

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK DAYANIMLI NAYLON 66 İPLİĞİNİN ISIL VE
MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN ENİYİLEŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kimya Mühendisi Suat Hayri BEKİRCAN

Anabilim Dalı: Kimya Mühendisliği

Danışman: Prof. Dr. Veli Deniz

KOCAELİ, 2006

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK DAYANIMLI NAYLON 66 İPLİĞİNİN ISIL VE
MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN ENİYİLEŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kimya Mühendisi Suat Hayri BEKİRCAN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 26 Mayıs 2006

Tezin Savunulduğu Tarih: 07 Temmuz 2006

Tez Danışmanı	Üye	Üye
Prof.Dr.Veli DENİZ	Yrd.Doç.Dr.Nurhan VATANSEVER	Doç.Dr.Erkan IŞIĞIÇOK
(.....)	(.....)	(.....)

KOCAELİ, 2006

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Dünyada, ticarileşen ilk sentetik polimer olma özelliğini taşıyan Naylon 66, sahip olduğu üstün özelliklerle birçok yerde kendine kullanım alanı bulmuştur. Ülkemizin endüstriyel amaçlı tek Naylon 66 iplik üreticisi olan Kordsa AŞ, 7 farklı ülkede sahip olduğu 9 fabrika ile endüstriyel iplik ve kord bezi sektöründe dünyanın lider kuruluşudur. Pazarda rakiplere üstünlük sağlamanın en önemli yolu, yüksek verimlilikle, en üstün kalite özellikleri sağlayarak müşterileri tatmin etmekten geçmektedir. Bu doğrultuda, süreçlerde atılan her adımın önemi büyük olduğu için, istatistiksel yaklaşım mühendislik uygulamalarının vazgeçilmez bir parçasıdır.

Yüksek lisans çalışmam süresince sabırlı bir şekilde bana yol gösteren değerli hocam Prof. Dr. Veli DENİZ'e ve bu çalışmayı Kordsa'da yapmamı onaylayan ve destekleyen, başta Dr. Ali VATANSEVER gelmek üzere, değerli Kordsa yöneticilerine teşekkür ederim.

Yüksek lisans öğrenim ve tez çalışmam sırasında bana destek veren ve yardımcı olan Kordsa İplik Teknik Müdürlük, Hat-1 İplik Üretim Müdürlüğü, ve İplik Laboratuvarındaki tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim. Şüphesiz onların değerli desteği olmadan bu çalışma yapılamazdı.

Bu çalışma süresince benden desteğini esirgemeyen sevgili eşim Elif Asude BEKİRCAN'a ve herşeyimi borçlu olduğum ve beni bugünlere getiren annem Nermin BEKİRCAN ve babam Hulusi BEKİRCAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
TABLolar DİZİNİ.....	xii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ÖZET.....	ix
ABSTRACT.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. İSTATİSTİKSEL TEKNİKLER.....	7
2.1. Giriş.....	7
2.2. Uygunluk (korelasyon) ve Regresyon Analizleri.....	9
2.3. İki Örneklem T Testi.....	11
2.4. Değişkenlik Analizi (ANOVA).....	12
3. DENEY TASARIMI.....	15
3.1. Giriş.....	15
3.2. Etkensel Tasarımlar.....	17
3.2.1. Tam etkensel tasarım.....	18
3.2.2. 2 ^k etkensel tasarım.....	19
3.2.3. Kesirli etkensel tasarım.....	19
3.3. Yanıt Yüzeyi Tasarımları.....	21
3.4. Karışım Tasarımları.....	23
3.5. Taguchi Tasarımı.....	24
4. NAYLON 66 İPLİK ÜRETİMİ.....	25
4.1. Giriş.....	25
4.2. Naylon 66 İplik Üretim Süreci.....	26
4.2.1. Tuz üretimi.....	26
4.2.2. Sürekli polimerizasyon.....	27
4.2.3. İplik çekme makinaları.....	29
4.2.3.1. Pompa katı.....	29
4.2.3.1. Soğutma katı.....	31
4.2.3.2. Germe-çekme katı.....	32
5. MALZEME ve YÖNTEM.....	37
5.1. Çalışma Alanlarının Belirlenmesi.....	37
5.2. Süreç Çıktı Değişkenlerinin Belirlenmesi.....	37
5.3. Süreç Girdi Değişkenlerinin Belirlenmesi.....	39
5.3.1. Düze kılcal borusu boy ve çapı.....	40
5.3.2. Birinci kademe çekme oranı.....	41

5.3.3. Ceket sıcaklığı, soğutma havası akış ve sıcaklığı, ve birinci kademe çekme oranı.....	41
5.3.4. Makina çekme oranı, rahatlatma oranı ve sıcak kafes sıcaklığı.....	42
5.3.5. Gerilim giderme ve ikinci kademe çekme silindir hızları.....	42
5.4. Deneyleerde Kullanılan Ölçüm Cihazlar.....	43
5.4.1. Doğrusal yoğunluk (dtex) ölçümü.....	43
5.4.2. Germe ölçümleri.....	44
5.4.3. Isıl kısıalma ölçümü.....	45
5.4.4. Kopuk lif ölçümü.....	46
5.5. Deneyleerde Yapılışı.....	47
5.5.1. Düze çalışması	47
5.5.2. Birinci kademe çekme oranı çalışması.....	48
5.5.3. Ceket sıcaklığı, soğutma hava akışı, soğutma hava sıcaklığı ve birinci çekme oranı eniyileştirme deney tasarımı çalışması.....	48
5.5.4. Makina çekme oranı, rahatlatma oranı ve sıcak kafes sıcaklığı eniyileştirme çalışması.....	49
5.5.5. Gerilim giderme ve ikinci kademe çekme silindirleri hız eniyileştirme deney tasarımı çalışması.....	50
6. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	52
6.1 Düze Çalışması.....	52
6.1.1. dTex.....	54
6.1.2. Kopma dayanımı.....	56
6.1.3. 45 Newton'da uzama.....	63
6.1.4. Isıl kısıalma.....	64
6.1.5. Mekanik kalite.....	66
6.2. Birinci Kademe Çekme Oranı Çalışması.....	70
6.2.1. dTex.....	70
6.2.2. Kopma dayanımı.....	71
6.2.3. 45 Newton'da uzama.....	72
6.2.4. Isıl kısıalma.....	73
6.2.5. Mekanik kalite.....	73
6.3. Ceket Sıcaklığı, Soğutma Hava Akışı, Soğutma Hava Sıcaklığı ve Birinci Kademe Çekme Oranı Eniyileştirme Deney Tasarımı Çalışması.....	75
6.3.1. dTex.....	76
6.3.2. Kopma dayanımı.....	77
6.3.3. 45 Newton'da uzama.....	78
6.3.4. Isıl kısıalma.....	80
6.3.5. Kopma.....	81
6.3.6. Mekanik kalite.....	82
6.4. Makina Çekme Oranı, Rahatlatma Oranı ve Sıcak Kafes Sıcaklığı Eniyileştirme Çalışması.....	84
6.4.1. dTex.....	85
6.4.2. Kopma dayanımı.....	88
6.4.3. 45 Newton'da uzama.....	89
6.4.4. Isıl kısıalma.....	91
6.4.5. Mekanik kalite.....	92
6.5. Gerilim Giderme ve İkinci Kademe Çekme Silindirleri Hız Eniyileştirme Deney Tasarımı Çalışması.....	94

6.5.1. dTex.....	96
6.5.2. Kopma dayanımı.....	97
6.5.3. 45 Newton’da uzama.....	97
6.5.4. Isıl kısıalma.....	101
6.5.5. Mekanik kalite.....	104
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	105
KAYNAKLAR.....	108
EK.....	109
TEKNİK TERİMLER DİZİNİ.....	115
ÖZGEÇMİŞ.....	116

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Eriyikten elyaf çekme	4
Şekil 1.2 Kuru elyaf çekme	4
Şekil 1.3 Yaş elyaf çekme	5
Şekil 3.1 2x2 etkensel düzende iki etken arasında etkileşim olmaması durumu	18
Şekil 3.2 2x2 etkensel düzende iki etken arasında etkileşimin olduğu durum	18
Şekil 3.3 Merkez noktasının etkili olmadığı durum (eğrisellik yok ya da az)	21
Şekil 3.4 Merkez noktasının etkili olduğu durum (eğrisellik var)	21
Şekil 3.5 Ardışık tasarım uygulaması	22
Şekil 3.6.a Genel Kompozit Tasarım	22
Şekil 3.6.b Box Behnken Modeli	22
Şekil 3.7 Yanıt eniyileyici grafiği	23
Şekil 3.8 Yüzey grafiği	23
Şekil 4.1 Amit bağı	25
Şekil 4.2 Kord bezi üretim süreci	25
Şekil 4.3 Adipik asit	26
Şekil 4.4 Hekzametilen diamin	26
Şekil 4.5 Naylon 66 tuzu	26
Şekil 4.6 Naylon 66 tuz üretim süreci	27
Şekil 4.7 Naylon 66 oluşum tepkimesi	28
Şekil 4.8 Naylon 66 sürekli polimerizasyon süreci	28
Şekil 4.9 Çoklu dağıtım borusu üzerindeki dağıtıcılar	29
Şekil 4.10 Pompa bloğu	30
Şekil 4.11 Düze sistemi	30
Şekil 4.12 Polimerin lif haline dönüştürüldüğü düze	31
Şekil 4.13 Baca (soğutma havası)	32
Şekil 4.14 İplik çekme makinası	33
Şekil 4.15 Besleme ve birinci kademe çekme silindirleri	34
Şekil 4.16 Kopuk lif sayıcısı	35
Şekil 4.17 Lifler arası düğümlenme	37
Şekil 4.18 İki uçlu sarım makinası	37
Şekil 5.1.a Kopuk lifli iplik	38
Şekil 5.1.b Topaklı iplik	38
Şekil 5.2 Lifler arası düğümler	38
Şekil 5.3 Büküm makinası	43
Şekil 5.4 dTex çıkırığı	43
Şekil 5.5 Instron germe cihazı	44
Şekil 5.6 Isıl kısalma cihazı	45
Şekil 5.7 Kopuk lif ölçümü	46
Şekil 5.8 Bir düze deliğinin kesit alanı görüntüsünde kılcal boru çap ve boy gösterimi	47
Şekil 6.1 Düze çeşitlerinin dtex'e karşı noktasal gösterimi	54
Şekil 6.2 dTex ve düze için yapılan eşit değişkenlik testi çıktısı	54
Şekil 6.3 Düze çeşitlerinin kopma dayanımına karşı noktasal gösterimi	55

Şekil 6.4 Kopma dayanımı ve düze için yapına eşit değişkenlik testi	57
Şekil 6.5 17-13 ile 20-15 düzelerinin kopma dayanımına karşı noktasal gösterimi	58
Şekil 6.6 B/C'ye karşı kopma dayanımının uygunlaştırılmış çizgi grafiği	60
Şekil 6.7 Kopma dayanımı için boy-çap etkileşim grafiği	61
Şekil 6.8 Kopma dayanımı için çap-boy etkileşim grafiği	61
Şekil 6.9 Düzde çıkış şişkinliği etkisi	62
Şekil 6.10 Düze çeşitlerinin 45 Newton'da uzamaya karşı noktasal gösterimi	63
Şekil 6.11 Düze çeşitlerinin ısı kısılmaya karşı noktasal gösterimi	64
Şekil 6.12 Düze çeşitlerinin MMHS'na karşı noktasal gösterimi	65
Şekil 6.13 B/C'ye karşı MMHS uygunlaştırılmış çizgi grafiği	67
Şekil 6.14 MMHS için boy-çap etkileşim grafiği	67
Şekil 6.15 dTex'e karşı BKÇO uygunlaştırılmış grafiği	69
Şekil 6.16 Kopma dayanımına karşı BKÇO uygunlaştırılmış grafiği	70
Şekil 6.17 45 N'da uzamaya karşı BKÇO uygunlaştırılmış grafiği	71
Şekil 6.18 Isıl kısılmaya karşı BKÇO uygunlaştırılmış grafiği	72
Şekil 6.19 Mekanik kaliteye karşı BKÇO uygunlaştırılmış grafiği	73
Şekil 6.20 dTex için küp grafiği	75
Şekil 6.21 dTex için etkileşim grafiği	76
Şekil 6.22 Kopma dayanımı için etkileşim grafiği	77
Şekil 6.23 45 Newton'da uzama için etkileşim grafiği	78
Şekil 6.24 Kısalma için ana etki grafiği grafiği	79
Şekil 6.25 Kopma dayanımı için etkileşim grafiği (bkço-shs)	80
Şekil 6.26 Kopma sayısı için etkileşim grafiği (ceket-shs-sha)	80
Şekil 6.27 Mekanik kalite için ana etki grafiği	81
Şekil 6.28 Yanıt eniyileyici (ceket, shs, sha, bkço)	82
Şekil 6.29 dTex için artıklar için olasılık grafiği	84
Şekil 6.30 dTex artıkları için eşit değişkenlik testi	84
Şekil 6.31 dTex için RO ana etki grafiği	85
Şekil 6.32 dTex'e etki eden etkenlerin etki yüzdelerini gösteren pasta grafiği	85
Şekil 6.33 Kopma dayanımı için MÇO-SKS etkileşimi grafiği	86
Şekil 6.34 KD'na etki eden etkenlerin etki yüzdelerini gösteren pasta grafiği	87
Şekil 6.35 45 Newton'da uzama için RO-SKS etkileşimi grafiği	88
Şekil 6.36 45 Newton'da uzamaya etkenlerin pasta grafiği	88
Şekil 6.37 Kısalma için ana etki grafiği	89
Şekil 6.38 Kısılmaya etkenlerin pasta grafiği	90
Şekil 6.39 Makina çekme ornasının mekanik kalite üzerine ana etki grafiği	91
Şekil 6.40 MÇO, RO, SKS deney tasarımı yanıt eniyileyici grafiği	92
Şekil 6.41 İkinci kademe çekme (F5) silindir hızının dtex üzerine ana etki grafiği	94
Şekil 6.42 45 Newton'da uzama için artıkların olasılık grafiği	96
Şekil 6.43 45 Newton'da uzama için değişkenlik testi	96
Şekil 6.44 45 Newton'da uzama için F5 ve F6 silindir hızları ana etki grafiği	97
Şekil 6.45 45 Newton'da uzama için pasta grafiği	98
Şekil 6.46 Isıl kısalma için artıkların olasılık grafiği	99
Şekil 6.47 Kısalma için değişkenlik testi	99
Şekil 6.48 Isıl kısalma için F5 ve F6 silindir hızları ana etki grafiği	100
Şekil 6.49 45 Newton'da uzamaya karşı kısalma grafiği	100
Şekil 6.50 Isıl kısalma için pasta grafiği	101
Şekil 6.51 Mekanik kalite için çoklu değişken analizi	102

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1.1 Elde edildikleri malzemelere göre elyaf sınıflandırması	2
Tablo 2.1 Ölçek türleri ve özellikleri	8
Tablo 2.2 İstatistiksel tekniğin seçimi	9
Tablo 5.1 T-728 1400 dtex fiziksel özellikleri	39
Tablo 5.2 Çalışması yapılan düzelerin özellikleri	40
Tablo 5.3 Birinci kademe çekme oranları	41
Tablo 5.4 Ceket sıcaklığı, soğutma havası sıcaklık ve akışı, ve birinci kademe çekme oranı deney tasarımı düzeyleri	41
Tablo 5.5 Makina çekme oranı, rahatlatma oranı ve sıcak kafes sıcaklığı deney tasarımı düzeyleri	42
Tablo 5.6 Gerilim giderme ve ikinci kademe çekme silindir hızları deney tasarımı düzeyleri	42
Tablo 5.6 Ceket sıcaklığı, soğutma hava akışı, soğutma hava sıcaklığı ve birinci kademe çekme oranı deney tasarımı	48
Tablo 5.7 Makina çekme oranı, rahatlatma oranı ve sıcak kafes sıcaklığı deney tasarımı	49
Tablo 5.8 Gerilim giderme ve ikinci kademe çekme silindirleri deney tasarımı çalışması	49
Tablo 5.9 Çalışma konularının özet tablosu	50
Tablo 6.1 Farklı düzelerin fiziksel özellik sonuçları	51
Tablo 6.2 9. pozisyonda çalışan 20-15 düzesi ile 17-13 düzesini kopma dayanımı verileri	56
Tablo 6.3 Düzelerin kendi pozisyonunda ikili incelenmesi	58
Tablo 6.4 Aynı pozisyonda farklı düzelerin kopma dayanımı üzerine etkileri	59
Tablo 6.5 Düzeye çeşitlerine göre kopma dayanımı ve 45' da uzama ortalamaları	63
Tablo 6.6 Pozisyonlara göre sıcak kafes sıcaklığı ve kısalma değerleri	64
Tablo 6.7 Farklı düzelerin MMHS ortalamaları	65
Tablo 6.8 Aynı pozisyonda farklı düzelerin hata sayıları üzerine etkileri	66
Tablo 6.9 Aynı pozisyonda farklı düzelerin MMHS üzerine etkileri	66
Tablo 6.10 Farklı BKÇO değerlerinde elde edilen fiziksel özellik ve MMHS değerleri	68
Tablo 6.11 Ceket sıcaklığı, soğutma havası akış ve sıcaklığı ve birinci kademe çekme oranı deney tasarım verileri	74
Tablo 6.12 Makina çekme oranı, rahatlatma oranı ve sıcak kafes sıcaklığı ile yapılan deney tasarımının girdi ve çıktıları	83
Tablo 6.13 Gerilim giderme ve ikinci kademe çekme silindirleri ile yapılan deney tasarımı	93

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

2 ^k	: İki seviyeli
45NU	: 45 Newton'da uzama yüzdesi
Anova	: Analysis of variance (değişkenlik analizi)
B/Ç	: Boy/Çap
BKÇO	: Birinci kademe çekme oranı
Ceket	: Ceket sıcaklığı
Ct Pt	: Center point (merkez nokta)
DOE	: Design of experiment (deney tasarımı)
F5	: İkinci kademe çekme silindiri
F6	: Gerilim giderme silindiri
KD	: Kopma dayanımı
KLS	: Kopuk lif sayısı
MÇO	: Makina çekme oranı
MMHS	: Milyon metredeki hata sayısı
PA	: Poliamit
RO	: Rahatlatma oranı
SHA	: Soğutma havası akışı
SH	: Sarım hızı
SHS	: Soğutma havası sıcaklığı
SKS	: Sıcak kafes sıcaklığı
SS	: Sarım süresi

YÜKSEK DAYANIMLI NAYLON 66 İPLİĞİNİN ISIL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN ENİYİLEŞTİRİLMESİ

Suat Hayri BEKİRCAN

Anahtar Kelimeler: Naylon 66, iplik çekimi, deney tasarımı, süreç eniyileme, istatistiksel teknikler, kord, mekanik özellikler, ısıl özellikler

Özet: Şirketler, küreselleşen dünya ekonomisiyle beraber, pazar paylarını arttırmak için daha iyi malı daha ucuz fiyata elde etmeyi hedeflemektedirler. Bu nedenle de işletmelerini sürekli olarak en iyi koşullarda çalışmalarını önemli bir gerekliliktir. İstatistiksel teknikler kullanarak düşünme ve karar alma, bu hedeflere ulaşmak amacıyla endüstride sıkça kullanılan bir yöntemdir. Bu çalışmada, lastik destek malzemesi olarak kullanılmakta olan yüksek dayanımlı Naylon 66 ipliği üretimindeki süreç değişkenlerinin ürün özelliklerine etkileri, beş ayrı deney takımı için, istatistiksel olarak incelenmiştir. İncelenecek süreç çıktıları olarak, dtex, kopma dayanımı, 45 Newton'da uzama, ısıl kısılma, kopuk lif sayısı gibi ısıl ve mekanik özellikler seçilmiştir.

