.2. Değişken Araştırması

Değişken araştırması, probleme neden olabilecek faktörlerin belirlenmesi ve aralarından önem arz eden faktörlerin ayrıştırılmasını sağlar. Değişken araştırmasının en önemli özelliği belirlenen faktörlerin veya faktör etkileşimlerinin, süreç yeterliliğinin en az 2.0 olmasını sağlanmasıdır. Değişken araştırmasının adımları aşağıdaki gibidir (Baynal ve Aksu, 2009).

3.2.1. Tahmini Değerlerin Bulunması

Öncelikli olarak sorun yaşanan ve müşteriler için önemli olan kalite karakteristiği (Yeşil Y) belirlenir. Daha sonra Yeşil Y'ye etki edebilecek faktörler belirlenir ve olabildiğince önem sırasına göre dizilir. Faktörleri önem sırasına göre dizmek deneyin daha kısa sürede bitmesini sağlayabilir. Probleme neden olabilecek faktörlerin belirlenmesinin ardından Yeşil Y için tüm faktörler iyi seviyelerindeyken ve tüm faktörler kötü seviyelerindeyken 3' er adet rastgele deneyler yapılır. Belirlenen faktörler arasında kritik faktörlerin olup olmadığına bakılması gerekmektedir. Bunun için iyi grubun medyanı ve kötü grubunun medyanı belirlenir. Daha sonra medyanların farkı hesaplanır.

Medyanlar farkı D_M ;

M_i : iyiler grubunun medyanı, M_K :kötüler grubunun medyanı olmak üzere,

$$D_M = M_i - M_K \quad (1)$$

Hesaplanır. Ardından iyi grubunun ve kötü grubunun ayrı ayrı değişim aralıkları(R) , $(R_i - R_K)$ hesaplanır. Hesaplanan değişim aralıklarının ortalaması (\bar{R}) alınır. Hesaplamalardan sonra elde ettiğimiz medyan farkı ve değişim aralıklarının ortalamasına oranlanarak D_M / \bar{R} eşitliği bulunur. Elde edilen değer 1.25 ve daha yüksek çıkarsa kritik faktörler olarak belirlediğimiz faktörlerin içinde yer almaktadır. Bu değerden sonra deney tasarımına devam edilir, aksi takdirde tekrar başa dönlür. Daha sonra medyan için kontrol limitlerini belirlenir. Kontrol limitlerini belirlemek için aşağıdaki eşitliklerden (2-3) yararlanır (Baynal ve Aksu, 2009).

$$KL_K = M_K \pm t_{(a,n-2)} * (\bar{R} / d_2) \quad (2)$$

$$KL_i = M_i \pm t_{(a,n-2)} * (\bar{R} / d_2) \quad (3)$$

$$t_{(a,n-2)} = t_{(0,05;6-2)} = 2.776$$

$$d_2 = \text{istatistiksel sabit sayı}(1.81)$$

3.2.2. Önemsiz Faktörlerin Elenmesi

Bu adımda önemsiz faktörler ve faktör etkileşimleri elenir. Elenecek olan faktör ve etkileşimleri belirlemek için bir faktör iyi seviyesindeyken ve diğer faktörler kötü seviyesindeyken bir deney yapılır. Ardından aynı faktör kötü seviyesindeyken ve diğer faktörler iyi seviyesindeyken bir deney daha yapılır. Deney sonuçları kontrol limitlerinin içinde kalıyorsa faktör önemsiz olarak kabul edilir ve elenir. Bu deneyler diğer faktörler için de yapılır. Deney sonuçları kontrol limitlerinin dışında kalıyorsa, önemli faktör olarak kabul edilir.

Elde edilen ilk iki önemli faktör için teyit etme işlemi yapılır. Ardından önemli bir faktöre rastlanırsa üçü bir arada teyit etme işlemi yapılır(Baynal ve Aksu, 2009).

3.2.3. Teyit Etme

Bu aşamada önemli olarak belirlenen faktörler iyi seviyelerindeyken ve diğer faktörler kötü seviyelerindeyken deney yapılır. Ardından tersi şeklinde bir deney daha yapılır. Bu iki deney sonucu kontrol limitlerinin içinde kalıyorsa kritik faktörlere ulaşılmıştır. Eğer kontrol limitlerinin dışında kalıyorsa muhtemelen kritik faktörler iyi belirlenmemiştir (Baynal ve Aksu, 2009).