Birinci deney takımında, farklı kılcal boru boyu ve çapına sahip beş düze denenmiş ve sonuçlar ANOVA ve 2 örneklem t testi kullanılarak analiz edilmiştir. İkinci deney takımında, beş farklı birinci kademe çekme oranının etkileri, uygunluk (korelasyon) ve regresyon analizleri ile incelenmiştir. Üçüncü deney takımında; ceket sıcaklığı, soğutma havası sıcaklığı, soğutma havası akışı, ve birinci kademe çekme oranı ile dört etkenli, 2^k tam etkensel deney tasarımı yapılmış ve analiz edilmiştir. Dördüncü deney takımında, makina çekme oranı, rahatlatma oranı ve sıcak kafes sıcaklığı ile üç etkenli, 2^k tam etkensel deney tasarımı yapılmış ve analiz edilmiştir. Beşinci ve son deney takımında ise ikinci kademe çekme ve gerilim giderme silindirlerinin hızları ile iki etkenli, üç düzeyli 3×3 tam etkensel deney tasarım çalışması yapılmış ve analiz edilmiştir.

Tüm bu çalışmaların sonunda, süreç girdilerinin, çıktılar üzerinde nasıl etki ettiğine ilişkin kapsamlı bir veri bankası ve önemli bir bilgi birikimi elde edilmiştir. Bu çalışmalarda elde edilen bilgilerle sistemin genel iyileştirmesi sağlanmıştır ve gelecekte karşılaşılabilecek farklı sorun, gereksinim ve beklentilere karşı en iyi koşulların bulunması kolaylaştırılmıştır.

OPTIMISATION OF THERMAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF HIGH TENACITY NYLON 66 YARN

Suat Hayri BEKİRCAN

Keywords: Nylon 66, yarn spinning, Design of Experiment, process optimization, statistical techniques, cord, mechanical properties, thermal properties

Abstract: With the globalization of the world economy, companies are aiming to have the better products with the cheaper prices, in order to increase their market share. Therefore, it is a crucial necessity to run their processes in the optimum conditions. To achieve these goals, thinking and making decisions, by using statistical techniques, is a method that is frequently used in the industry. In this study, the effect of the process variables of the production of high tenacity Nylon 66 yarn, which is used as tire reinforcement material, was studied under five different set of experiments by using statistical techniques. Thermal and mechanical properties like dtex, breaking strength, elongation at 45 Newton, thermal shrinkage and broken filament count were selected as the process outputs to be studied.

On the first set of experiments, five spinnerets, which have different capillary length and diameter, were used and the results obtained were analyzed by using ANOVA and 2 samples t test. On the second set of experiments, the effect of five different levels of first stage draw ratios were studied by using correlation and regression analysis. On the third set of experiments, with four factors; i.e. heating jacket temperature, cooling air temperature, cooling air flow and first stage draw ratio, 2^k full factorial design of experiment (DOE) was done and analyzed. On the fourth set of experiments, with three factors; i.e. machine draw ratio, relaxation ratio and hot chest temperature, 2^k full factorial DOE was done and analyzed. On the fifth and the last set of experiments, with two factors; i.e. second stage and tension let down roll speeds, 3 levels 3×3 full factorial DOE was done and analyzed.

At the end of all these studies, an extensive data bank and significant knowledge about the effects of process parameters on the product characteristics were obtained. By the knowledge gained with these studies, the optimization of the system were done and finding the optimum conditions for the different problems, needs and the expectations to be encountered in future will be made easier.

BÖLÜM 1 - GİRİŞ

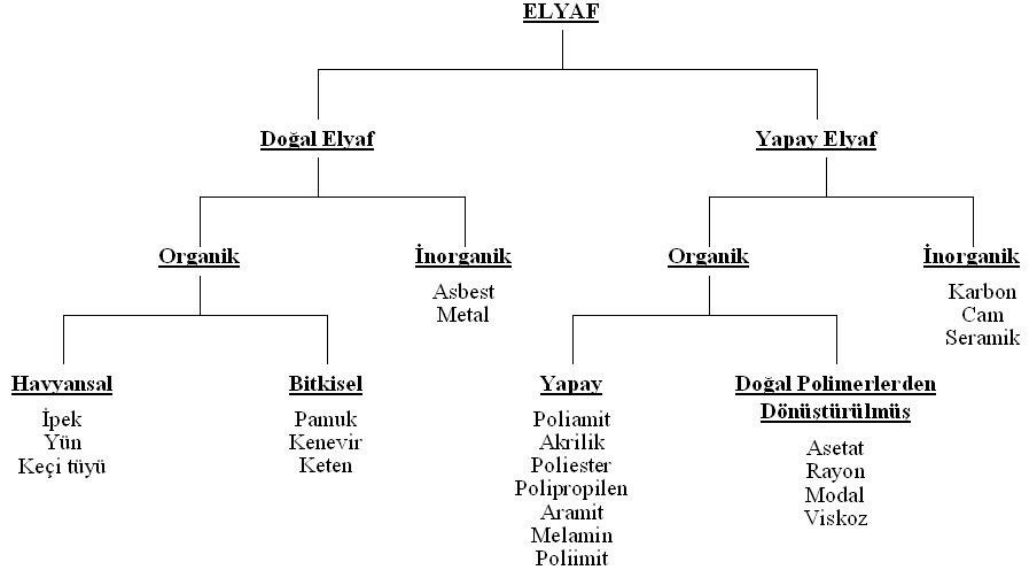
Binlerce molekülün kovalent bağlarla birbirine bağlanarak oluşturduğu, büyük molekülü yapılar olan polimerler, kauçuk, plastik, ve elyaf gibi farklı son ürünler olarak günlük hayatta kullanılmaktadır.

Metal ve asbest elyafı gibi sınırlı kullanıma sahip birkaç örnek dışında, elyaf, polimerik yapılardan oluşmaktadır. Çoğunluğu polimerik yapıya sahip, boyu çapından 100 kat veya daha büyük, esnek, bükülebilir ve bir araya geldiğinde iplik oluşturan, malzemelere elyaf denmektedir.

Elyaf, elde edildikleri malzemelere göre doğal ve yapay olmak üzere iki ayrı ana gruba ayrılmaktadır. Bu ana gruplarda kendi altlarında organik ve inorganik olarak alt gruplara ayrılmaktadır. Doğal organik elyaf hayvansal ve bitkisel kaynaklardan elde edilmektedir. Hayvansal kökenli doğal organik elyafa örnek olarak ipek ve yün; bitkisel kökenli doğal organik elyafa ise örnek olarak pamuk ve kenevir verilebilir. Doğal inorganik elyafa ise verilebilecek en iyi örnek asbesttir. Yapay organik elyaf yapay elyaf ve doğal polimerlerin dönüştürülmesi ile elde edilmiş elyaf olarak iki alt gruba ayrılmaktadır. Tamamen yapay elyafa örnek olarak poliamit, poliester, akrilik gibi elyaf verilirken, doğal polimerlerin dönüştürülmesi ile elde edilen elyafa asetat, rayon gibi örnekler verilmektedir. Yapay inorganik elyafa ise örnek olarak karbon, cam gibi malzemeler verilebilir. Elyafın elde edildikleri malzemelere göre olan sınıflandırması Tablo 1.1'de verilmektedir.

Doğal elyafın izleri ilk uygarlıklar dönemine kadar dayanmaktadır. Elyafın kullanımı binlerce yıl boyunca yün, ipek, pamuk gibi doğal polimerlerle kısıtlı kalırken, yapay elyafın 19. yüzyılın sonlarından itibaren insan hayatına girmesi ile elyaf kullanımı çeşitlilik kazanarak artmıştır (Uzpeder, 2003).

Tablo1.1: Elde edildikleri malzemelere göre elyaf sınıflandırması



Yarı yapay ilk elyaf, İngiliz Kimyager Joseph W. Swan tarafından, 1883 yılında, selüloz nitrat çözeltisinin düze adı verilen küçük delikli yapılardan asetik asit banyosuna basılması ile yapılmıştır. Selüloz nitrat'dan yapılan ilk ticari elyaf, Fransız Kimyager Count Hilaire de Chardonnet tarafından 1885 yılında gerçekleştirilmiştir. Suni ipek olarak da adlandırılan bu elyaf literatüre Rayon olarak geçmiştir (Austin, 1984).

Tamamen yapay ilk elyaf çekme çalışması 1927 yılında laboratuvar koşullarında Staudinger tarafından poli(oksümetilen)'den gerçekleştirilmiştir. Staudinger daha sonra eriyikten poli(etilenoksit) çekmeyi başarmıştır (Fourne, 1999). DuPont adına çalışan Dr. Wallace Carothers ise, 1938 yılında polikondenzasyon sonucu oluşmuş poliamit 66 polimerinden elyaf üretimini gerçekleştirmiştir. DuPont tarafından ticarileştirilen bu ürün Naylon ticari adını alarak tarihe geçmiştir (DuPont, 1993).

Naylon'nun ilk büyük başarısı 1940'lı yıllarda kadın çoraplarında kullanılması ile başlamıştır. Bu olay büyük bir ilgi görmüş, ancak bir sonraki yıl Amerika Birleşik Devletleri'nin 2. Dünya Savaşına girmesi ile Naylon, paraşüt ve halat gibi askeri amaçlar için de kullanılmaya başlamıştır (Macrogalleria, 2006).

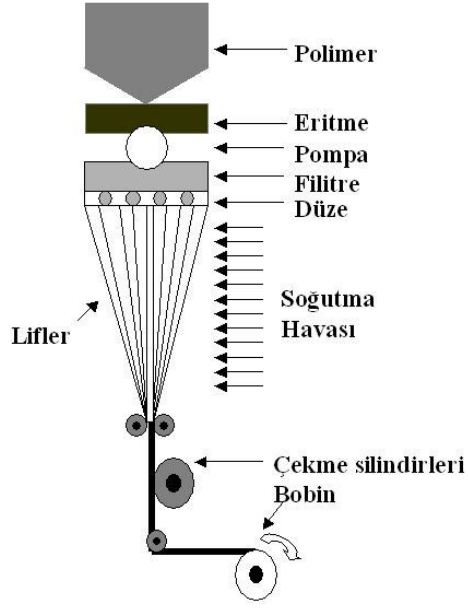
Carothers'in ıgır aan buluşunu takiben 1950'li yılların sonlarına kadar akrilik, poliester, polipropilen gibi polimerler bulunmuş ve bunlardan elyaf elde edilmiştir. Bu elyafdan ve bunlara eklenen birçok farklı tipteki elyaftan günümüzde dünya çapında ve büyük tonajlarda üretim yapılmaktadır.

Geçmiş insanlık tarihine kadar dayanan elyaf, günümüzde de insan hayatında önemli bir yere sahiptir. Elyafın kullanım alanları elyafın yapısına bağlı olarak değişmektedir. İplik, tekstil, halı, döşeme, misina, balıkağı gibi temel kullanım alanlarının dışında gelişen teknoloji ile özel amaçlı uygulamalarda da elyaf kullanılmaktadır. Endüstriyel amaçlı üretilen elyaf, süper emici bez, yapay organ, ve hatta uzay istasyonu yapımında kullanılan malzemeler listesine girmiştir.

Elyaf üretimi, polimerin düze adı verilen küçük delikli yapılardan basılması ve bu polimerin çekilerek uzatılması şeklinde gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle elyaf üretimine elyaf çekme (spinning) denmektedir. Yapay elyaf; eriyik, kuru ve ıslak olmak üzere temel olarak üç farklı şekilde üretilmektedir.

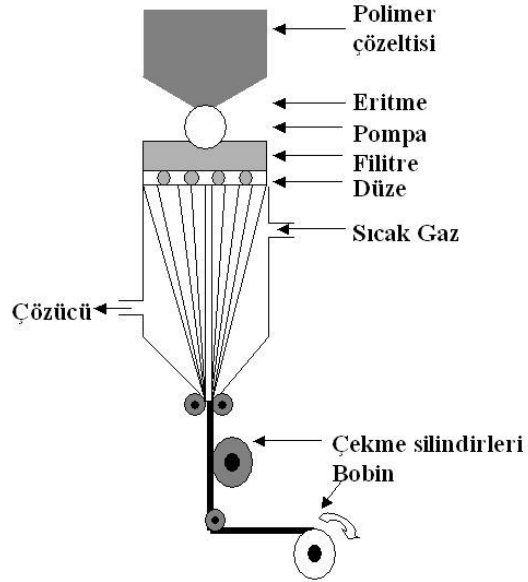
Eriyikten Elyaf Çekme: Eriyik haldeki polimerin düzelerden basılarak soğutma havası ile soğutulduğu ve katılaştırdığı yöntemdir (Şekil 1.1). Bozunmadan eriyebilen polimer için geliştirilen bu yöntem ilk olarak Naylon'da kullanılmış daha sonra da poliester, polivinil, polipropilen gibi bir çok polimer için kullanılmıştır.

Isıl kararlılığının zayıflığından dolayı, erime noktası civarında bozunan polimerlere uygulanan çekme yöntemleri çözeltiden elyaf çekme olarak adlandırılır. Çözeltiden elyaf çekme işlemi kuru ve yaş olmak üzere iki alt gruba ayrılmaktadır.



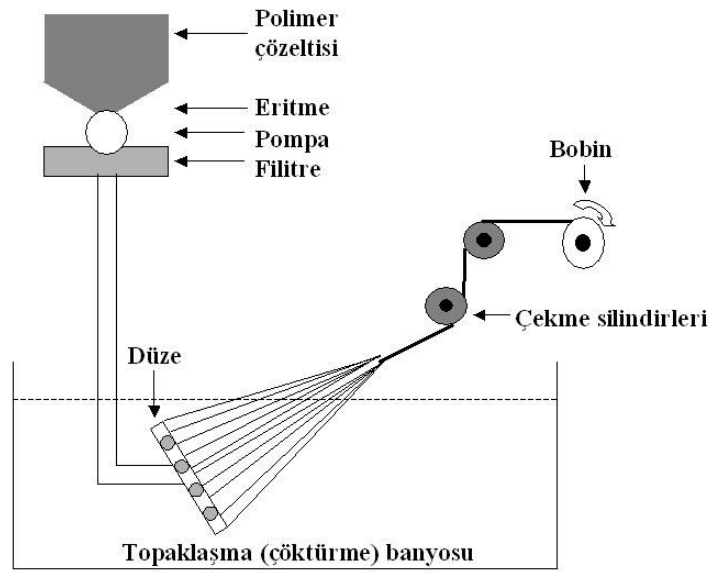
Şekil 1.1: Eriyikten elyaf çekme

Kuru Elyaf Çekme: Kuru elyaf çekme yönteminde polimer uygun bir organik çözücüde çözünür. Polimer düzelerden basıldıktan sonra çözücü, lifler üzerinden sıcak hava akımıyla buharlaştırılır. Poli(vinilklorür), metakrilik türü polimerler bu yöntemle elyaf haline dönüştürülür (Şekil 1.2).



Şekil 1.2: Kuru elyaf çekme

Yaş Elyaf Çekme: Kuru elyaf çekme işleminde olduğu gibi polimer uygun bir çözeltide çözünür. Polimer daha sonra bir banyo içerisindeki düzeden basılır. Banyoda polimerin çözücüsü ile iyi karışabilen aynı zamanda polimer için çöktürücü olan sıvı bulunur. Böylece polimer çözeltilisinden, polimerin çözücüsü banyoya çekilir ve liflerin katılaşması (pıhtılaşma, jelleşme, topaklaşma) sağlanır (Şekil1.3). Liflerin içinden geçtiği banyoya topaklaşma (koagülasyon) banyosu, çöktürme banyosu; ya da yarı yapay elyaf üretiminde geri kazanım (rejenerasyon) banyosu gibi adlar verilir (Saçak, 2002). Akrilik, aramid, gibi polimerler bu yöntemle elyaf haline dönüştürülür.



Şekil 1.3: Yaş elyaf çekme

Yapay elyaf üretimindeki ilk bilgi birikiminin gelişmesi, kimyasal çalışmaların daha fazla yapılmasını beraberinde getirmiştir. Güçlü bir yapay kimya bilgisi olmaksızın yeni malzemelerin icat edilmesi; ya da doğal polimerlerin değiştirilmesi gibi konuların başarılamayacağı açıktır. Buna en iyi örnek Carothers laboratuvarının araştırmalarıdır. Bu araştırmalar yeni yapay malzeme üretimindeki bilgi birikimine ek olarak sentezleme ve polimerizasyon üzerine de temel bilgiler sağlamıştır.

1950'li yıllara kadar elyaf oluşumunun fiziğine karşı gelen genel bir yaklaşım bulunmaktadır. Eski kuşak elyaf teknologları bütün elyaf özelliklerinin polimer malzemesinin kimyasal yapısı ile kontrol edilebileceğini düşünerek, elyaf oluşum

koşullarını göz ardı etmişlerdir. Polimerin katılaşması, moleküler yönlenme ve elyafın çekilebilirliği gibi sorunlar kuramsal yaklaşımlarla çok basite indirgenmiştir ve yapısal kuramın temelleri üzerine sistematik bir uygulama denenmemiştir. Polimerlerin soğuk çekilmesi ve polimer çözeltilerinin yayılım (difüzyon) kontrollu olarak katılaşması konularıyla ilgili yapılan daha ciddi araştırmalar ile önemli bir ilerleme kaydedilmesi 1955 yıllarını bulmuştur (Ziabicki, 1976).

Küreselleşmenin sonucu olarak gelişen üretim sektöründeki büyük rekabet, günümüz dünyasında şirketleri daha verimli çalışarak maliyetleri düşürmeye ve daha kaliteli ürünler üreterek pazar paylarını artırmaya zorlamaktadır. Bu gereksinimler doğrultusunda, endüstriyel ortamda, süreçlerin en doğru koşullarda işletilebilmesi için mühendislerin en büyük yardımcısı istatistiktir.

Bu çalışmada, bir lastik destek malzemesi olan kord bezinin hammadesi olan yüksek dayanımlı endüstriyel Naylon 66 ipliğinin ısıl ve mekanik özelliklerinin, iplik çekme sürecinde, istatistiksel teknikler kullanarak eniyileştirilmesi ele alınmaktadır.

“Regresyon Analizi” ile Birinci Kademe Çekme Oranı (BKÇO), ve düze kılcal borusu Boy/Çap oranı gibi sistem girdileri üzerinde yapılan değişikliklerin sistem çıktıları üzerindeki etkileri matematiksel olarak modellenmeye çalışılmıştır. BKÇO ve B/Ç oranında yapılan çeşitli değişikliklerin sonucu olarak, çıktıların ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olup olmadığı “İki Örneklem T Testi” ve “ANOVA” analizleri ile ortaya konulmaya çalışılmıştır. Çıktı değişkenlerinin eniyilenmesi amacıyla kontrol edilebilen süreç değişkenlerinde değişiklik yapılmasında ise “Deney Tasarımı” kullanılmıştır.

Bölüm 2’de, çalışmada kullanılan istatistiksel yöntemler hakkında bilgiler verilmiştir. Bölüm 3’de deney tasarımı hakkında bilgiler verilmiştir. Bölüm 4’de Naylon 66 iplik üretimi anlatılmıştır. Bölüm 5’de ise yapılan deneysel çalışmalar, deneylerde kullanılan malzeme ve ölçüm cihazları ile ilgili bilgiler verilerek yapılan testler ele alınmıştır. Bölüm 6’da deneyler sonucunda ulaşılan bulgulara ve yorumlara yer verilmiştir. Bölüm 7’de ise deneyler sonucunda elde edilen veriler değerlendirilip, sonuçlar yorumlanmıştır.