3.2.4. Tam Faktöriyel Deney Tasarımı

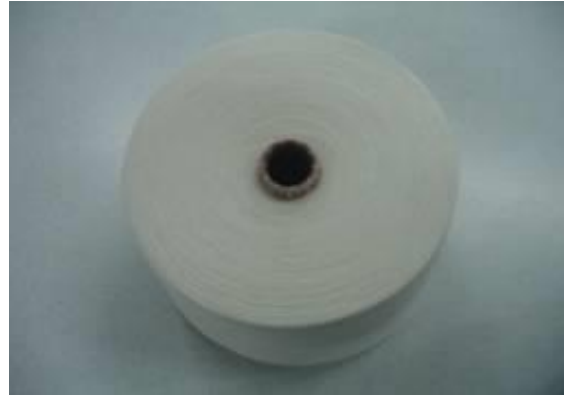
R. Fisher tarafından ortaya atılan deney tasarımı yöntemi olarak kullanılan tam faktöriyel deney tasarımı, faktörler ve etkileşimlerinin çıktı değişkenliğini bulmada en doğru sonucu verir.

Tam faktöriyel deney tasarımı klasik deney tasarımında olduğu kullanılabilir. Ancak değişken araştırmasından elde edilen faktörlerin sayısı iki ile dört arasında olmalıdır(Aksu, 2010).

4. Araştırma Bulguları

4.1. Deneysel Sonuçlar

Gerçekleştirilen çalışma, ipliklerin mukavemetlerinde meydana gelen varyasyonlara sebep olan faktörleri bulmaya yöneliktir. İşletmede ipliklerin mukavemetleri üzerinde bir varyasyon oluşmaktadır. (Şekil 1.)



Şekil 1. Bobinlenmiş halde 30/1 PTR ipliği

Çalışmanın amacı varyasyonları kabul edilebilir bir seviyeye indirmektir. Burada işletmenin 30/1 PTR olarak ürettiği ürünlerdeki çıktı değişkenliği ele alınmıştır(Yeşil Y). Bu çıktı değişkenliğine sebep olabilecek faktörler ve arasında önemli olanların belirlenmesi için değişken araştırması yapılmıştır. Belirlenen faktörlerin iyi ve kötü seviyeleri belirlenmiş ve faktörler önem sırasına göre aşağıdaki tablo halinde düzenlenmiştir.

Tablo 1. Deney Faktörlerinin önem sırasına göre düzenlenmiş hali

Süreç Değişkenleri	Kod	En İyi Seviye	En Kötü Seviye
Elyaf Uzunluğu	A	Uzun	Kısa
Elyaf Mukavemeti	B	11,38	10,42
Elyaf Düzensizliği	C	Düzensiz	Düzensiz Değil
Büküm Miktarı	D	770 t/m	700 t/m
Sıcaklık	E	27°C	34°C
Rutubet	F	%35	%50

Tablo 1'e göre elyaf uzunluğu arttıkça ipliğin mukavemeti de doğru orantılı olarak artmaktadır. İplik mukavemetine en çok etki yapan faktör olarak öngörülmektedir. Bu faktör için iyi seviyesi uzun, kötü seviyesi de kısa olarak aldık. Sürece giren tüm pamuğun toplamda %25'i döküldüğü zaman elyaf uzunluğu kısa oluyorken, %32-%33'ü döküldüğünde elyaf uzunluğu uzun olmaktadır. İkinci faktör olan elyaf mukavemetinin iyi seviyesini 11,38 ve kötü seviyesini 10,42 kabul ederek deneyler gerçekleştirilmiştir. Diğer faktörler ve seviyeleri ise Tablo 1'de gösterilmiştir.

Değişken araştırması ile elde edilen önemli faktörler ve bu faktörlerin işletme şartlarını göz önünde bulundurarak en iyi ve en kötü seviyeleri ne göre yapılan deney sonuçları tablo 2'de verilmiştir. Bu faktörlerin en iyi seviyelerinde ve en kötü seviyelerinde rassal olarak 3'er adet toplamda 6 adet deney yapılmıştır. Bu deneylerin amacı sonraki deneyler için kontrol aralıkları oluşturmaktır.