BÖLÜM 2 - İSTATİSTİKSEL TEKNİKLER

2.1 Giriş

Temel amacı; durum tespiti yapmak, kıyaslamak / karşılaştırmak, tahmin etmek ve karar vermek olan istatistik; belirli amaçlar için verilerin toplanmasını, işlenmesini, betimlenmesini, çözümlenmesini ve yorumlanmasını sağlayan araç, yöntem ve teknikleri içeren bir bilim dalıdır. İstatistik; temel olarak konular açısından, betimsel (tanımlayıcı) istatistik (descriptive statistics) ve çözümsel (çıkarımsal) istatistik (inferential statistics) olarak ikiye ayrılır (Işığışık, 2005).

Uygulama alanı çok geniş olan istatistiğin sayı ve sayısal çözümleme anlamları dışında, sayılar arasındaki ilişkileri anlama, açıklama ve sınıflandırma amacı da vardır. İstatistiğin bu yaklaşımına betimsel istatistik adı verilir. İstatistik, firma içinde üretilen veya firma dışından ara ürün olarak gelen ürünlerin tamamını kontrol etmek yerine, söz konusu anakütleden (yığından, partiden) örnek almak suretiyle, kalite özelliğine ilişkin elde edilen gözlem değerlerine dayanarak anakütlenin tamamı hakkında çıkarımda bulunmak (genelleme yapmak) için de kullanılan bir araçtır. İstatistiğe ilişkin bu yaklaşıma ise çözümsel (çıkarımsal) istatistik adı verilir. Betimsel istatistik konuları arasında merkezi eğilim ölçüleri (ortalamalar), değişkenlik ve bölünme (dağılım) şekli, endeksler ve oranlar bulunurken; olasılık kuramı, örnekleme kuramı, tahminleme kuramı, varsayım testleri ve karar alma kuramı, regresyon ve uygunluk (korelasyon) analizi, zaman serileri analizi vb. konular çıkarımsal istatistik içinde yer alır (Işığışık, 2005).

Veri türleri nicel ve nitel olmak üzere olmak üzere ikiye ayrılır. İstatistiksel terimler Tablo 2.1'de belirtildiği gibi dört farklı ölçme düzeyinde (ölçekle) ölçülür. En duyuşsız (zayıf) ölçek türü olan sınıflayıcı ölçekten, oranlı ölçeğe doğru duyarlılık düzeyi artmaktadır (Işığışık, 2005).

Tablo 2.1: Ölçek türleri ve özellikleri (Işığışık, 2005)

	ÖLÇEK TÜRÜ			
	Sınıflayıcı	Sıralayıcı	Eşit Aralıklı	Oranlı
Değişken veya Veri Türü	Nitel	Nitel	Nicel	Nicel
Temel Karşılaştırma	Kimlik	Sıra / Sıralama	Aralıklar	Mutlak büyüklükler
Tipik Örnekler	Cinsiyet, Medeni durum, Göz rengi, Meslek, Araba Plakaları	Rütbelere, Ünvanlar, Marka tercihi, Toplumsal sınıf, Bölüm Tercihi	Sıcaklık ölçeği, Başarı puanı, Markaya karşı tutum	Satış Miktarı, Müşteri sayısı, Ağırlık, Zaman, (Mutlak değeri olan herşey)
Ortalama Değer	Mod	Ortanca	Aritmetik ortalama	Bütün İşlemler
Kullanılacak İstatistiksel Teknik	Sıklık (Frekans), Yüzde, Mod, Ki Kare Testi, Parametrik olmayan testler	Medyan, Kartiller arası fark, Yüzdeler, Parametrik olmayan işaret testi,	Aritmetik ortalama, Standart sapma, değişkenlik, Pearson uygunluk katsayısı, T testi, F testi, Parametrik olmayan testler	Her türlü istatistiksel test
Sayıların Sırasının Anlamı	Yok	Var	Var	Var
Sayılar Arasındaki Uzaklığın Anlamı	Yok	Yok	Var	Var
Başlangıç (Sıfır) Noktasının Anlamı	Yok	Yok	Yok	Var

Tablo 2.2’de girdi ve çıktıların veri tipine göre hangi istatistiksel tekniğin kullanılabileceği gösterilmektedir.

Tablo 2.2: İstatistiksel tekniğin seçimi (Işığışok, 2005)

		ÇIKTILAR	
		Nitel	Nicel
GİRDİLER	Nitel	Oran testleri, Ki Kare Testi	T testi, F Testi, ANOVA, DOE, Regresyon
	Nicel	Lojistik regresyon, Diskriminant analizi	Uygunluk, Çoklu regresyon

2.2 Uygunluk (Korelasyon) ve Regresyon Analizleri

Hem çıktı hem de girdi değişkeninin sürekli olması durumunda uygunluk ve regresyon analizlerine başvurulur. Uygunluk analizi, iki değişken arasındaki ilişkinin yönünü, şiddetini ve doğrusallığını gösteren istatistiksel bir analiz olup, değişkenler arasındaki karşılıklı ilişkinin uygunluk katsayısı ile hesaplanmasını ifade eder. Uygunluk katsayısı hangi değişkenin diğer değişken ile doğrusal ilişki içinde olduğunu belirleyemediğinden, fonksiyonel ilişkiyi ortaya koyamaz. Sadece değişkenlerden biri ile diğeri arasında aynı veya ters yönde, zayıf veya kuvvetli bir doğrusal ilişki olup olmadığını belirler. Ancak, kuramdan ve gerçeklerden gelen bilgiyle bu ilişkinin hangi değişkenden kaynaklandığını sezgisel olarak bilebiliriz. Diğer taraftan çıktı değişkeninin $Y = f(X)$ veya $Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots)$ şeklinde bir veya birden fazla değişken tarafından etkilenip etkilenmediği regresyon analizi ile ortaya konur (Işığışok, 2005).

İlgilenilen araştırma konusu, iki değişkenden birinin diğeri üzerinde bir etkisinin ortaya konması biçimindeyse, etki yaratan değişkene bağımsız (açıklayıcı girdi) değişken denir ve X ile gösterilir. Etki altında kaldığı düşünülen özellik ise bağımlı (açıklanan, çıktı, sonuç) değişken olarak adlandırılır ve Y ile gösterilir. İki değişken arasında bir nedensellik ilişkisi olmamasına karşın, birlikte hareket ediyorlarsa hangisine X, hangisine Y denildiği önemli değildir (Işığışok, 2005).

İki veri topluluğu arasında uygunluk olup olmadığına bakmak için Minitab veya Excel bilgisayar programları kullanılabilir. Her iki program tarafından, sonuç olarak verilen değer Pearson uygunluk katsayısıdır. Katsayı -1 ile $+1$ arasında değerler almaktadır. Negatif değerler ters ilişki olduğunu gösterirken, pozitif değerler ise doğrusal ilişki olduğu anlamına gelir. Bu katsayının (mutlak değer olarak) $0,20$ 'den küçük olduğu durumlarda iki veri grubu arasında bir ilişki olmadığı net bir şekilde ifade edilirken, $0,80$ 'den büyük olduğu durumlarda ise iki veri grubu arasında bir ilişki olduğu net bir şekilde ifade edilir. Minitab programının verdiği P değeri ise $0,05$ 'den küçükse, uygunluk katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olduğu şeklinde yorumlanır.

Değişkenler arasındaki ilişkinin fonksiyonel şekli veya matematiksel kalıbı regresyon analizi tarafından ortaya konur. Basit doğrusal regresyon modeli

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon \quad (1.1)$$

şeklinde iken, basit doğrusal regresyon denklemi

$$E(Y) = \beta_0 + \beta_1 X \quad (1.2)$$

biçiminde ve tahmin edilen basit doğrusal regresyon denklemi

$\hat{Y} = b_0 + b_1 X$ olarak gösterilir. Kuşkusuz regresyon denkleminin doğrusal olması dışında parabolik (ikinci dereceden) ve kübik (üçüncü dereceden) olması da olanaklıdır (Işığışçok, 2005).

Minitab istatistiksel bilgisayar programında regresyon analizi yapıldığında bakılması gereken en önemli nokta analizin P değeridir. P değeri $0,05$ 'den küçük ise aradaki ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu anlaşılır. Analiz sonucunda bakılması gereken diğer önemli nokta ise ayarlanmış R^2 değeridir ($R^2(\text{adj.})$). Ayarlanmış R^2 değeri, çıktı değişkenindeki değişmelerin yüzde kaçının girdi değişkeni tarafından açıklandığını (belirlendiğini) ortaya koyar. $\%80$ 'nin üstündeki ayarlanmış R^2 değeri, çıktuların giridi tarafından iyi açıklandığı anlamına gelir.

2.3 İki Örneklem T Testi (2 Samples T Test)

İki anakütle ortalamalarına ilişkin varsayım testlerinin amacı, seçenek (alternatif) varsayımda (araştırma varsayımında) ileri sürülen varsayımın kabul edilip edilmeyeceğinin belirlenmesidir. Diğer varsayımın tek başına test edilmesi olanaksız olup, sıfır varsayımı test edilerek diğer varsayımın eldeki kanıtlarla desteklenip desteklenmediğine bakılır. Söz konusu sıfır varsayımın test edilmesi aşamasında, örneklem ortalamaları arasındaki farktan yararlanılır ve kanıt anakütle ortalamaları arasındaki farkın olup olmadığı yönünde çıkarımda bulunulmasını sağlar (Işığışok, 2005).

Sürekli verilerin kullanıldığı iki anakütle ortalamalarına ilişkin varsayım testleri de bazı ortak gerekliliklere dayanır. Bu gereklilikler şunlardır (Işığışok, 2005):

Örneklem biribirinden bağımsızdır ve rastsaldır

Her bir anakütleden çekilen örneklem (veriler) normal veya normale yakın dağılır.

Anakütle değişkenlikleri bilinmemekle birlikte birbirine eşittir.

Ortalamaların kullanılması nedeniyle, bağımsız iki örneklem t testlerindeki veriler, eşit aralıklı veya oranlı ölçme düzeyine sahip sürekli verilerdir. Bağımsız iki anakütle ortalamasına ilişkin testler için, ileri sürülebilecek seçenek varsayıma (araştırma hipotezi) ilişkin şu iki örnek verilebilir (Işığışok, 2005):

1. A dağıtım şirketinin ortalama çevrim zamanı, B dağıtım şirketininkinden farklıdır; $H_a : \mu_1 \neq \mu_2$ (1=A, 2=B dağıtım firmasını göstermektedir).

2. Beyaz yakalıların ücretleri mavi yakalıların ücretlerinden daha fazladır;

$$H_a : \mu_{beyaz} > \mu_{mavi}$$

İki anakütle ortalamasına ilişkin diğer varsayımlarda, herhangi bir bilinen veya test edilen değer bulunmamaktadır. Bu seçenek varsayımlar, doğrudan test edilemediğinden, onların sıfır varsayımı ile birlikte yazılmaları gerekir. Bu durumda, yukarıdaki örneklere ilişkin varsayım takımları şöyle oluşturulabilir (Işığışok, 2005):

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 \tag{1.3}$$

$$H_a : \mu_1 \neq \mu_2 \tag{1.4}$$

$$H_0 : \mu_{beyaz} = \mu_{mavi} \quad (1.5)$$

$$H_a : \mu_{beyaz} > \mu_{mavi} \quad (1.6)$$

Buradaki varsayım takımlarından birinci örneğin açık anlamı şudur. A dağıtım şirketinin ortalama çevrim zamanı B dağıtım şirketinkine eşit olduğu sıfır varsayımı, iki dağıtım şirketinin ortalama çevrim zamanlarının eşit olmadığı seçenek varsayımına karşı test edilmektedir (Işığışok, 2005).

İki veri grubunun ortalamaları arasında istatistiksel olarak farklılık olup olmadığının incelenmesi iki örneklem t testi ile yapılır. 2 örneklem t testinin yapılışı şu şekilde özetlenebilir:

1. Verilerin normal dağılıp dağılmadığı kontrol edilir.
2. İki örneklem t testinin yapılabilmesi için verilerin değişkenliklerinin eşit olup olmadığının incelenmesi gerekir. Verilerin değişkenliklerinin eşit olup olmadığı, Minitab programındaki ‘‘eşit değişkenlik testi’’ (test for equal variances) ile kontrol edilir. Bu test, kendi içinde iki ayrı testin sonucunu verir. Bunlar F testi ve Levene testidir. Eğer veriler normal dağılıma sahipse F testine bakılır, normal dağılmıyor ise; Levene testine bakılır. Sonucuna bakılacak testin P değeri önem arzeder. Eğer P değeri %5’den (0,05) küçükse incelenen verilerin değişkenlikleri arasında farklılık vardır. Eğer P değeri %5’den büyükse verilerin değişkenlikleri arasında istatistiksel olarak farklılık yoktur denebilir.
3. Minitab programında 2 örneklem t testi seçilir. Verilerin değişkenliklerinin eşit olup olmadığı bilgisi programa işaretlenir ve program çalıştırılır.
4. Elde edilen sonucun P değeri önemlidir. Eğer P değeri 0,05’den küçükse H_a varsayımı kabul edilir. Yani, ortalamalar arasında istatistiksel bir farklılık olduğu söylenir. Eğer P değeri 0,05’den büyükse sıfır varsayımı kabul edilmez ve ortalamalar arasında istatistiksel olarak farklılık olmadığı söylenir.

2.4 Değişkenlik Analizi (ANOVA)

Girdi değişkenin ikiden fazla olması durumunda veri gruplarının ortalamalarının birbirinden farklılığını bulmak için değişkenlik analizi olarak da bilinen ANOVA (analysis of variance) testi uygulanır. ANOVA testi, karşılaştırması yapılan gruplar

(girdi düzeyleri) arasında istatistiksel bir fark olup olmadığını ortaya koyar. Adı değişkenliklerin analizi olsa da gerçekte ortalamaları kıyaslar. Ancak test, değişkenliklerden yola çıkarak hesaplama yaptığı için değişkenliklerin analizi (ANOVA) adını almıştır. ANOVA analizinde aşağıdaki gerekliliklerin sağlanması istenir (Işığışık, 2005):

1. Örneklem veriler süreklidir.
2. Örneklem verileri bağımsızdır.
3. Anakütle normal dağılıma sahiptir.
4. İki anakütle karşılaştırılmasında anakütlelerin değişkenlikleri birbirinden farklı değildir.

Bu gereklilikler aynı zamanda parametrik varsayım testlerinin gereklilikleridir. k örneklem ortalamasına ilişkin varsayım testi olarak da adlandırılan değişkenlik analizinde (ANOVA) varsayımlar şu şekilde ifade edilebilir (Işığışık, 2005).

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k \quad (1.7)$$

$$H_a : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \dots \neq \mu_k \text{ (en az biri farklı)} \quad (1.8)$$

İki anakütle ortalamasına ilişkin varsayım testlerinde olduğu gibi, ikiden fazla anakütle ortalamasının karşılaştırılmasına ilişkin varsayım testlerinde veya aynı anlama gelmek üzere, ANOVA'da da değişkenliklerin eşitliği (homojenliği) varsayımı önemlidir. Bu varsayım gereği aşağıdaki varsayımlar oluşturulur (Işığışık, 2005):

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2 \quad (1.9)$$

$$H_a : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 \neq \dots \neq \sigma_k^2 \text{ (en az biri farklı)} \quad (1.10)$$

Bu şekilde oluşturulan varsayımlardan H_0 varsayımının reddedilememesi durumunda, değişkenliklerin eşit olduğu söylenir ve bu bulgu, ANOVA'nın yapılabilmesi anlamına gelir (Işığışık, 2005).

Bu çalışmada kullanılan Minitab 14 programı, ANOVA testi için gerekli değişkenlik analizinde hem Bartlett; hem de Levene testi için test istatistiğini ve bu istatistiklerin

P değerlerini hesaplar. Verilerin normal dağılması durumunda Bartlett testinin kullanılması önerilmektedir. Verilerin normal dağılmayan bir yapıda olması durumunda Levene testine başvurulur. Her iki testte de P değerinin %5'in (0,05) stnde olması durumunda değişkenliklerin eşit olduğuna karar verilir. Bu bulgu ANOVA analizinin uygulanabilmesi için anlam taşır (Işığıok, 2005).

İkiden fazla veri grubunun ortalamaları arasında istatistiksel olarak farklılık olup olmadığının incelenmesi için yapılan ANOVA testinin yapılışı şu şekilde özetlenebilir:

1. Verilerin normal dağılıp dağılmadığı kontrol edilir.
2. Minitab programında tek yönlü (one way ANOVA) testi seçilir ve program çalıştırılır.
3. Elde edilen sonucun P değeri önemlidir. Eğer P değeri 0,05'den küçükse H_a varsayımı kabul edilir. Yani veri gruplarının ortalamaları arasında istatistiksel bir farklılık olduğu söylenir. Eğer P değeri 0,05'den büyükse H_o varsayımı kabul edilir ve ortalamalar arasında istatistiksel olarak farklılık yoktur denir.
4. ANOVA testinin sonucunun sağlıklı olması için için artıkların (residuals) normal dağılım göstermesi, uygunlaştırılmış verilerin ise (fits) değişkenliklerinin farklı olmaması istenir. Bu test, kendi içinde iki ayrı testin sonucunu verir. Bunlar Bartlett testi ve Levene testidir. Eğer veriler normal dağılıma sahipse Bartlett teste bakılır, normal dağılmıyor ise de Levene testine bakılır. Sonucuna bakılacak testin P değeri önem arzeder. Eğer P değeri %5'den (0,05) küçükse incelenen verilerin değişkenlikleri arasında farklılık vardır. Eğer P değeri %5'den büyükse verilerin değişkenlikleri arasında istatistiksel olarak farklılık yoktur denebilir. ANOVA'nın sonucunun sağlıklı olması için değişkenlikler arasında farklılık olmaması gerekir.

BÖLÜM 3 - DENEY TASARIMI

3.1 Giriş

Endüstride ürün kalitesine etki eden süreç değişkenlerini sistematik olarak inceleyebilmek için tasarlanmış deneyler kullanılmaktadır. Ürün kalitesine etki edecek süreç koşullarını belirledikten sonra, ürünün üretilebilirliğini, güvenilirliğini, kalitesini ve başarısını arttırmak için gerekli geliştirme çabaları deney tasarımı çalışmaları ile yönetilebilir.

Kaynaklar sınırlı olduğu için, yapılan her deneyden en fazla bilgiyi almak çok önemlidir. İyi tasarlanmış deneyler ciddi ölçüde daha çok bilgi üretir ve gelişigüzel, ya da plansız yapılan deneylere oranla daha az deneme gerektirir (Minitab, 2000).

Deney tasarımı, gerek ürün veya süreç tasarımındaki kritik kalite sorunlarının çözülmesinde gerekse de üretimdeki kritik kalite sorunlarının çözülmesinde etkin olarak kullanılabilir.

Burada bir ürün için kritik kalite sorunu, kabul edilebilir hata oranının üzerinde, klasik mühendislik yöntemleri ile çözülmesi çok zaman alan ve bu yöntemlerle çözümü pahalı olan sorunlar olarak tanımlanabilir. Deney tasarımı tekniği "kalite ürünle birlikte tasarlanmalıdır" anlayışının çok etkin bir uygulaması olarak ortaya çıkar ve bu teknik kullanılarak tüm yeni ürün ve süreç tasarımlarında daha üretime geçmeden oluşabilecek tüm kritik kalite sorunları giderilebilir ve böylece önemli bir kalite seviyesi yakalanır ve maliyette önemli bir düşüş olur.

Ürün veya üretim sisteminde belirlenen kritik kalite sorunlarının çözümüne yönelik değişik kalite geliştirme çalışmaları yapılabilir. Ancak, bu çalışmalar belirli bir sistematik içinde kalite araç ve tekniklerini kullanılmadan gerçekleştirilirse, istenen amaca ulaşmak oldukça uzun bir zaman alabilir. Bu yüzden üründe veya üretim

sisteminde belirlenen sorunların çözümüne yönelik olarak birtakım araştırmalar yapılır. Bu araştırmalarda öngörülen deneylerin anlaşılır ve üzerinde yorum yapılabilir olması için uzun süren ön çalışmalarla alt yapısı hazırlanmalı ve iyi tasarlanmalıdır.

Ürünün ve / veya üretim sisteminin başarımını (performans) etkileyen etkenlerin ve bunların etki seviyelerinin belirlenmesi ile başlayan bu ön hazırlık aşamasında beyin fırtınası, balık kılıcı ve hata ağacı gibi kalite araçlarının kullanılması gereklidir. Yapılan ön hazırlıklar genelde deneyin oluşum mekanizmasına da yansiyarak değişik deneysel tasarım yöntemlerinin oluşmasına neden olur. Bu deneysel tasarım yöntemleri, temelde aynı amaca hizmet etmekle birlikte, sonuca en kısa sürede ve en çok kazançla ulaşabilmek için gerek ön çalışma, gerekse deney çapraz listesinin oluşturulmasında farklı yollar izlemektedir.

Deneysel tasarım yöntemleri yeni ürün veya varolan ürünün geliştirilmesi amacıyla,

- Temel yapıların değerlendirilip diğerleri ile karşılaştırılması
 - Malzeme seçeneklerinin değerlendirilmesi
 - Başarı üzerine etkili ürün özelliklerinin incelenmesi
- gibi mühendislik tasarım uygulamalarını içerir.

Deneysel tasarım yöntemleri incelenen sistemde;

- değişimlerin nedenlerini araştırmayı,
- bu değişimleri yok etmeyi veya değişimlere karşı güçlü bir sistem oluşturmayı hedefler.

Deneysel tasarım yöntemlerinde sistemi etkileyen tüm etkenler ele alındığı için normalde sistemdeki bir etkeni düzeltmekle elde edilebilecek fayda yerine, birkaç etkende küçük değişiklikler yaparak toplamda daha çok fayda sağlanabilir (Altı Sigma, 2006).

Deney tasarımı süreci dört ana grup altında incelenebilir:

1. Görüntüleme Tasarımları: Önemli az girdileri, önemsiz çok girdilerden ayırmak için ilk başta yapılan tasarımlardır. Genelde ana etkiler hakkında bilgi verir, etkileşimler hakkında fazla bilgi vermez. Kesirli etkensel deneylerin çok düşük çözünürlüklü olanları ve Taguchi Tasarımları (etkileşimlerin ele alınmadığı) bu sınıfa sokulabilir.

2. Tanımlama Tasarımları: Görüntüleme tasarımlarındakine göre daha az sayıda etkenin ana etkilerini ve ikili etkileşimlerini gösteren tasarımlardır. Kesirli etkensel deneylerin orta düzeyde çözünürlüklü olanları ve Taguchi Tasarımları (etkileşimlerin ele alındığı) bu sınıfa sokulabilir.

3. Eniyileme Tasarımları: Tanımlama tasarımlarında bulunan etkenlerin değişik düzeylerinde yapılp gerekli etkileşimlerin sonucu etkenlerin eniyilemesinin yapıldığı tasarımlardır. Yüksek çözünürlüklü kesirli etkensel ve tam etkensel deneyler bu sınıfa sokulabilir.

4. Modelleme Tasarımları: Önemli az etkenlerle sistemi en iyi ifade edecek denklemin bulunması. Tam etkensel deneyler ve yanıt yüzeyi yöntemleri bu sınıfa sokulabilir. (Cömert ve Arıtürk, 2004).

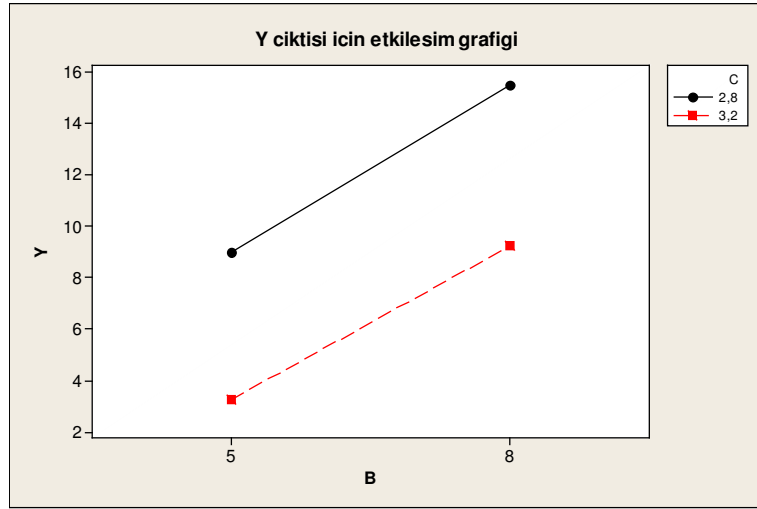
3.2 Etkensel Tasarımlar

Birçok araştırmada, çıktı değişkenini etkileyen etken sayısı iki veya daha fazla olabilir. Bu etkenler ve düzeyleri araştırmacı tarafından seçilir. Etkenlerin düzeylerinin oluşturduğu tüm deneme koşulları tüm deneme bileşimleri üzerine kurulduğu düzene etkensel düzen adı verilir. İlk etkenin düzey sayısı a, ikinci etkenin düzey sayısı b, ..., k'nci etkenin düzey sayısı k olsun. Bu durumda, $a \times b \times \dots \times k$ etkensel düzeninde, $a \times b \times \dots \times k$ kadar deneme bileşimi olduğu söylenir. (Erbaş ve Olmuş, 2006).

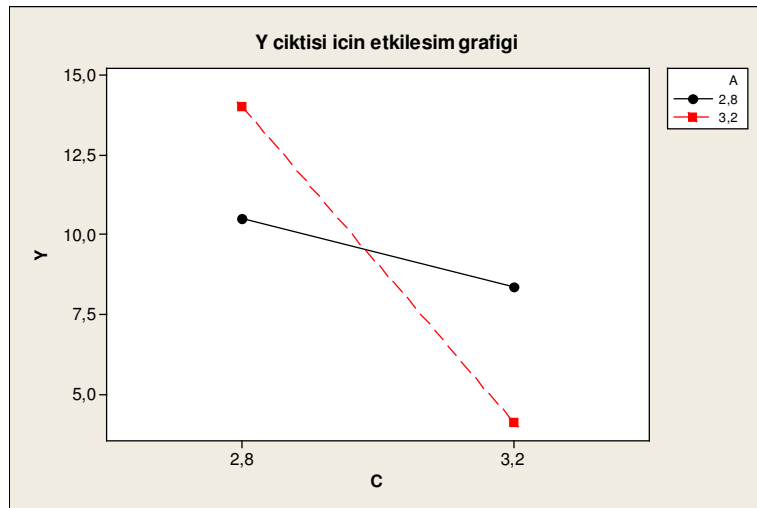
$2 \times 4 \times 3$ gösterimi, birinci etkeni 2, ikinci etkeni 4, üçüncü etkeni ise 3 düzeyine sahip olan toplam 3 etkenli ve 24 deney bileşimi olan bir tasarım anlamına gelmektedir. $2 \times 2 \times 2$ yada 2^3 gösterimi ise her birinin 2 düzeyi olan toplam 3 etkenli ve 8 deney bileşimi olan bir tasarım anlamına gelmektedir.

3.2.1 Tam etkensel tasarım

Çıktı değişkeninde meydana gelen değişim üzerinde her bir etkenin ayrı ayrı etkilerine ana etki denir. Bir etkenin çıktı üzerindeki etkisi diğer etkenin değişik düzeylerinde değişiyorsa bu iki etken etkileşim içinde demektir. Eğer iki değişken etkileşim halindeyse bu etkenlerin çıktı üzerindeki etkileri birbirinden bağımsız incelenemez. Sistemlerde uzun süredir çözülemeyen sorunlarda büyük olasılıkla etkileşimler mevcuttur. Bu sorunlar deneme yanılma ve her seferinde bir etken yaklaşımı gibi geleneksel yöntemlerle çözülmeye çalışıldığından uzun süre devam etmektedir.



Şekil 3.1: 2x2 etkensel düzende iki etken arasında etkileşim olmaması durumu



Şekil 3.2: 2x2 etkensel düzende iki etken arasında etkileşimin olduğu durum

Şekil 3.1’de 2x2 etkensel düzende iki etken arasında etkileşim olmaması durumu, Şekil 3.2’de ise 2x2 etkensel düzende iki etken arasında etkileşimin olduğu durum gösterilmektedir.

Tam etkensel deneyler, etkenlerin bütün düzeylerinde tüm bileşimleri incelediği için, ana etkiler hakkında bilgi verdiği gibi, tüm etkileşimler hakkında da bilgi verirler. Her seferinde bir etkenin ele alındığı deneylerden daha etkilidirler ve kolayca planlanıp analiz edilebilirler. Çok sayıda etken ve düzey olduğunda deney bileşimleri artacağından deney uzun sürebilir. Bu yüzden tam etkensel deneyler iyileştirme sürecinde, görüntüleme ve tanımlama tasarımlarıyla etken sayısı belirli bir sayıya düşürüldükten sonra, eniyileme ve modelleme tasarımlarında kullanılır. (Cömert ve Arıtürk, 2004).

3.2.2 (2^k) etkensel tasarım

2^k etkensel deneylerde her birinin ikişer düzeyi bulunan k tane etken bulunur. Örneğin 4 etken bulunan bir 2^4 deney düzeninde $2^4=16$ adet bileşim denenir. 16’dan 1 serbestlik derecesini çıkarttığımızda birbirinden bağımsız olarak hesaplanabilecek 15 etki kalır. Bunların 4’ü ana etki, 6’sı ikili etkileşim, 4’ü üçlü etkileşim, 1’i ise dördü etkileşimdir.

Etkileşimler önemli olsa da, gerçek hayatta üçlü, dördü ve daha fazla etkileşimin büyük olasılıkla önemli olmadığı açıktır. Bu nedenle 2^k etkensel deneylerde etken sayısı arttıkça deneylerin büyük bölümü etkileşimler için harcanmaya başlamaktadır. İkili etkileşimlerin dışındaki etkileşimlerin ihmal edilebileceği düşünülürse, deneylerin boyutu küçülecek böylece deney maliyeti azalacaktır. Kesirli etkensel deneylerde bu mantık üzerine kurulmuştur.

3.2.3 Kesirli etkensel tasarım

Bir 2^k düzeninde etken sayısı arttıkça deneme bileşimlerinin sayısı da artar. Örneğin bir 2^7 düzeninde, 128 tane deneme bileşimi vardır. Bu düzende, 7 serbestlik derecesi ana etkilere aittir. 21 serbestlik derecesi birinci derece etkileşimlere, 35 serbestlik

derecesi ikinci derece, 35 serbestlik derecesi üçüncü derece etkileşimlere karşılık gelir. Geriye kalan dört, beş ve altıncı dereceden serbestlik dereceden etkileşimler toplam 29 serbestlik derecesine sahiptir. Dolayısıyla etken sayısı arttıkça bu durum daha karmaşık olacaktır.

Araştırmacı, yüksek dereceden etkileşimleri göz önüne almasa bile veya bu etkileşim etkileri bloklar ile karıştırılmış olsa bile, hata kestirimi için büyük sayıda serbestlik derecesi kalacaktır. Böyle durumlarda, 128 gözlemin tam tekrarını uygulamak yerine gözlemlerin yarısını kullanarak gerekli bilgiler elde edilebilir. 2^7 etkensel düzenin yarı tekrarını kullanmak demek, bütün deneme bileşimlerini her birinde 64 deneme bulunan iki bloğa yerleştirmek demektir.

Bir deneyin yalnız bir kısmı uygulandığı zaman, elde edilen düzene kesirli etkensel düzen adı verilir. Bu etkensel düzenler, kalite kontrolü ve ürün gelişiminin çeşitli aşamaları başta olmak üzere endüstride sıkça kullanılırlar. (Erbaş ve Olmuş, 2006).

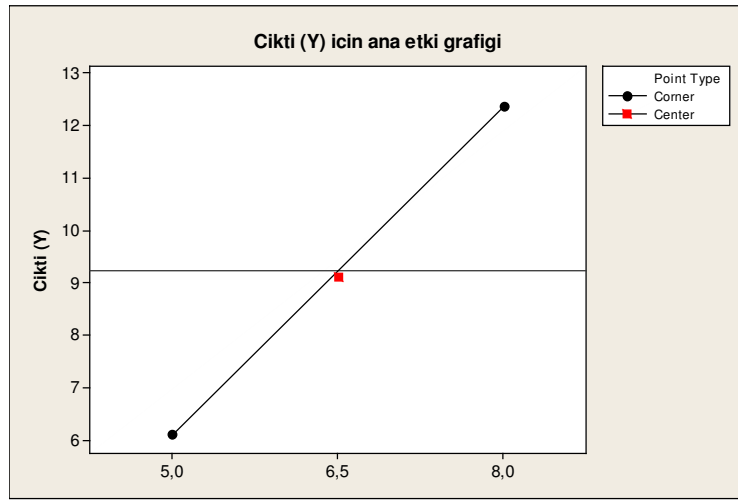
Bu yöntemin üstünlüğü, zaman ve paradan tasarruf sağlamasıdır. Olumsuz yanı ise, her bir ana etki ve etkileşim etkisi bir veya daha fazla sayıdaki diğer etki ve etkileşim etkileri ile karışacağından ayrı tahmin edilemezler.

Etken sayısının 7 olduğu bir tasarımda $2^7=128$ deney yapılması gerekirken, $1/2$ kesirli 2^7 etkensel bir tasarım için 64 deney, $1/4$ kesirli 2^7 etkensel tasarım için 32 deney, $1/8$ kesirli 2^7 etkensel tasarım için 16 deney, $1/16$ kesirli 2^7 etkensel tasarım için ise 8 deney yapılması gerekmektedir.

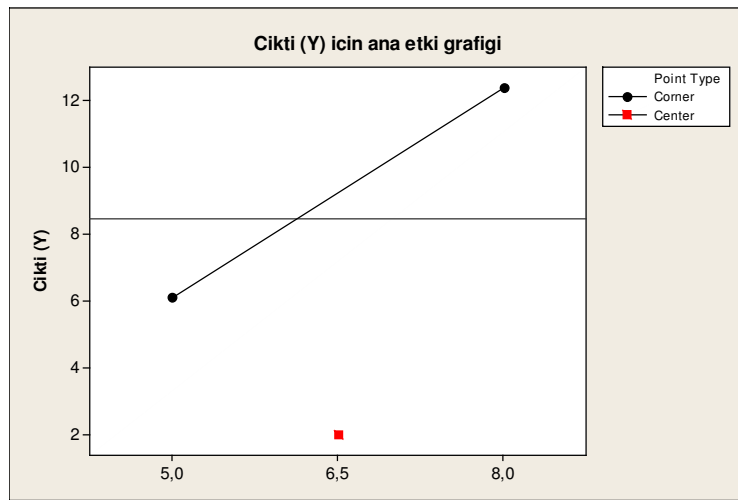
Kesirli deney düzeni uygulanmış tasarımlarda deneyin yarısının uygulanmasından kaynaklanan bilgi kaybı, bilgilerin aynı değişim kaynağı üzerine toplanması demektir. Aynı değişim kaynağı üzerine toplanmış etken ve etkileşimlere “eşad” denir. Araştırmacı bazı etken veya etkileşimlere ait bilgiyi bazı etken veya etkileşimlerle karıştırarak elde etmekte bir sakınca görmeyebilir. Bu etken veya etkileşimler birbirlerinin eşadı olacaktır. Deney hazırlanırken kurulacak düzende eşadlı olan etki etkileşimlerinin belirlenmesi gerekir (Çetin, 2005).

3.3 Yanıt Yüzeyi Tasarımları

2^k etkensel ve kesirli etkensel deney tasarımlarında bir etkenin iki farklı düzeyi test edilmektedir. Bu deneylere bir merkez noktası ilave edilerek, düzeyler arasındaki noktalar doğrusal mı yoksa eğrisel mi diye incelemek olanaklıdır. Tasarıma eklenen merkez noktası önemsiz çıkarsa, eğrisellik az ya da yok demektir (Şekil 3.3). Bu durumda birinci dereceden model yeterlidir. Tasarıma eklenen merkez noktası önemli çıkarsa, eğrisellik var demektir ve eniyilemeyi yapabilmek için yüksek dereceden model kullanılmalıdır (Şekil 3.4).

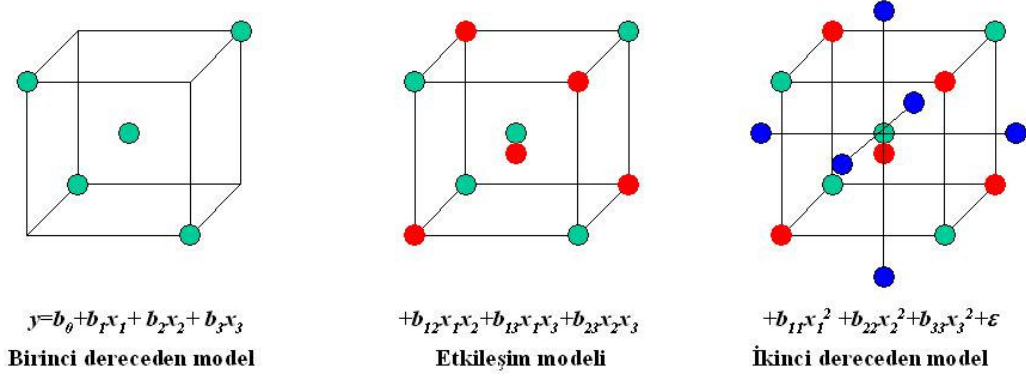


Şekil 3.3: Merkez noktasının etkili olmadığı durum (eğrisellik yok ya da az)



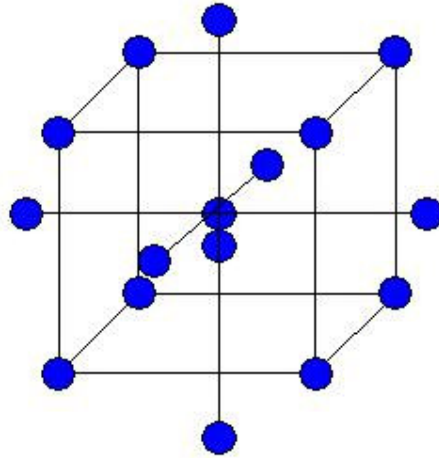
Şekil 3.4: Merkez noktasının etkili olduğu durum (eğrisellik var)

Birinci dereceden modeller bize sadece ana etkiler hakkında bilgi verir ve genelde düşük çözünürlüklü kesirli etkensel deneylerle elde edilir. İkinci dereceden modeller ana etkiler ve bunların etkileşimleri hakkında bilgi verir ve genelde yüksek çözünürlüklü kesirli ve tam etkensel deneylerle elde edilirler. Üçüncü dereceden modeller ana etkiler, etkileşimler ve ikinci dereceden etkiler hakkında bilgi verir ve yanıt yüzeyi yöntemi ile elde edilirler (Şekil 3.5).