Tablo 2. Başlangıç deneyi sonuçları

Deney No	Süreç Değişkenleri	Mukavemet (Cn/tex)
1	$A_i B_i C_i D_i E_i F_i$	16,72
2	$A_K B_K C_K D_K E_K F_K$	9,82
3	$A_K B_K C_K D_K E_K F_K$	8,78
4	$A_i B_i C_i D_i E_i F_i$	15,98
5	$A_i B_i C_i D_i E_i F_i$	16,58
6	$A_K B_K C_K D_K E_K F_K$	10,28

Tablo 2'deki deney sonuçlarında gruplanarak Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Gruplanmış deney sonuçları

	Deneyler	İyi Seviye	Kötü Seviye
Birincil Deneyler	1. ve 2.	16,72	9,82
İkincil Deneyler	3. ve 4.	15,98	8,78
Üçüncül Deneyler	5. ve 6.	16,58	10,28

Yapılan deneyler sonucunda en iyi seviye ve en kötü seviyeye ait ölçüm değerleri aşağıdaki eşitlik (1-2-3) yardımıyla elde edilir ve aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$R_i=16,72-15,98=0,74 \quad R_K=10,28-8,78=1,5$$

$$D_M=16,58-9,82=6,76 \quad \bar{R}=(0,74+1,5)/2=1,12$$

Önemli faktörlerin belirlenen liste içinde yer alması için yukarıda bulduğumuz D_M ve \bar{R} 'ye bağlıdır. Eğer D_M/\bar{R} oranı 1,25'e eşit veya büyükse iplerin kopma mukavemetlerine etki eden önemli faktörlerin belirlenen listenin içinde olduğu ve önemli ve kritik faktörlerin doğru belirlendiği saptanır.

$$D_M/\bar{R}=6,76/1,12=6,03 \geq 1,25$$

Böylelikle önemli ve kritik faktörlerin belirlenen liste içinde yer aldığı saptanır. Bu sonuçtan sonra diğer deneyler yapılabilir. Daha sonraki deneylerde kullanmak üzere medyan için kontrol limitleri belirlenir.

$$KL_K=9,82 \pm 2.776 * (1.12 / 1.81) = 9.82 \pm 1.717$$

$$KL_i=16,58 \pm 2.776 * (1.12 / 1.81) = 16.58 \pm 1.717$$

$$KL_i=18.297-14.862$$

$$KL_K=8.102-11.537$$

Tablo 4'e göre verilen faktörler için deneyler uygulanır. En iyi seviye ve en kötü seviye olarak belirtilen durumlar için bir tane faktörün en iyi seviyeden ve diğer faktörlerin kötü seviyelerindeyken deney yapılır. Ardından tam tersi durumda o faktör için en kötü seviye ve diğer faktörler için en iyi seviyesindeyken deneyler yapılır.

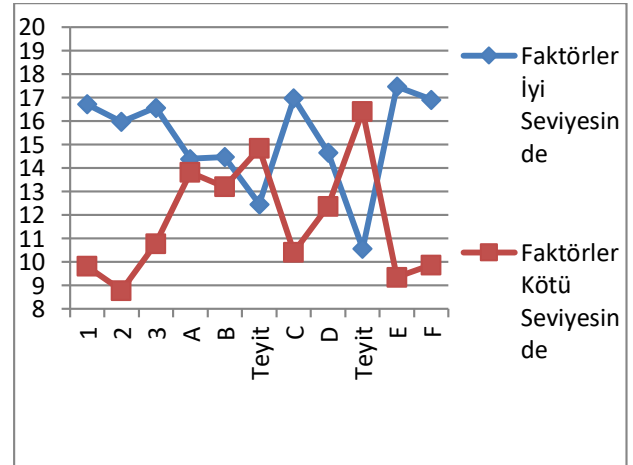
Tablo 4. Önemli faktörler ve etkileşimleri

Deney No.	Süreç Değişkenleri	Mukavemet	Kontrol Limitleri	Sonuç
7	A_1 Diğer _K	13,82	8,10-11,53	A önemlidir
8	A_K Diğer _İ	14,40	18,29-14,86	
9	B_1 Diğer _K	13,20	8,10-11,53	B önemlidir.
10	B_K Diğer _İ	14,48	18,29-14,86	
11	$A_1 B_1$ Diğer _K	14,84	18,29-14,86	Teyit etme başarısız
12	$A_K B_K$ Diğer _İ	12,46	8,10-11,53	
13	C_1 Diğer _K	10,42	8,10-11,53	C önemli değil
14	C_K Diğer _İ	16,98	18,29-14,86	
15	D_1 Diğer _K	12,37	8,10-11,53	D önemlidir
16	D_K Diğer _İ	14,67	18,29-14,86	
17	$A_1 B_1 D_1$ Diğer _K	16,42	18,29-14,86	Teyit etme başarılı
18	$A_K B_K D_K$ Diğer _İ	10,57	8,10-11,53	
19	E_1 Diğer _K	9,35	8,10-11,53	E önemli değil
20	E_K Diğer _İ	17,47	18,29-14,86	
21	F_1 Diğer _K	9,87	8,10-11,53	F önemli değil
22	F_K Diğer _İ	16,92	18,29-14,86	