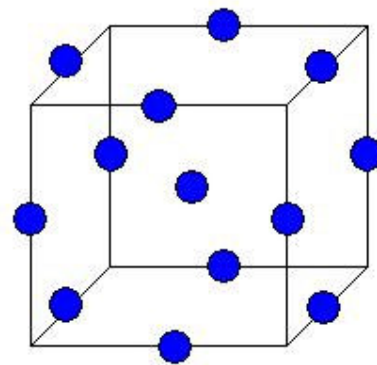


Şekil 3.5: Ardışık tasarım uygulaması

Sistemde eğrisellik etkili ise büyük olasılıkla eniyi noktanın civarında bir yerlerdeyiz demektir. Böyle durumda tasarıma yıldız noktalar ekleyerek sistemin ikinci dereceden modelini türetebiliriz. Bu tip tasarımlara genel kompozit tasarım denir (Şekil 3.6.a). Gerekli tanımlama ve eniyileme tasarımları yapılmadan, yani sistem hakkında fazla fikir sahibi olmadan yanıt yüzey uygulanmak istenirse yıldız noktaları olmaksızın sistemin her tarafını inceleyen Box Behnken modeli kullanılabilir (Şekil 3.6.b).

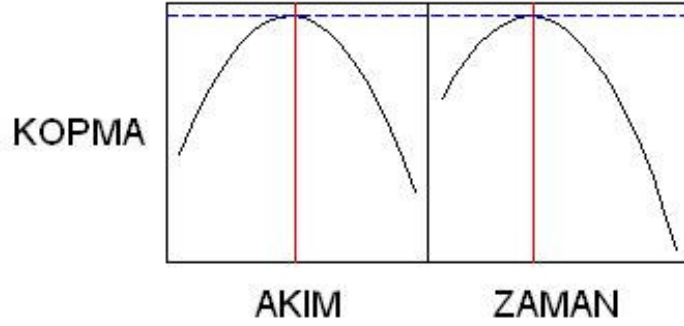


Şekil 3.6.a: Genel Kompozit Tasarım

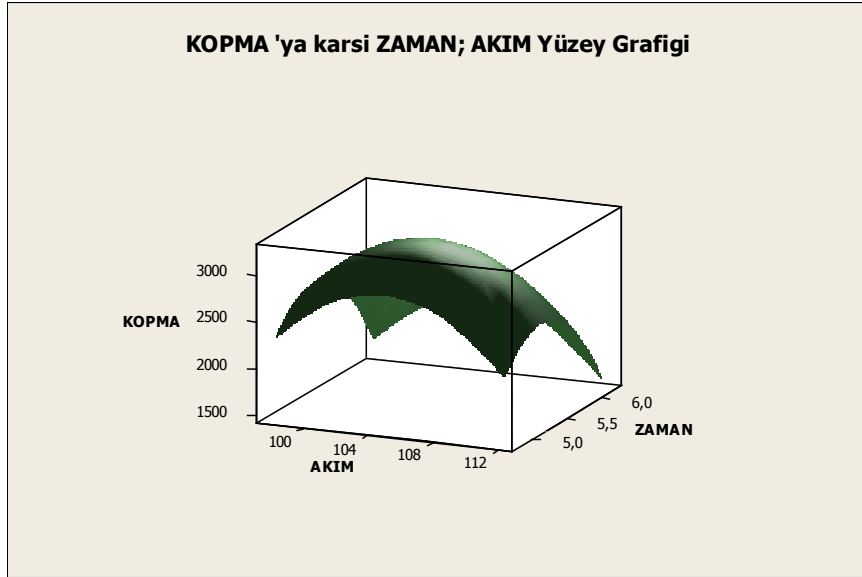


Şekil 3.6.b: Box Behnken Modeli

Yanıt yüzeyi tasarımının uygulanması sonucunda sistem ile ilgili model oluşturulur ve bunlar grafiksel olarak gösterilebilir. Şekil 3.7 ve 3.8’de verilen örnek grafiklerde, girdi değişkenleri olan akım ve zamanın, çıktı değişkeni olan kopma üzerine etkileri gösterilmektedir. Şekil 3.7’de yanıt eniyileyici (response optimizer), Şekil 3.8’de yüzey grafiği görülmektedir.



Şekil 3.7: Yanıt eniyileyici grafiği



Şekil 3.8: Yüzey grafiği

3.4 Karışım Tasarımları

Yanıt yüzeyi yönteminin bir çeşidi olan karışım tasarımları deneylerinde incelenen ürün karışık birçok maddeden oluşmaktadır. Böyle durumlarda çıktıyı etkileyebilecek

girdilerin düzeyleri karışımında bulunan maddelerin oranlarıdır. Amaç, çıktıyla girdiler arasındaki denklemleri oluşturarak ve girdilerin oranlarını ayarlayarak çıktının eniyileştirilmesini sağlamaktır.

En basit karışım tasarımında, çıktının değerleri, sadece girdileri oluşturan bileşenlerin birbiriyle bağımlı oranlarına dayanmaktadır. Bileşenlerin miktarları birbirine eklendiğinde bir toplam oluşmaktadır. Örnek: Limonata tadı limonatayı oluşturan limon, su ve şeker oranlarına bağlıdır.

Karışım – Miktar tasarımlarında çıktının değerleri, hem bileşenlerin birbiriyle bağımlı oranları hem de toplam miktara dayanmaktadır. Örnek: Hasatın çokluğu, kullanılan bitki ilaçlarının içeriklerindeki oranlara ve uygulanan bitki ilacının toplam miktarına bağlıdır.

Karışım – Süreç Değişkeni tasarımlarında çıktının değerleri, hem bileşenlerin birbiriyle bağımlı oranlarına, hem de süreç değişkenlerine dayanmaktadır. Süreç değişkenleri çıktıyı etkileyebilecek ama karışımın içinde yer almayan değişkenlerdir. Örnek: Bir kekin tadı, keki oluşturan malzemelerin oranlarıyla beraber pişirme sıcaklığı ve pişirme süresine de bağlıdır.

3.5 Taguchi Tasarımı

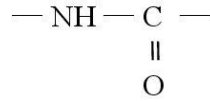
Deneysel çalışmanın vazgeçilmez olduğu alan ve sektörlerde, zaman ve maliyet açısından büyük bir külfet oluşturan deneyler, Taguchi Tasarımı kullanılarak sayıca azaltılabilmekte, daha ucuz ve verimli sonuçlar alınabilmektedir.

Çok daha az sayıda deney ile sonuca varmak üzere tasarlanan kesirli deneylerde, dikey (ortogonal) diziler kullanılmakta ve değişkenliği azaltmak için başarımlı ölçütü olarak, uygulamadaki sorunlara göre sinyal gürültü oranları (S/G) tanımlanmaktadır. Böylece klasik yöntemlere göre çok daha az maliyet ile çok daha kısa zamanda sonuç alınabilmektedir.

BÖLÜM 4 - NAYLON 66 İPLİK ÜRETİMİ

4.1 Giriş

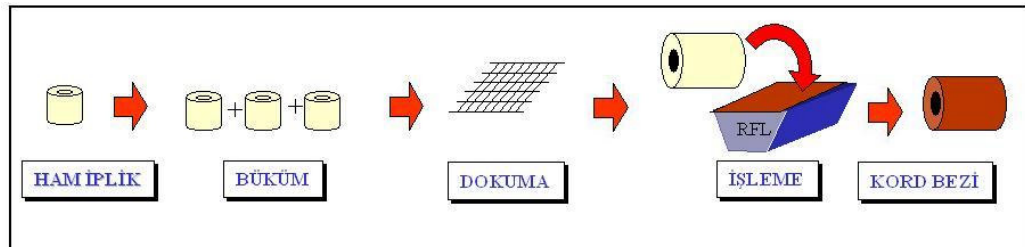
Poliamit elyaf, ana zincirleri üzerinde, amit bağı (Şekil 4.1) bulunan polimerlerden yapılmaktadır. Dr. W. Carothers tarafından bulunan poliamit, DuPont firması tarafından Nylon ismi ile ticarileştirilmiştir. Bu nedenle poliamitler geleneksel olarak Nylon adıyla anılırlar.



Şekil 4.1: Amit bağı

Poliamitler dayanıklı olmaları, aşınmaya karşı dirençli olmaları, büzülme oranlarının düşüklüğü, lif halinde ipeğimsi görüntüleri ve mikroorganizmalara karşı dirençleri nedeniyle elyaf yapımına uygun polimerlerdir. Ayrıca; düşük yoğunlukları, iyi boyanmaları ve uzun süreli kullanıma uygun oluşları açısından diğer doğal ve insan yapısı elyafa göre üstünlük sağlarlar. Daha çok halı, ip çorap, giyim eşyası, kord bezi ve döşeme türü ürünlerde tüketilirler (Saçak, 2006).

Lastik destek malzemesi olarak kullanılan kord bezi, naylon, rayon, poliester ve aramit gibi yüksek dayanımlı sentetik ipliklerden yapılmaktadır. Bu iplikler, büküm, dokuma ve işleme işlemlerinin sonunda kord bezine dönüşür (Şekil 4.2) ve son ürün olarak lastikte kullanılırlar.



Şekil 4.2: Kord bezi üretim süreci

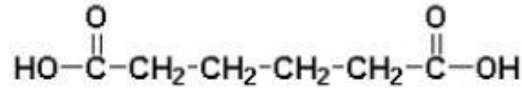
4.2 Naylon 66 İplik Üretim Süreci

Naylon 66 iplik üretimi temel olarak üç aşamalı bir süreçle yapılmaktadır.

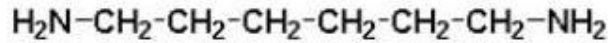
1. Tuz üretimi
2. Sürekli polimerizasyon (continuous polymerisation – CP)
3. İplik çekme (spinning)

4.2.1 Tuz üretimi

Naylon 66 üretiminde ana hammaddeler altı karbonlu zayıf bir asit olan adipik asit (AA) (Şekil 4.3) ile yine altı karbonlu kuvvetli bir baz olan heksametilen diamin'dir (HMD) (Şekil 4.4).

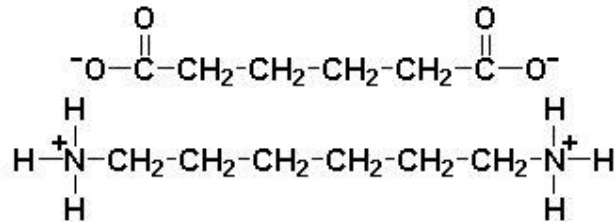
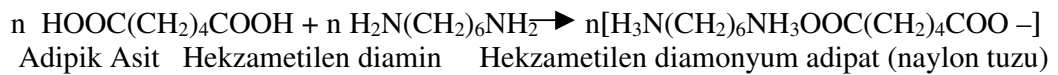


Şekil 4.3: Adipik asit



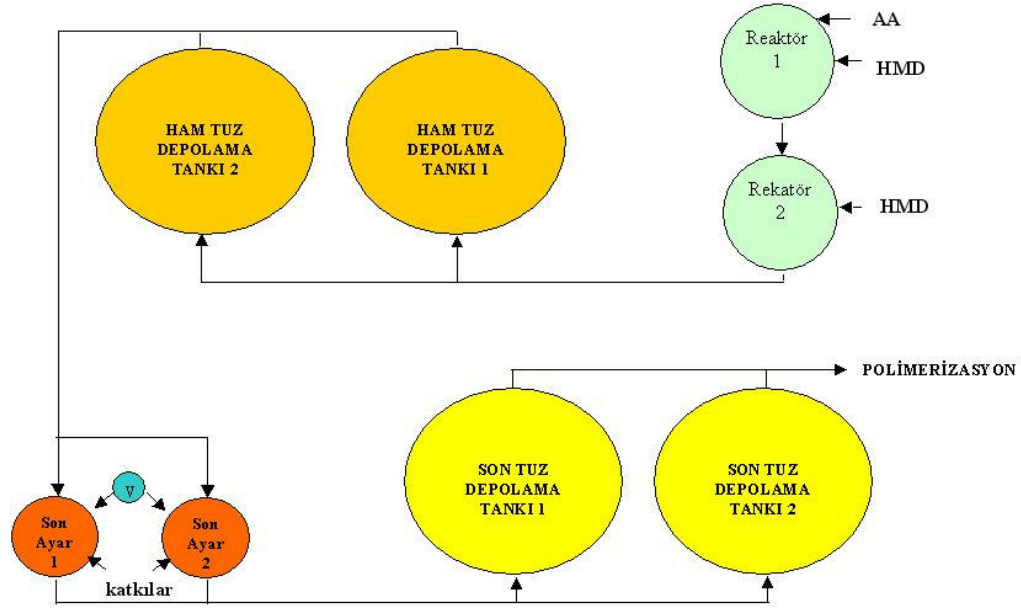
Şekil 4.4: Hekzametilen diamin

Su ile seyreltilmiş haldeki heksametilen diaminin ile toz halindeki adipik asit, dengeyi sağlamak amacıyla molekül oranı 1:1 olacak şekilde bir reaktör içerisinde karıştırılmak sureti ile asit baz nötralizasyonuna sokulur ve tuz (Şekil 4.5) haline dönüştürülür.



Şekil 4.5: Naylon 66 tuzu

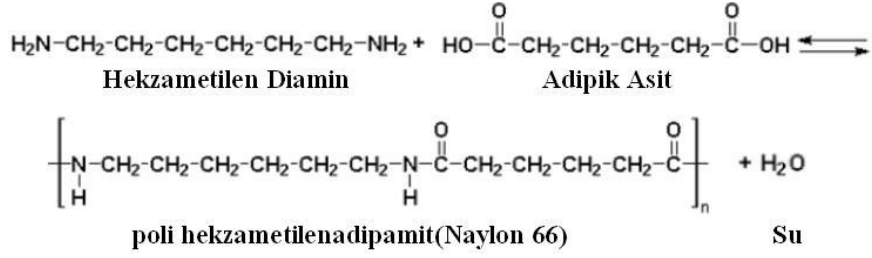
Denge sağlandığında tuzun pH değeri kontrol altında tutulur. Tuz yaklaşık olarak % 50'lik derişimde hazırlanır. Daha yüksek derişimlerde tuz elde edildiğinde, tuz çözeltisinin kristalize olmasını önlemek için daha yüksek sıcaklıklarda tutulması gerekir. Ancak, yüksek sıcaklıklarda depolanan tuz ise zamanla bozunur. Daha düşük derişimlerde ise ortama ilave edilen suyun daha sonra buharlaştırıcıda (evaporator) uçurmak için daha fazla enerji gerektirir. Polimerizasyon için gerekli katalizör, ve diğer yardımcı maddelerde tuz sahasında eklenir ve son tuz, polimerizasyon sahasına gönderilir (Şekil4.6).



Şekil 4.6: Naylon 66 tuz üretim süreci

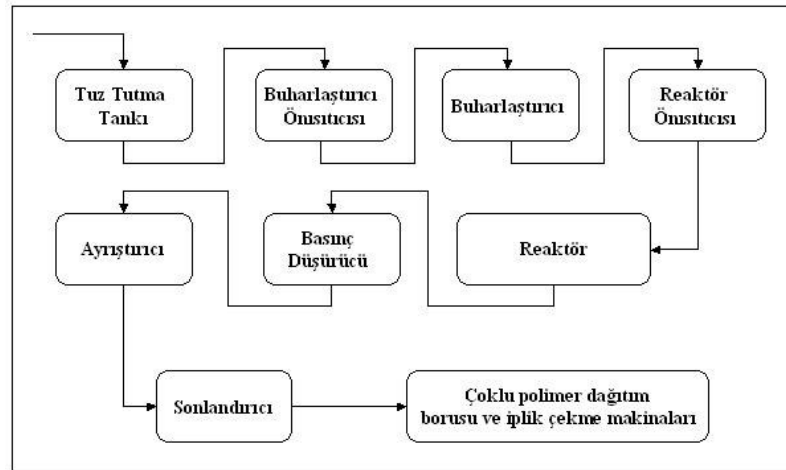
4.2.2 Sürekli polimerizasyon

Tuz sahasında hazırlanan tuz, sürekli polimerizasyon sahasındaki tuz tutma tankına basılır. Tuz, ön ısıtıcıda ısıtıldıktan sonra buharlaştırıcıya gelir ve suyu buharlaştırılır. Tuz daha sonra bir ısıtıcıdan daha geçirilir ve polimerizasyon sıcaklığına yaklaştırılır. Polimerizasyon tepkimesi reaktörde başlar ve çoklu dağıtım borusuna (manifold) kadar devam eder. Bir polikondenzasyon tepkimesi olan naylon 66 polimerizasyonu (Şekil 4.7) sistemden suyu ayırıştırma ve uzaklaştırma üzerine kurulmuştur.



Şekil 4.7: Naylon 66 oluşum tepkimesi

Yüksek dayanımlı endüstriyel iplik üretimi için gerekli yüksek molekül ağırlığına basınç düşürücü (flasher), ayırıştırıcı (separator) ve sonlandırıcı (finisher) gibi ekipmanlarla ulaşılır (Şekil 4.8). Basınç düşürücüde sıcaklık arttırılırken polimerizasyon tepkimesi devam etmektedir, hacim artışıyla beraber basınç düşmekte ve açığa çıkan su buharlaştırılmaktadır. Basınç düşürücü çıkışında %99,5'lik bir polimer derişimi vardır. Bu aşamaya kadar buharlaştırılan su, ayırıştırıcıda sistemden atılır. Ayırıştırıcı çıkışında %99,9'luk bir polimer derişimine ulaşılır. Sonlandırıcı, üzerindeki vakum jetleri sayesinde, vakum altında çalışan bir ekipmandır. Polimerizasyon tepkimesi sonucu açığa çıkan su, uygulanan vakum sayesinde dışarı atılır. Sonlandırıcı çıkışında %99,99'luk bir polimer derişimi vardır. Sonlandırıcıdan sonra sistem tamamen borulama şeklindedir. Tek bir hat boyunca ilerleyen polimer, çoklu polimer dağıtım borusu öncesi iki ayrı kola ayrılır. Polimer daha sonra eşit çoklu pozisyonlara ayrılarak iplik çekme ve sarma makinalarında iplik olarak bobinlere sarılır.



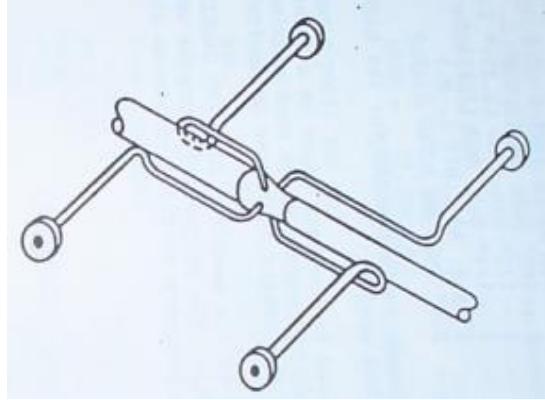
Şekil 4.8: Naylon 66 sürekli polimerizasyon süreci

4.2.3 İplik çekme makinaları

4.2.3.1 Pompa katı

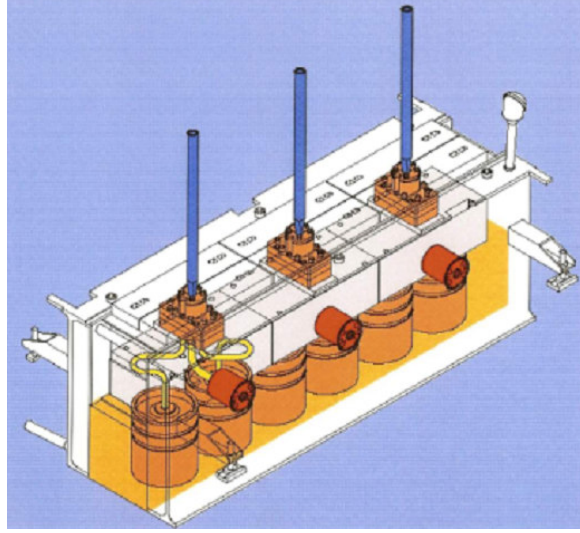
Taşıma hattından (transfer line) pompalanan polimer iki ayrı kola ayrıldıktan sonra her iplik çekme makinelerinin çoklu dağıtım borularına dağılır. Çoklu dağıtım boru sistemi, polimerin hatlar içerisinde, her iplik çekme pozisyonu için eşit süre kalabilecek ve eşit akım sağlayacak şekilde özel olarak imal edilmiştir.

Çoklu dağıtım borusu üzerindeki dağıtıcılar (splitter) öyle imal edilmişlerdir ki, polimerin çıkış noktalarındaki özellikleri her pozisyon için hemen hemen aynıdır (Şekil 4.9). Her dağıtıcı, polimeri dört eşit kısma ayrılarak dağıtım koluna verir. Her dağıtım kolu eşit büyüklükte ve uzunlukta ve geniş açılı dirseklerden oluşan ısıtma ceketli hatlardır. Polimerin, dağıtıcılardan pompa bloklarına aktarımı dirsekler sayesinde gerçekleştirilir.

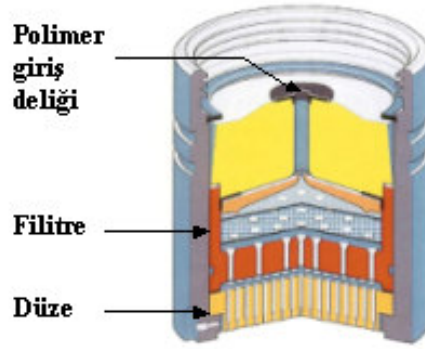


Şekil 4.9: Çoklu dağıtım borusu üzerindeki dağıtıcılar

Pompa bloğu üzerinde dirsek, ve pompa bulunmaktadır; düze (spinneret) sistemi ise pompa bloğunun altına bağlanmaktadır (Şekil 4.10). Dirsekten pompa bloğuna aktarılan polimer, daha sonra pompanın emiş hattına aktarılır. Pompa, içerisinde dişliler bulunan bir yapıya sahiptir. Pompa her dönüşünde devir başına belli gramajda polimer basabilmektedir. İpliğin dtex özelliğinin kontrolü pompanın dönüş hızının değiştirilmesi ile yapılmaktadır. Blok aynı zamanda, pompanın çıkışından düze sisteminin girişi için çıkış sağlamaktadır.



Şekil 4.10: Pompa bloğu



Şekil 4.11: Düze sistemi

Düze sistemi, giriş deliklerinin bulunduğu kapak, safsızlıkların tutulduğu filtre sistemi ve düzeden oluşmaktadır (Şekil 4.11). Polimer, düze sistemine, kapak üzerinde yer alan deliklerden girer ve filtre bölmelerine gelir. İçine metal tozu yerleştirilen filtre bölmeleri, ipliğin kalitesini bozacak jel parçalarını (çapraz bağlanma yapmış çok yüksek molekül ağırlıklı naylon 66), pislikleri ve diğer yabancı maddeleri tutar. Filtre bölmelerinden geçen polimer daha sonra düze sistemi içerisinde dağılarak, düzelerin kılcal boruları içerisinde basılır (Şekil 4.12). Düzeler, polimer akımlarını 940 dtex iplikte 140 life (filament) veya 1400 dtex'de 210 life, 1880 ve 2100 dtex'de ise 280 life ayırır. Düzelerden çıkan lifler uygun bir soğutma işleminden geçmeye hazır duruma getirilmişlerdir. Düze deliklerinin diziliş şekli ve iç yapıları iplik özellikleri üzerinde etkilidir.



Şekil 4.11: Polimerin lif haline dönüştürüldüğü düze örnekleri

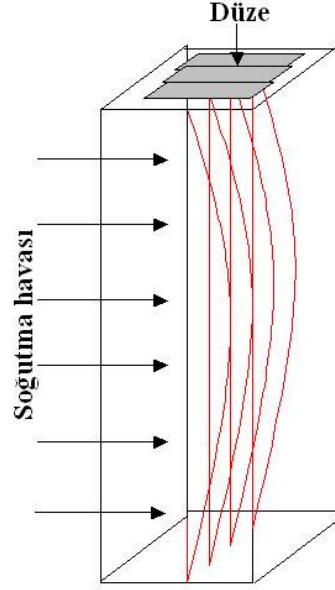
Pompa bloğu ve düze sistemi bir ısıtma ceketı içerisindedir. Yanlarda ve alt kısmında ısı yalıtımı mevcuttur. Üst kısımdaki yalıtım ise polimer sağlama dirseğini ve pompayı sıcak tutacak, aynı zamanda pompa bloğunun değiştirilebilmesinin rahatlıkla yapılabileceğini sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Isıtma ceketı istenilen sıcaklığı sabit tutabilmek için yağ buharı ile ısıtılmaktadır. Polimer, ısıtma ceketleri yardımıyla 260°C'nin üzerinde tutulmaktadır. Isıtma ceketleri polimerin düzelerden çıkış sıcaklığını, eriyik viskozitesini, lif hareketlerini etkilediğinden iplik çekme sürecinde bir ayar noktası olarak kullanılmaktadır.

4.2.3.2 Soğutma katı

Yüksek sıcaklıkta eriyik halde olan polimerin çekme işlemine tabi tutulabilmesi için soğutulması gerekmektedir. Soğutma işlemi lif demetleri üzerine hava üflenmek suretiyle yapılmaktadır. Sıcaklığı istenilen sıcaklık değerine ayarlanabilen bu soğutma havası, filtrelerden geçtikten sonra baca (chimney) boyunca dağılarak, iyi bir soğutma sağlanır (Şekil 4.13). Üflenen havanın sıcaklığı, miktarı ve nem oranı, ipliğin yönlendirmesinin önemli rol oynadığından iplik özellikleri ve kalitesi açısından önemlidir.

Lifler birkaç sıra halinde ve aralarına havanın rahatlıkla girmesini temin edilebilecek şekilde yerleştirilmişlerdir. Bacalara verilen hava, içerisinde ısıtma ve soğutma serpantinleri, filtreleri ve ilgili kontrol cihazları bulunan bir hava hazırlama (şartlandırma) sisteminden kanallara gelir.

Baca kapısı, içeriye düzensiz hava girmesini önleyerek hava akımını yönlendirir. Baca havası liflerin hareketlenmesini en aza indirecek ve yeterli soğumayı sağlayacak şekilde kontrol edilir.



Şekil 4.13: Baca (soğutma havası)

Hava akışı, hava şartlandırma ünitesinde kontrol edilir ve ölçülür. Hava sıcaklığı, ısıtma ve soğutma boruları üzerinde bulunan akış kontrol vanalarının otomatik kumandaları ile ayarlanır. Hava yüksek verimli filtreler vasıtasıyla temizlenmektedir.

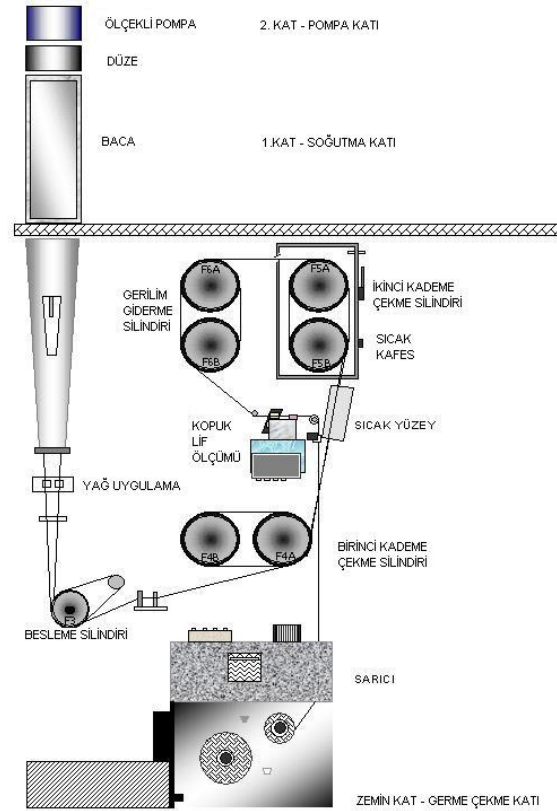
4.2.3.3 Germe-çekme katı

Bacayı terk eden lifler, birinci kata katlararası borudan geçerek gelirler. Katlararası boru, lif demetlerini dış havadan korudukları gibi, ilave kalış süresi sağlayarak arzu edilen sıcaklık seviyesine soğumalarını sağlar. Tüplerdeki katlararası basınç, zemin ve birinci katlardaki hava basıncı ile kontrol edilmekte olup, basınç pozitif olmalıdır. Yani birinci katın hava basıncı zemin kata göre daha yüksek olmalıdır. Bu sayede liflerin yukarıdan aşağıya akışı kolaylaşmaktadır. Katlararası tüpün üst ve alt kısmında bulunan ayırma çubukları ile iplik demeti iki kısma ayrılır (Şekil 4.14).

Lif demetleri daha sonra, yağ uygulama parçalarından geçerek üzerlerine, kontrollü miktarlarda yağ uygulanır, bu şekilde süreç için gerekli yağlama ve antistatik

özellikler verilir. Yağlama sistemi, her iplik pozisyonu için yağ temin eden bir sistemdir. Her iplik çekme makinesine ait, ayrı olarak yağ tedarik tankları, dolaşım pompaları, bulunur. Her pozisyonda ise ayrı yağ uygulama parçaları vardır. Yağ uygulama parçası liflere zarar vermeyecek şekilde tasarlanmış ve imal edilmiştir. Yağ uygulama parçası liflere zarar vermeyecek şekilde tasarlanmış ve imal edilmiştir. Yağ uygulama parçası liflere temas eder ve yağı ipliğe besler.

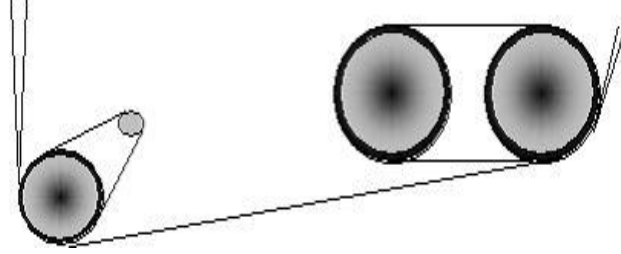
Her bir pozisyonda bulunan yağ uygulama hızı esas olarak uygulanan yağ miktarını belirler. Yağ sıcaklığı sabit tutulmalıdır, çünkü yağ viskozitesi sıcaklıkla değişmekte olup, bu da iplik üzerine beslenen miktarı etkilemektedir.



Şekil 4.14: İplik çekme makinası

Yağ üzerinden geçen iki ayrı iplik demeti ayırıcı çubuk ile ayrıldıktan sonra besleme silindiri ile çekilir. Besleme silindirinin devri, baca içerisinden geçen liflerin hızını belirlemektedir. İplik demetleri, besleme silindirine ve ayırma silindirine sarılırlar. Ayırma silindiri ile besleme silindirinin eksenleri birbirine göre eğri şekilde

konumlandırılmış olup, sarımların birbirlerine temasları önlenmiştir. İplik, besleme silindirinden sonra birinci kademe çekme silindirlerine sarılır.



Şekil 4.15: Besleme ve birinci kademe çekme silindirleri

Birinci kademe çekme silindiri besleme silindirine göre daha hızlı dönmektedir (Şekil 4.15). Bu nedenle iplik çekmeye tabi tutulmuş olur. Bu soğuk çekme işlemi, ipliğe daha sonra uygulanacak işlemler için gerekli olan yapı ve dayanımı verir. Besleme silindiri hızı ile birinci kademe çekme silindirlerinin dönüş hız oranları, birinci kademe çekme oranını (BKÇÖ)(First Stage Draw Ratio - FSDR) belirler. Birinci kademe çekme oranı liflerin boğazlanma noktasınının (soğuk çekme noktası) yerini belirleyeceğinden, iplikteki kopma ve kopuk lif seviyesi üzerinde önemli etkisi vardır.

Birinci kademe çekme silindirlerini terk eden iplikler, birinci kademe çekme silindirlerinden daha hızlı dönen ikinci kademe silindirlerince çekilmeye başlar. İkinci kademe çekme işlemi sıcak bir yüzey üzerinde yapılır. İkinci kademe çekmenin amacı, iplik moleküllerinin yapısını yeniden düzenlemek amacıyla, ipliğe istenilen dtex ve dayanımı sağlamaktır. Molekül yapı değişikliği ısıtılmadan yapılsa iplikte kopmalar meydana gelir. Bu sebeple ısıtma yüzeyi, iplikleri geçiş sıcaklığı üzerinde bir sıcaklıkta ısıtmaya yarar. İkinci kademe çekme miktarı, ikinci kademe çekme silindirlerinin hızının, birinci kademe çekme silindirlerinin hızına oranına bağlıdır. İkinci kademe silindir hızının besleme silindirinin hızına oranına makina çekme oranı (MÇÖ)(Machine Draw Ratio – MDR) denir. Bu oran ile iplik kopma dayanımı doğru orantılıdır.

İplikler, yeterli ısısal kılma özelliğinin ayarlanabilmesi için, ikinci kademe silindirleri üzerine sarılırlar. Sıcak kafes donanımı kapalı bir ortam oluşturup, içerisinde sıcak hava dolaştırarak ikinci kademe silindirleri üzerinde bulunan ipliği ısıtır. Böylece

ipliğin iç yapısının ısısal işleme gevşemesi sağlanır. Isısal işlem, ipliğin yüksek yapısal değişimini sağlamak ve dayanımını korumak için gereklidir. Sıcak kafes içindeki sıcaklık ile ipliğin ısısal kılma (sıcakta çekme) özelliği ayarlanır.

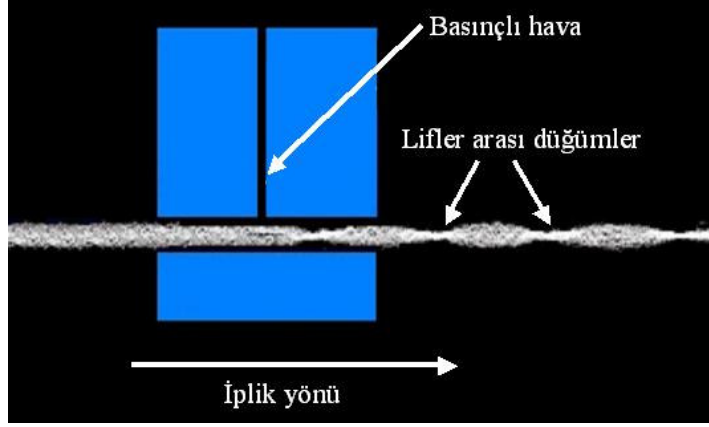
Sıcak kafes donanımını terk eden iplikler, gerilim giderme silindirleri üzerine sarılırlar ve bu şekilde rahatlatılıp soğumaları sağlanır. Gerilim giderme silindirleri, rahatlatma (relaxation) işlemini, ikinci kademe çekme silindirlerinden daha yavaş dönmek suretiyle sağlarlar. Gerilim giderme silindirleri ikinci kademe silindirleri ile sarıcı arasındaki gerilim profilini ayarlama etkidir. Buradaki rahatlatma oranı ipliğin belli bir yük altındaki uzama yüzdesinin ayarlanmasında kullanılır.

Gerilim giderme silindirlerini terk eden iplikler, iki ayrı demet halinde ilerlerler. Kopuk lif sayıcısı (Broken Filament Detector - BFD) iplik yolu üzerine konumlandırılmıştır. Kopuk lif sayıcısı, optik bir okuyucudur. (Şekil 4.16) İplikler sayıcıya çok yakın bir mesafeden geçerken, herhangi bir kopuk lif, sayıcının optik uçlarının arasından geçer ve sinyalin kesilmesine neden olursa bu bir sayaç tarafından bir kopuk lif olarak sayılır. Eğer kopuk lif sayısında yüksek değerler varsa, bu bir kalite probleminin olduğunu gösterir.



Şekil 4.16: Kopuk lif sayıcısı

İplikler daha sonra, lifler arası düğümlenme jetleri (interlace) arasından geçerek, liflerin birbirine düğümlenmesi sağlanır (Şekil 4.17). Böylece lif demetlerinin bir arada tutulmaları sağlanır. Bu işlem basınçlı havanın küçük deliklerden jet yaratılmak suretiyle lifler arasına üflenmesiyle yapılır. Lifler arası düğümlenmeden sonra iplikler son olarak bobinlerin üzerine sarıldığı sarıcı kısmına gelir ve bobin sarımı yapılır.



Şekil 4.17: Lifler arası düğümlenme

Sarım sistemi son işlem olarak bobinlerin sarıldığı kısımdır (Şekil 4.18). Sarım işlemi gergi kontrolü ile yapılmaktadır. İki bobinde sarım yapılırken iki bobin yedek olarak bekler.



Şekil 4.18: İki uçlu sarım makinası

BÖLÜM 5 – MALZEME VE YÖNTEM

5.1 Çalışma Alanlarının Belirlenmesi

Bu çalışmanın amacı yüksek dayanımlı Naylon 66 ipliğinin ısıl ve mekanik özelliklerinin eniyileştirilmesidir. Deneysel çalışmalar Kordsa Endüstriyel İplik Kord Bezi Sanayi AŞ'nin Naylon İplik tesislerinde gerçekleştirilmiştir. Kordsa Nylon İplik tesisleri iki ayrı hattan oluşmaktadır.

Hat-1 iplik üretim sahası: DuPont teknolojisi ile kurulan tesiste, ana hammaddeler olan Adipik Asit ile Hekzametilen diamin'nin sürekli polimerizasyonu sonucunda elde edilen Naylon 66 polimeri, iplik çekme makinalarında çekilmektedir.

Hat-2 iplik üretim sahası: DuPont teknolojisi ile kurulan granül haldeki hazır naylon 66 polimeri, katı hal polimerizasyonu sonucunda çekme makinasında (ekstruderde) eritilerek, iplik çekme makinalarında çekilmektedir.

Tez çalışmasının deneysel kısmı, Hat-1'de yapılmıştır. Tüm çalışmalar sabit bağlı akma hızına (relative viscosity – RV) sahip T-728 tipi ipliğin, 1400 dtex'inde yürütülmüştür. 1400 dtex iplik üretimi, Hat-1'deki tüm iplik çekme makinalarında da üretilebilmektedir. İkinci makinanın pozisyonel sürücü sistemine sahip olması ve sürekli 1400 dtex üretmesi nedeniyle tüm çalışmaların ikinci makinada yapılmasına karar verilmiştir.

5.2 Süreç Çıktı Değişkenlerinin Belirlenmesi

Lastik destek malzemesi olarak kullanılan endüstriyel amaçlı Naylon 66 ipliğinin bu çalışmada temel olarak üç tip fiziksel özelliği üzerinde durulacaktır:

Doğrusal yoğunluk (lineer density): Doğrusal yoğunluk, ipliğin temel özelliklerinden biri olup, 10000 metre ipliğin gram cinsinden ağırlığı olan dtex birimi ile ölçülmektedir.

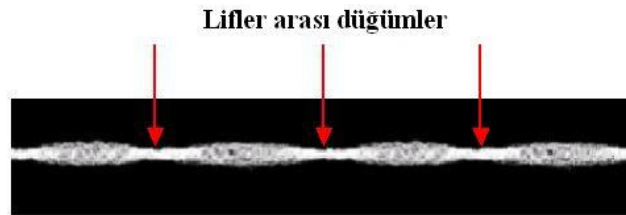
Mekanik özellikler: Bükme, germe, çekme, sıkıştırma gibi biçim bozucu dış kuvvetler karşısında gösterilen davranışları kapsar. Bu çalışmada söz konusu olan çok lifli bir iplik olduğu için çekme testi uygulanmakta ve kopma dayanımı, kopmada uzama, 45 Newton'da uzama gibi özellikler gözönünde bulundurulmaktadır.