Deneyler sonucunda, A faktörü kontrol limitlerinin dışında kaldığından A önemli bir faktör olarak gözlemlenir. Benzer ikili deneyler B faktörü içinde yapıldığında B faktörü de kontrol limitlerinin dışında kaldığından B faktörü önemli bir faktör olarak gözlemlenir. A ve B faktörlerinin önemli oldukları gözlemlendikten sonra bu karar teyit edilir.11. deneyde A ve B faktörleri için iyi seviyeleri diğer faktörler için kötü seviyeleri için deney yapılır.12. deney ise tam tersi şeklinde gerçekleştirilir. Sonuçlar kontrol limitlerinin dışında olduğu için teyit etme başarısızdır. Daha sonra gelen C faktörü için ikili deneyler yapılır. Sonuçlar kontrol limitlerinin içinde kaldığından C faktörü önemsiz olarak gözlemlenir. D faktörü için de benzer ikili deneyler yapıldığında, sonuçların kontrol limitlerinin dışında kaldığı ve önemli bir faktör olduğu gözlemlenir. A, B ve D faktörleri için teyit etme deneyleri yapılır. 17. ve 18. deneyde çıkan sonuçlar kontrol limitlerinin içinde kalır ve teyit etme başarılı olur. Son olarak E ve F faktörleri için ikili deneyler yapılır. Deneylerin sonucu kontrol limitlerinin içinde olduğundan E ve F faktörleri önemsiz faktörler olarak gözlemlenir. Çıkan sonuçlara göre A, B ve D faktörlerinin çıktığı değişkenliği üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu belirlenir ve varyasyonun oluşmasına neden olan faktörlerdir.

Şekil 2 incelendiğinde ise önemli olarak belirlenen A, B ve D faktörlerinin iki noktası arasında uzunluk

kısalmıştır. Grafiğin paralel bir görünüme sahip olduğu bölgelerde etkileşim zayıftır demektir.

**Şekil 2.** Tüm Deneylerin ortaya çıkardığı sonuçlar

Etkileşimlerin olduğu belirlendikten sonra önemli faktörlerin veya etkileşimlerin etki derecelerini belirleyebilmek için, "iyi" seviyeleri (+) ve "kötü" seviyeler (-) işaretiyle gösterilerek, bu üç faktöre dayalı Tam faktöryel deney tasarımı yapılır. Bunun için yeni bir gözlem yapmaya gerek yoktur. Önemli faktörlere ait elde edilen sonuçlar kullanılarak aşağıdaki tablolar oluşturulur (Tablo 5 ve Tablo 6)

Tablo 5. Önemli faktörlerin seviyelerine göre ortaya çıkardığı sonuçlar

		A	
		(+)	(-)
(+) B	D(+)	16,72 15,98 Medyan=16,5	16,58 16,42 Medyan=14,40
	D(-)	14,84 14,67 Medyan=14,75	13,20 Medyan=13,20
(-)	D(+)	14,48 Medyan=14,48	12,46 12,37 Medyan=12,41
	D(-)	13,82 Medyan=13,82	10,28 8,78 9,82 10,57 Medyan=10,05

Tablo 6. Önemli faktörlerin seviyelerine göre ortaya çıkardığı sonuçlar

FAKTÖRLER								
	A	B	D	DENEY SONUÇLARI				MEDYAN
1	+	+	+	16,72	16,58	15,98	16,42	16,5
2	+	+	-	14,84	14,67			14,75
3	+	-	+	14,48				14,48
4	+	-	-	13,82				13,82
5	-	+	+	14,4				14,4
6	-	+	-	13,2				13,20
7	-	-	+	12,46	12,37			12,41
8	-	-	-	10,28	8,78	9,82	10,57	10,05