Mekanik özelliklerinden farklı olarak mekanik kalite kavramı da üzerinde durulması gereken önemli bir noktadır. İpliğin mekanik kalitesi; kopuk lif sayısı, topak sayısı, ve lifler arası düğümlenme kavramları ile ele alınmaktadır (Şekil 5.1.a, 5.1.b ve 5.2). Başta tek kord müşterileri gelmekle beraber, her geçen artan müşteri beklenti seviyesi mekanik kalite özelliklerini son derece önemli hale getirmiştir. Bu nedenle bu çalışmada kopuk lif sayısı da incelenen özellikler arasına alınmıştır.



Şekil 5.1.a: Kopuk lifli iplik

Şekil 5.1.b: Topaklı iplik



Şekil 5.2: Lifler arası düğümler

Isıl özellikler: Polimerlerin önemli özelliklerinden biri, sıcakta çekmeleridir. Lastikte destek malzemesi olarak kullanılan Naylon 66'nın da sıcaklığa karşı boyutlarını koruması, yolda sürtünme ile ısınan lastiğin dayanıklılığının sürdürülmesi açısından

kritiktir. Bu nedenle yapılan çalışmada boyca yüzde (%) kısalma da incelenen özellikler arasına alınmıştır.

T-728 tipi 1400 dtex ipliğin fiziksel özellik hedefleri Tablo 5.1’de verilmiştir.

Tablo 5.1: T-728 1400 dtex fiziksel özellikleri

Özellik	Birim	Değer
Doğrusal yoğunluk	dTex	1415
Kopma Dayanımı	N	123.2
Kopmadaki Uzama	%	18.8
45 Newton’da Uzama	%	7.9
Isıl Kısalma	%	6.3
Yağ Oranı	%	0.8
Lifler Arası Düğüm	Düğüm/metre	11

Fiziksel özelliklerin dışında, mekanik kalite açısından, kopuk lif sayısının da en düşük sayıda olması istenir. Kopuk lif sayısına bobin boyunun (metraj) etkisini kaldırmak için kopuk lif sayısı milyon metredeki hata sayısına dönüştürülür (defect million end meter – dmem). Kopuk lif sayısının (KLS) bir milyon ile çarpımının, sarım süresi (SS) (dakika) ve sarım hızının (SH) (metre/dakika) çarpımına oranı bize milyon metredeki hata sayısını (MMHS) verir.

$$MMHS = \frac{KLS * 10^6}{SH * SS} \quad (5.1)$$

Yukarıda anlatılan özellikler içinden süreç çıktısı olarak incelenecek olanları; dtex, kopma dayanımı, 45Newton’da uzama, ısıl kısalma ve MMHS olarak belirlenmiştir.

5.3 Süreç Girdi Değişkenlerinin Belirlenmesi

Bu çalışmada seçilen süreç çıktıları hedefte ve en iyi mekanik kaliteyle üretilmesi amacıyla beş farklı inceleme alanı seçilmiştir.

- 1.Düze kılcal borularının boy ve çap oranlarının, süreç çıktıları üzerine olan etkilerinin incelenmesi
- 2.Birinci kademe çekme oranının, süreç çıktıları üzerine olan etkilerinin incelenmesi
- 3.Ceket sıcaklığı, soğutma havası akış miktarı, soğutma havası sıcaklığı, ve birinci kademe çekme oranının, süreç çıktıları üzerine olan etkilerinin incelenmesi
- 4.Makina çekme oranı, rahatlatma oranı ve sıcak kafes sıcaklığının, süreç çıktıları üzerine olan etkilerinin incelenmesi
- 5.Gerilim giderme ve ikinci kademe çekme silindir hızlarının, süreç çıktıları üzerine olan etkilerinin incelenmesi

5.3.1 Düze kılcal borusu boy ve çapı

Polimer, üzerinde çok ince delikler bulunan düzelerden basılarak lif haline getirilmektedir. Bu çalışmada, düzelerin kılcal borularının çıkış uzunlukları ve çapında değişiklikler yapılarak bunların çıktılar üzerindeki etkileri incelenmektedir (Tablo 5.2).

Tablo 5.2: Çalışması yapılan düzelerin sınıflandırılması

Sıra no.	Kod	Boy	Çap	Boy/Çap
1	A	130.7	100.0	1.31
2	B	153.8	100.0	1.54
3	C	176.9	130.7	1.35
4	D	153.8	130.7	1.18
5	E	153.8	115.4	1.33

Düze çalışmasında adlandırma şu şekilde yapılmıştır. 130.7 birim boya ve 100 birim çapa sahip bir düze A düzesi olarak adlandırılmaktadır. Kısaltma kullanımı açısından, boy B harfiyle, çap Ç harfiyle, boy/çap oranı da B/Ç olarak kodlanmıştır.

Standart üretimde E düzesi kullanılmaktadır. E düzesi ile diğer düzeler kıyaslanarak eniyileme yapılmaya çalışılmıştır. Çalışmada çıktılar, ANOVA, uygunluk ve regresyon testleri kullanılarak değerlendirilmiştir.

5.3.2 Birinci kademe çekme oranı

Birinci kademe çekme silindiri hızının, besleme silindiri hızı oranına, birinci kademe çekme oranını denir. Soğuk çekme işleminin yapıldığı bu yerde, boğazlanma noktasının nerede olacağını birinci kademe çekme oranı belirler. Çalışmada birinci kademe çekme oranının yerine BKÇÖ kısaltması kullanılmıştır. Beş farklı birinci kademe çekme oranı test edilmiştir (Tablo 5.3). Çalışmada orta değer (3.değer) 100 olarak gösterilmiş ve diğer değerler buna göre oranlanarak verilmiştir. Çalışmada çıktılar, uygunluk ve regresyon testleri kullanılarak değerlendirilmiştir.

Tablo 5.3: Birinci kademe çekme oranları

Sıra no	BKÇÖ
1	89.8
2	94.9
3	100.0
4	105.1
5	110.2

5.3.3. Ceket sıcaklığı, soğutma havası akış ve sıcaklığı, ve birinci kademe çekme oranı

Ceket sıcaklığı, soğutma havası akış oranı ve sıcaklığı ve birinci kademe çekme oranı değişken olarak seçilmiş ve bu 4 etkenin ikişer düzeyi ile 2^k tam etkensel deney tasarımı uygulanmıştır. Doğrusallığın kontrol edilmesi amacıyla da merkez noktası ilave edilmiştir. Çalışmada alt değerler -1 'e, üst değerler ise $+1$ 'e ölçeklendirilmiştir. Tablo 5.4'de değişkenlerin merkez noktadan hangi oranda uç noktalara gidildiği gösterilmektedir.

Tablo 5.4: Ceket sıcaklığı, soğutma havası sıcaklık ve akışı, ve birinci kademe çekme oranı deney tasarımı düzeyleri

Değişken	Düzyey 1	Düzyey 2
Isıtma Ceketı Sıcaklığı	-1 (-%3,57)	+1 (+%3,57)
Soğutma Havası Sıcaklığı	-1 (-%18,19)	+1 (+%18,19)
Soğutma Havası Akış Oranı	-1 (-%4,94)	+1 (+%4,94)
Birinci Kademe Çekme Oranı	-1 (-%5,26)	+1 (+%5,26)

5.3.4 Makına çekme oranı, rahatlatma oranı ve sıcak kafes sıcaklığı

Makına çekme oranı, rahatlatma oranı ve sıcak kafes sıcaklığı girdi değişkenleri olarak seçilmiştir. Herbir değişkenin ikişer düzeyi 2^k tam etkensel deney tasarımına göre test edilmiştir. Kısaltma olarak makına çekme oranı yerine MÇO, rahatlatma oranı yerine RO ve sıcak kafes sıcaklığı yerinde de SKS harfleri kullanılmıştır. Çalışmada alt değerler -1 'e, üst değerler ise $+1$ 'e ölçeklendirilerek verilmiştir. Tablo 5.5'de değişkenlerin merkez noktadan hangi oranda uç noktalara gidildiği gösterilmektedir.

Tablo 5.5: Makına çekme oranı, rahatlatma oranı ve sıcak kafes sıcaklığı deney tasarımı düzeyleri

Değişken	Düzyey 1	Düzyey 2
Makına Çekme Oranı (MÇO)	-1(-%1,38)	+1(+%1,38)
Rahatlatma Oranı (RO)	-1(-%2,78)	+1(+%2,78)
Sıcak Kafes Sıcaklığı (SKS)	-1(-%2,38)	+1(+%2,38)

5.3.5 Gerilim giderme ve ikinci kademe çekme silindir hızları

Bu testte gerilim giderme (F6) ve ikinci kademe çekme (F5) silindir hızları değişken olarak seçilmiş ve bu iki etkenin üçer düzeyi ile tam etkensel deney tasarımı uygulanmıştır. Çalışmada alt değerler -1 'e, üst değerler ise $+1$ 'e ölçeklendirilmiştir.

Tablo 5.6’da değişkenlerin merkez noktadan hangi oranda uç noktalara gidildiği gösterilmektedir.

Tablo 5.6: Gerilim giderme ve ikinci kademe çekme silindir hızları deney tasarımı düzeyleri

Değişken	Düzyey 1	Düzyey 2	Düzyey 3
İkinci kademe silindir hızı	-1(-%0,80)	0	+1(+%0,80)
Gerilim giderme silindir hızı	-1(-%0,34)	0	+1(+%0,34)

5.4 Deneylerde Kullanılan Ölçüm Cihazları

Deneyisel çalışmaların sonununda elde edilen tüm bobinler Kordsa Naylon İplik laboratuvarında test edilmiştir. Hazırlanan bobinler 24 °C sıcaklığa, %55 nem oranına sahip laboratuvarda iki saatlik şartlanmanın ardından Saurer Allma azb 200/12 büküm makinasında metrede 118 büküm alacak şekilde bükülmüştür (Şekil 5.3). Isıl kısalma testi için bükümsüz iplik kullanılmıştır.



Şekil 5.3: Büküm makinası

5.4.1 Doğrusal yoğunluk (dtex) ölçümü

dTex, 10000 metre ipliğin gram cinsinden ağırlığı anlamına gelir. dTex ölçümleri, Zweigle marka L232 model dtex çıkırığı ile ASTM D885(2) standardına göre yapılmıştır (Şekil 5.4). dTex’i belirlenecek iplikten çıkırık etrafına hassas bir şekilde



Şekil 5.4: dTex çıkırığı

tam 50 tur sarım (50 m) yapılır. Daha sonra sarılan bu iplik dtex çıkırığında çıkarılarak hassas terazide tartılır. Tartılan iplik dtex'in tanımı gereği (10000m ipliğin gram cinsinden ağırlığı) ölçülen değer 200 ile çarpılarak ipliğin dtex'i bulunmuş olur. Cihaz aynı anda 10 ipliği çıkırık etrafında eşit gergi ile sarabilmektedir.

5.4.2 Germe ölçümleri

Çalışmada germe testleri Instron 4501 cihazı ile ASTM D885(2) standardına göre yapılmıştır (Şekil 5.5). Cihazın biri sabit, biri hareketli olan çeneleri arasına test edilecek iplik yerleştirildikten sonra cihaz çalıştırılır. Hareketli çene numuneyi iplik kopana kadar 300 mm/saniye hızla çeker ve test süresince cihazın bilgisayarına gerekli veriler gönderilir ve bu veriler bilgisayarın ekranından izlenebilir. Test sonucunda, testin kuvvet-uzama grafiği bilgisayar tarafından çizilir. Bu test cihazı ile yapılan her bir test için kopma dayanımı (Breaking Strength - BS), kopmadaki uzama yüzdesi (Elongation at Break - EB) ve 45, 67 ve 89 Newton'daki uzama yüzdesi sonuçları çıkartılır. Bu çalışmada uzama sonuçlarından sadece 45 Newton'daki uzama incelenmiştir.



Şekil 5.5: Instron germe cihazı

5.4.3 Isıl kılalma ölçümü

Isıl kılalma testi, ipliğin 2 dakika boyunca 177 °C sıcaklığa maruz bırakılması sonucunda oluşan boyca kılalmanın yüzde cinsinden ölçülmesidir. İpliğin özellikle bu sıcaklık altında test edilmesinin nedeni, uluslararası standartlarının bu şekilde belirlenmesinden kaynaklanmaktadır.

Isıl kılalma testi, Lenzing Testing TST10 cihazı ile ASTM D 4974 standardına göre yapılmıştır (Şekil5.6). Test edilecek bobinlerden alınan iplik numuneleri, test yapılmadan önce şartlandırılmak üzere, şartlandırma dolabında 24 saat süreyle bekletilirler. Şartlandırılan iplikler cihaza yerleştirilir ve her ipliğin ucuna dtex'ine göre değişen ağırlık bağlanır (1400 dtex'e 53 gr. ağırlık bağlanır). Cihaz çalıştırdıktan sonra otomatik olarak iplikleri kapalı bir sistem içine alarak iplikleri

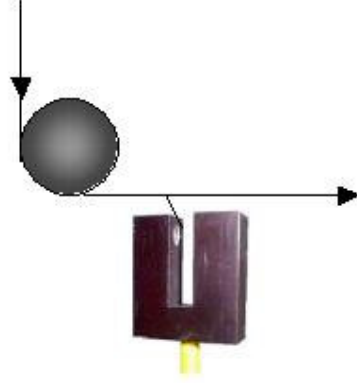
177 °C’de 2 dakika boyunca ısıtır. Test sırasında cihazın bağlı olduğu bilgisayarının ekranından kısılma-zaman grafiği görülebilmektedir.



Şekil 5.6: Isıl kısılma cihazı

5.4.4 Kopuk lif ölçümü

Kopuk lif ölçümü, diğer ölçüm yöntemlerinin aksine sahadaki üretim sırasında yapılmaktadır. Meiners-del marka optik okuyucularla yapılan bu ölçüm tüm pozisyonların tüm uçlarında mevcuttur. Ölçüm cihazı, optik uçlara sahiptir ve iplik bu uçlara çok yakın bir mesafeden geçmektedir (Şekil 5.7). İplikte oluşan herhangi bir kopuk lif merkez kaç kuvveti etkisi ile iplik demetinden ayrılarak optik uçlar arasından geçer ve uçların arasındaki ışını kesmek suretiyle bir sinyal üretir. Üretilen bu sinyal, cihazın kutusunda güçlendirilir ve sayım gerçekleşmiş olur.



Şekil 5.7: Kopuk lif ölçümü

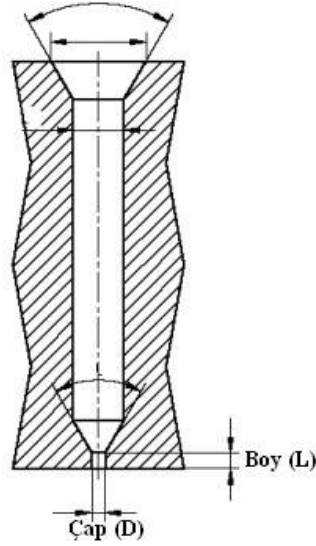
5.5 Deneylerin Yapılışı

Bu çalışmada beş farklı deney takımı üzerinde çalışılmıştır. Bunların birincisi düzelerin kılcal borularının boy ve çaplarıyla ilgili olanıdır. İkinci olarak, birinci kademe çekme oranı üzerine deneyler yapılmıştır. Üçüncü olarak ceket sıcaklığı, soğutma havası akış ve sıcaklığı, ve birinci kademe çekme oranları ile yapılan deney tasarımı gelmektedir. Dördüncü olarak makina çekme oranı, rahatlatma oranı ve sıcak kafes sıcaklığı üzerine deney tasarım çalışması yapılmıştır. Son olarak da gerilim giderme ve ikinci kademe çekme silindir hızlarının etkileri üzerine deney tasarımı çalışması yapılmıştır.

5.5.1 Düze çalışması

Düze çalışmasında düze deliklerinin çıkış kısmındaki kılcal borunun boy ve çapında değişiklikler yapılarak bunların etkileri incelenmeye çalışılmıştır (Şekil 5.8). Tablo 5.2’de özellikleri verilen düzelerden 5 numaralı düze standart olarak kullanılan düze tipidir. Bu düze tipinden farklı olarak tasarlanan yeni tipteki dört düze aynı makinanın farklı pozisyonlarında aynı zaman süresince çalıştırılarak etkileri incelenmiştir. Buna göre 2.makinada 1400 dtex çalışırken, 1 numaralı düze 9. pozisyona, 2 numaralı düze 8. pozisyona, 3 numaralı düze 6. pozisyona, 4 numaralı düze 7. pozisyona, 5 numaralı düze de 10. pozisyona takılmıştır. Özel olarak yaptırılan test düzeleri takılmadan önce bu pozisyonlarda standart E düzeleri çalışmakta iken bu pozisyonların fiziksel özellik

ve milyon metredeki kopuk lif sayılarına ait veriler de daha detaylı değerlendirmeler için toplanmıştır. Tüm çalışmalar aynı çalışma hızında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.8: Bir düze deliğinin kesit alanı görüntüsünde kılcal boru çap ve boy gösterimi

5.5.2 Birinci kademe çekme oranı çalışması

Makina 2, 1400 dtex çalışırken, standart düzeye sahip 3. pozisyonda birinci kademe çekme oranı Tablo 5.3’de indekslenerek verilen değerlere getirilerek bobinler elde edilmiştir. Birinci kademe çekme oranının değiştirilmesi birinci kademe silindir hızının değiştirilmesi ile sağlanmaktadır.

5.5.3 Ceket sıcaklığı, soğutma hava akışı, soğutma hava sıcaklığı ve birinci kademe çekme oranı eniyileştirme deney tasarımı çalışması

Makina 2, 1400 dtex çalışırken, ceket sıcaklığı, soğutma havası akış, soğutma havası sıcaklık ve birinci kademe çekme oranlarında değişiklik yapılarak bir deney tasarımı çalışması yapılmıştır. Tablo 5.4’de belirlenen düzeylere merkez noktası da eklenerek 4 etkenli, merkez noktalı, 2^k tam etkensel deney tasarımı uygulanmıştır. Oluşturulan ve uygulanan deney düzeni Tablo 5.6’da verilmiştir.

Tablo 5.6: Ceket sıcaklığı, soğutma hava akışı, soğutma hava sıcaklığı ve birinci kademe çekme oranı deney tasarımı

Deney No	Değişkenler			
	CEKET	SHS	SHA	BKÇO
1	-1	-1	-1	-1
2	-1	-1	+1	-1
3	-1	+1	-1	-1
4	-1	+1	+1	-1
5	-1	+1	-1	+1
6	-1	+1	+1	+1
7	-1	-1	+1	+1
8	-1	-1	-1	+1
9	0	0	0	0
10	+1	-1	-1	-1
11	+1	-1	+1	-1
12	+1	+1	-1	-1
13	+1	+1	+1	-1
14	+1	+1	-1	+1
15	+1	+1	+1	+1
16	+1	-1	+1	+1
17	+1	-1	-1	+1

5.5.4 Makina çekme oranı, rahatlatma oranı ve sıcak kafes sıcaklığı eniyileştirme çalışması

Makina 2, 1400 dtex çalışırken standart düzeye sahip bir pozisyonda Tablo 5.5 belirlenen etkenler ve düzeyleri ile bir deney tasarım çalışması yapılmıştır. 3 etkenli, 2^k tam etkensel deney tasarımı 8 takımdan oluşmaktadır (Tablo 5.7).