Tablo 7. Ana etkiler ve etkileşim etkileri

	ANA FAKTÖRLER			ETKİLEŞİMLER				MUKAVEMET
	A	B	D	A*B	A*D	B*D	A*B*D	
1	+	+	+	+	+	+	+	16,5
2	+	+	-	+	-	-	-	14,75
3	+	-	+	-	+	-	-	14,48
4	+	-	-	-	-	+	+	13,82
5	-	+	+	-	-	+	-	14,4
6	-	+	-	-	+	-	+	13,20
7	-	-	+	+	-	-	+	12,41
8	-	-	-	+	+	+	-	10,05
MUKAVEMET ORTALAMASI(+)	14,88	14,71	14,44	13,42	13,55	13,69	13,98	
MUKAVEMET ORTALAMASI(-)	12,51	12,69	12,95	13,97	13,84	13,71	13,42	
ETKİ	2,36	2,02	1,48	-0,55	-0,29	-0,02	0,56	
	Kırmızı X	Pembe X	Soluk Pembe X					

Tablo 7 incelendiğinde en büyük etkiye A faktörünün sahip olduğu görülmektedir. Yani Kırmızı X olarak nitelenecek faktör elyaf uzunluğudur. İkinci etkiye sahip faktör B faktörüdür. Diğer bir deyişle elyaf mukavemeti faktörü Pembe X olarak nitelenecektir. Son olarak D faktörü üçüncü etkiye sahiptir. Büküm miktarı faktörü Soluk pembe X olarak nitelendirilecektir.

5. Sonuç ve Tartışma

Deneyler sonucunda vardığımız kanı A, B ve D faktörleri iyi seviyelerde tutulduğunda istenilen spesifikasyonlara uygunluk sağlanacaktır. Bu sayede ipliklerde istenilen mukavemetlere(Yeşil Y) ulaşılabilecektir. Açıklamak gerekirse, elyaf uzunluğu uzun tutulduğu sürece varyasyonlarda önemli bir azalma sağlanacaktır. Elyaf uzunluğu ile birlikte elyaf mukavemetinde iyi seviye olarak aldığımız 11,38 değeri ve üzerinde değerler için yine varyasyonlarda azalma görülecektir. Bu faktörlerle birlikte büküm miktarı da varyasyonların azalmasında önemli bir etkiye sahip olacaktır.

Uygulamadan da anlaşılacağı üzere Shainin deney tasarımı uygulaması basit fakat güçlü istatistik bilgileri gerektiren bir yöntemdir. SY'nin en önemli özelliği işlemlerin kısa sürmesinden dolayı kısa zamanda sonuca ulaşılması ve diğer tekniklere göre sonuca daha çabuk ulaşılmasını sağlamasıdır.

Conflict of Interest / Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar

- Aksu, B., 2010. Shainin ve Taguchi Yöntemleri ve Bir Uygulama Üzerinde Karşılaştırılması. Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 166s, Kocaeli.
- Akşehirli, M., 2009. Toplam Kalite yönetiminin Örgüt Kültürüne Etkilerinin İrdelenmesi:Bozüyük Süt Gıda Tic. San. Ltd. Şti'de Bir Uygulama.
- Baynal, K., Aksu, B., 2009. Shainin Deney Tasarımı ile Çıktı Değişkenliğinin Azaltılması ve Bir Uygulama.Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 29.Ulusal Kongresi
- Bhote, Keki, World Class Quality: Using Design of Experiments to Make It Happen, New York, Amacom, 2000.
- Can, M., 2007. İstatistiksel Süreç Kontrolünde Deney Tasarımlı Süreç Optimizasyonu. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 107s, Konya.
- Çavuşoğlu, İ., 2006. Modern Kalite Yönetimlerinin Endüstriyel Uygulamalarında Proses Performanslarının Değerlendirilmesi ve Sürekli İyileştirilmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 227s, İstanbul.
- Gün, S., 2015. Toplam Kalite Yönetimi ve Performans Değerlendirme Sisteminin İşletmeler Tarafından Algılanma Biçimi ve Uygulama Düzeyinin Belirlenmesi. Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 169s, Gaziantep.

- Karadaş, A., 2010. Sanayide Deney Tasarımı Uygulaması. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 72s.
- Kumaş ,E., 2011. Mühendisler için İstatistiksel Deney Tasarımında Hazırlık Aşaması. Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 120s, Kırıkkale.
- Mast, Jeroen d., A Methodological Comparison Of Three Strategies For Quality Improvement, International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 21 No. 2, Emerald Group Publishing Limited, 2004.
- Sağol, E., 2015. İstatistiksel Deney Tasarımının Çayırhan Bölgesi Linyitlerin Flatasyonunda Uygulanması. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi,92, Eskişehir.
- Steiner S.H., MacKAY R.J. ve RAMBERG J.S., An Overview of the Shainin System™ for Quality Improvement, Quality Engineering, 20: 6–19, 2008.