Tablo 5.7: Makina çekme oranı, rahatlatma oranı ve sıcak kafes sıcaklığı deney tasarımı

Deney No	Değişkenler		
	MÇO	RO	SKS
1	-1	-1	+1
2	+1	-1	+1
3	-1	+1	+1
4	+1	+1	+1
5	-1	-1	-1
6	+1	-1	-1
7	-1	+1	-1
8	+1	+1	-1
9	0	0	0

5.5.5 Gerilim giderme ve ikinci kademe çekme silindirleri hız eniyileştirme deney tasarımı çalışması

Makina 2, 1400 dtex çalışırken standart düzeye sahip bir pozisyonda Tablo 5.6 belirlenen etkenler ve düzeyleri ile bir deney tasarım çalışması yapılmıştır. Herbirinin 3'er düzeyi bulunan tam etkensel bu deney tasarımının deneyleri Tablo 5.8'deki gibi yapılmıştır. İkinci kademe silindir hızı yerine F5, gerilim giderme silindir hızı yerine de F6 kısaltmaları kullanılmıştır.

Tablo 5.8: Gerilim giderme ve ikinci kademe çekme silindirleri deney tasarımı çalışması

Deney no	Değişkenler	
	F5	F6
1	-1	-1
2	-1	0
3	-1	+1
4	0	-1
5	0	0
6	0	+1
7	+1	-1
8	+1	0
9	+1	+1

Yapılan tüm çalışmalar Tablo 5.9'da özetlenmiştir.

Tablo 5.9: Çalışma konularının özet tablosu

No	Test	Etken sayısı	Düzyey sayısı	Girdiler	İncelenen Çıktılar	Kullanılan Analizler
1	Düze çalışması	1	5	A,B,C,D,E	dTex, KD, 45NU, Kısalma, MMHS	Anova, Regresyon, 2 örneklem t testi
2	BKÇO	1	5	89,8; 94,9; 100; 105,1; 110,2	dTex, KD, 45NU, Kısalma, MMHS	Regresyon
3	Ceket, SHS, SHA, BKÇO	4	2 + 1 (merkez noktali)	Ceket -1,+1; SHS -1,+1; SHA -1,+1; BKÇO -1,+1	dTex, KD, 45NU, Kısalma, Kopma, MMHS	DOE
4	MÇO, RO, SKS	3	2 + 1 (merkez noktali)	MÇO -1,+1; RO -1,+1; SKS -1,+1;	dTex, KD, 45NU, Kısalma, MMHS	DOE
5	F5, F6	2	2 + 1 (merkez noktali)	F5 -1,+1; F6 -1,+1;	dTex, KD, 45NU, Kısalma, MMHS	DOE

BÖLÜM 6 - BULGULAR VE TARTIŞMA

6.1 Düze Çalışması

Farklı pozisyonlara aynı günde takılan farklı tipteki düzeler yaklaşık üç haftalık bir süreçte izlenmiştir. Düzelerin ortalama çalışma süresi 12 gün civarında olduğu için üç haftalık çalışma süresine aynı özelliklerdeki yedek düzelerin takılmasıyla ulaşılmıştır. Farklı pozisyonlarda işletilen düzelerin fiziksel özellikleri Tablo 6.1’de verilmiştir.

Tablo 6.1: Farklı düzelerin fiziksel özellik sonuçları

DÜZE	POZ.	DTEX	KD	45NU	KISALMA
C	6	1419	121,7	7,83	6,3
C	6	1424	122,6	7,96	6,4
C	6	1408	121,4	7,83	6,4
C	6	1425	122,7	7,95	6,5
C	6	1412	123,2	7,68	6,4
C	6	1425	121,8	8,00	6,4
C	6	1409	122,2	7,80	6,4
C	6	1409	122,2	7,94	6,6
C	6	1419	121,2	7,96	6,3
C	6	1426	124,9	7,89	6,2
C	6	1405	123,4	7,74	6,3
C	6	1429	123,3	7,90	6,3
C	6	1426	122,1	7,89	6,2
C	6	1410	122,4	7,83	6,4
C	6	1416	122,8	7,90	6,4
C	6	1418	123,6	7,84	6,3
C	6	1418	122,4	7,93	6,5
D	7	1412	122,7	7,77	6,4
D	7	1420	120,9	7,80	6,3
D	7	1415	121,5	7,86	6,5
D	7	1422	121,9	7,90	6,2
D	7	1412	121,7	7,90	6,5
D	7	1416	121,0	7,93	6,5
D	7	1410	121,6	7,84	6,5
D	7	1418	124,2	7,94	6,5
D	7	1410	121,1	7,80	6,4
D	7	1414	122,5	7,97	6,4
D	7	1414	121,3	7,93	6,4
D	7	1416	123,6	7,98	6,3
D	7	1422	123,0	7,89	6,4
D	7	1415	124,8	7,84	6,5
D	7	1417	123,6	7,95	6,5
D	7	1412	126,7	7,78	6,6

Tablo 6.1 (devam): Farklı düzelerin fiziksel özellik sonuçları

DÜZE	POZ.	DTEX	KD	45NU	KISALMA
B	8	1415	121,5	7,96	6,7
B	8	1427	120,9	7,99	6,7
B	8	1408	121,6	7,80	6,8
B	8	1422	121,8	7,99	6,6
B	8	1413	120,5	7,89	6,8
B	8	1412	120,6	7,95	6,8
B	8	1407	119,7	7,96	6,8
B	8	1421	120,7	8,01	6,8
B	8	1416	121,0	7,99	6,7
B	8	1425	121,6	7,99	6,7
B	8	1425	122,5	8,01	6,7
B	8	1416	122,4	7,99	6,5
B	8	1414	120,5	7,94	6,7
B	8	1418	120,4	8,07	6,7
B	8	1410	121,4	7,96	6,6
B	8	1415	123,4	7,78	6,7
A	9	1422	123,7	7,93	6,5
A	9	1412	121,4	7,95	6,3
A	9	1407	122,6	7,85	6,5
A	9	1421	123,9	7,83	6,3
A	9	1415	123,1	7,97	6,7
A	9	1414	125,4	7,76	6,4
A	9	1412	125,2	7,86	6,6
A	9	1415	124,1	7,83	6,5
A	9	1420	124,5	7,85	6,4
A	9	1417	120,9	7,95	6,4
A	9	1411	124,4	7,86	6,4
A	9	1416	121,4	7,98	6,4
A	9	1405	123,1	7,84	6,6
A	9	1404	124,1	7,73	6,4
A	9	1412	122,7	7,90	6,4
E	10	1401	120,0	8,13	6,4
E	10	1414	121,4	7,95	6,4
E	10	1419	122,3	7,99	6,3
E	10	1427	123,2	8,00	6,4
E	10	1407	121,3	7,89	6,2
E	10	1414	118,7	8,08	6,5
E	10	1415	122,7	7,97	6,4
E	10	1415	122,7	7,89	6,3
E	10	1423	123,9	8,02	6,2
E	10	1415	119,8	8,05	6,1
E	10	1423	122,9	8,01	6,2
E	10	1411	121,0	8,06	6,1
E	10	1411	121,1	7,99	6,5
E	10	1418	122,7	8,05	6,2
E	10	1422	122,3	8,05	6,3

Değişkenlik analizi ANOVA testi yapmak için girdi olarak düze çeşitleri, çıktı olarak da fiziksel özellikler ayrı ayrı incelenmiştir. Burada yapılan eşit değişkenlik testi (test for equal variances), değişkenlik analizi (ANOVA), iki örneklem t testi (2 samples t test) gibi çözümlenmeler yapılmış tekniğinin örnek teşkil etmesi açısından ilk seferinde tüm adımlarıyla detaylı olarak anlatılmış daha sonraki kullanımlarda ise özetlenerek anlatılmıştır.

6.1.1 dTex

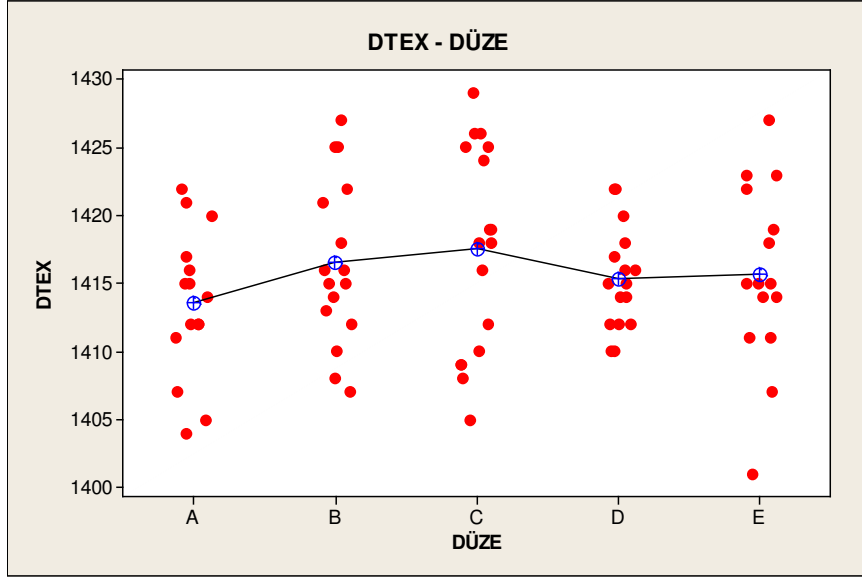
Öncelikle ANOVA testinin gerekliliği olan normallik testi yapılmıştır. dTex için tüm gruplara ayrı ayrı normallik testi yapıldığında P değerleri 0,05'den büyük çıkmıştır. Bu nedenle dağılımlar normal kabul edilir. Bu ve ilerleyen bölümlerdeki ANOVA testleri için hipotezler şu şekilde kurulmuştur.

$$H_0 : \mu_A = \mu_B = \mu_C = \mu_D = \mu_E \quad (6.1)$$

$$H_a : \mu_A \neq \mu_B \neq \mu_C \neq \mu_D \neq \mu_E \text{ (en az biri farklı)} \quad (6.2)$$

Tek yönlü ANOVA testinde, çıktı için dtex, etken için de düze seçilmiş ve test çalıştırılmıştır. Test sonucunda P değerine bakılmıştır. Bu testte P değeri 0,44 çıkmıştır. Yani H_a hipotezini kabul edersek ve dtex'ler arasında fark vardır dersek alacağımız risk %44'dür. Bu değer %5'den büyük olduğu için H_0 hipotezi kabul edilir yani dtex ortalamaları arasında farklılık yoktur. Sonuç olarak düze çeşitlerinin dtex üzerinde istatistiksel olarak etkisinin olmadığı anlaşılmıştır (Şekil 6.1). İlk bakışta düze çıkışlarındaki çap farklılıklarının ipliğin doğrusal yoğunluğuna etki edeceği düşünülebilir, ancak yapılan ANOVA testinde de görülmüştür ki bu doğru değildir. Düze kılcal borusunun çıkış çapın ne olursa olsun, basılan polimer miktarı ve sarım hızı aynı olduğu için dtex'de bir değişim görülmemesi normaldir.

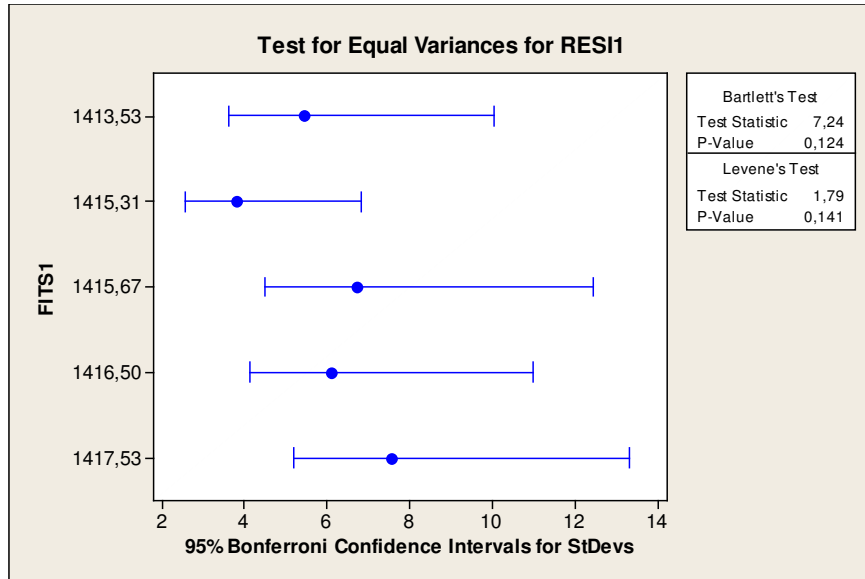
Yapılan bu testin sağlıklı olup olmadığını doğrulamak için test tekrar çalıştırılarak artıklar (residuals) ve uygunlaştırılmış veriler (fits) oluşturulmuştur. Artıklara normallik testi yapılmıştır. P değeri 0,170 çıkmıştır, yani dağılım normaldir. Daha sonra değişkenlikler arasında farklılık olup olmadığı kontrol edilmiştir. Öncelikli olarak hipotezler oluşturulmuştur.



Şekil 6.1: Düzeye çeşitlerinin dtex'e karşı noktasal gösterimi

$$H_0 : \sigma_A^2 = \sigma_B^2 = \sigma_C^2 = \sigma_D^2 = \sigma_E^2 \quad (6.3)$$

$$H_a : \sigma_A^2 \neq \sigma_B^2 \neq \sigma_C^2 \neq \sigma_D^2 \neq \sigma_E^2 \text{ (en az birisi diğerlerinden farklı)} \quad (6.4)$$



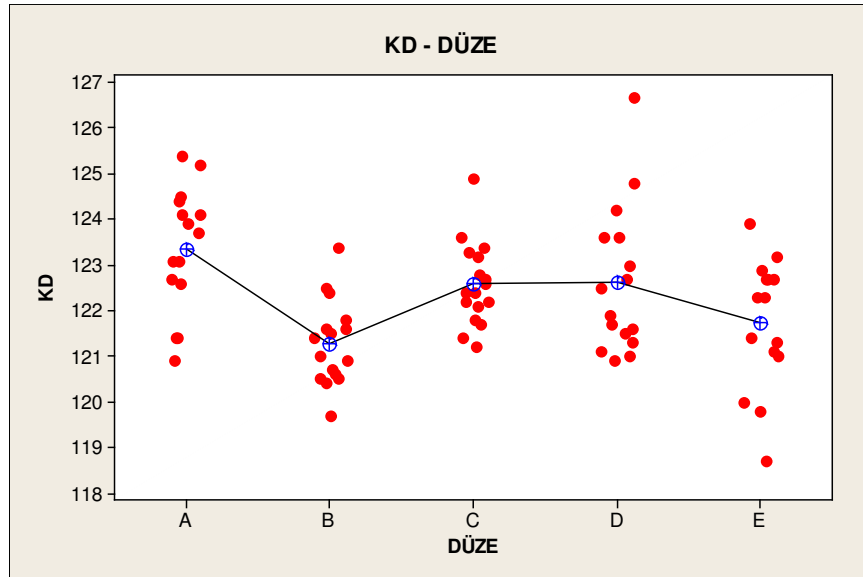
Şekil 6.2: dTex ve düze için yapılan eşit değişkenlik testi çıktısı

Daha sonra eşit değişkenlik testi (test for equal variance) uygulanmıştır. Çıktı olarak artıklar, etken olarak da uygunlaştırılmış veriler seçilerek test tekrar çalıştırılmıştır.

Artıklara yapılan normallik testi sonucu dağılım normal çıkmış olduğu için Bartlett testine bakılır (Şekil 6.2). P değeri 0,124 olup, 0,05'den büyük olduğu için H_0 hipotezi (6.3) kabul edilmiş ve değişkenlik arasında istatistiksel olarak farklılık olmadığı görülmüştür. Yani ANOVA testi için gerekli olan tüm koşullar sağlanmıştır. Bu durumda yapılan ANOVA testi sağlıklıdır ve sonuç olarak düze kılcal boru çeşitlerinin dtex üzerinde istatistiksel bir etkisinin olmadığı söylenebilir.

6.1.2 Kopma dayanımı

Kopma dayanımı verileri normal dağılım gösterdiği söylenebilir, kopma dayanımı için tüm gruplara ayrı ayrı normallik testi yapıldığında P değerleri 0,05'den büyük çıkmıştır. Çıktı olarak kopma dayanımı, etken olarak düze çeşitleri seçilip, tekli ANOVA testi yapıldığında P değerinin 0,000 olduğu görülmüştür. Bu durumda H_a (6.2) hipotezi kabul edilmiştir, yani 5 farklı düzenin kopma dayanımları arasında istatistiksel bir farklılık mevcuttur (Şekil 6.3). Daha sonra artıklar oluşturulmuş, dağılımların normal olduğu görülmüş ve yapılan eşit değişkenlik testinde de değişkenlikler arasında farklılık olmadığı tespit edilmiştir (Bartlett testi P değeri 0,109). Yani yapılan ANOVA testi, gereklilikleri sağlamaktadır ve güvenilirdir. Sonuç olarak, düze kılcal boru çeşitlerinin kopma dayanımı üzerinde istatistiksel bir etkisi vardır. Etkinin hangi yönde ve neden oluştuğu daha sonra detaylı olarak incelenecektir.



Şekil 6.3: Düze çeşitlerinin kopma dayanımına karşı noktasal gösterimi

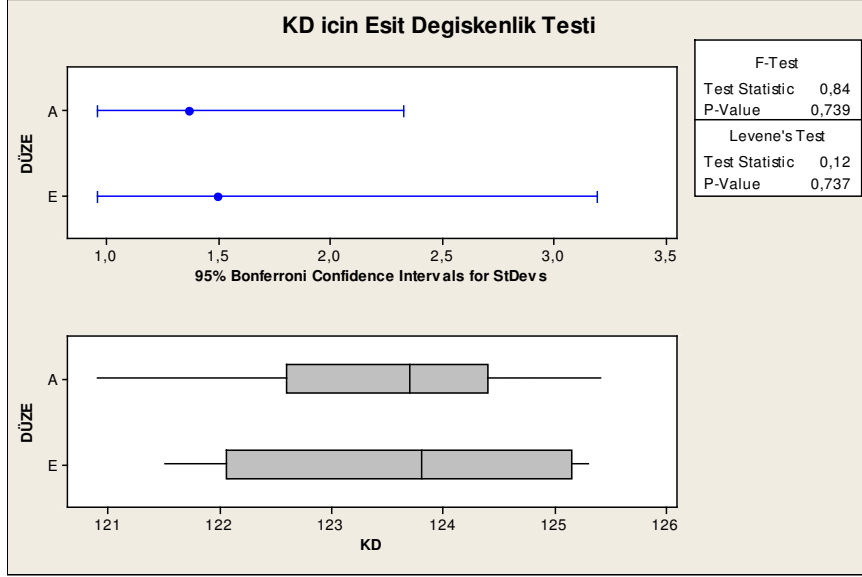
Bu çözüme göre Şekil 6.3'e bakıldığında 9. pozisyonda çalışan A düzesi diğer düzelerle göre daha yüksek kopma dayanımı verdiği görülmektedir. Bu nedenle öncelikli olarak bu pozisyon detaylı olarak incelenmek istenmiştir. 9. pozisyona takılan A düzesinin yine 9. pozisyonda çalışan E düzesinden farklı sonuç verip vermediği 2 örneklem t testi ile incelenmiştir. Böylelikle 9. pozisyonun kopma dayanımı ortalamasının diğer pozisyonlara göre yüksek olmasının düze etkisinden olup olmadığı bulunmaya çalışılacaktır. 9. pozisyonda A test düzesi kullanılmadan önce ve test düzesi kullanıldıktan sonra çalışan standart E düzesinin verileri ile A test düzesinin verileri birleştirilerek Tablo 6.2 oluşturulmuştur.

Tablo 6.2: 9. pozisyonda çalışan E düzesi ile A düzesinin kopma dayanımı verileri

DÜZE	KD
E	121,9
E	122,2
E	121,5
E	123,7
A	123,7
A	121,4
A	122,6
A	123,9
A	123,1
A	125,4
A	125,2
A	124,1
A	124,5
A	120,9
A	124,4
A	121,4
A	123,1
A	124,1
A	122,7
E	124,6
E	125,1
E	125,3
E	125,2
E	123,8

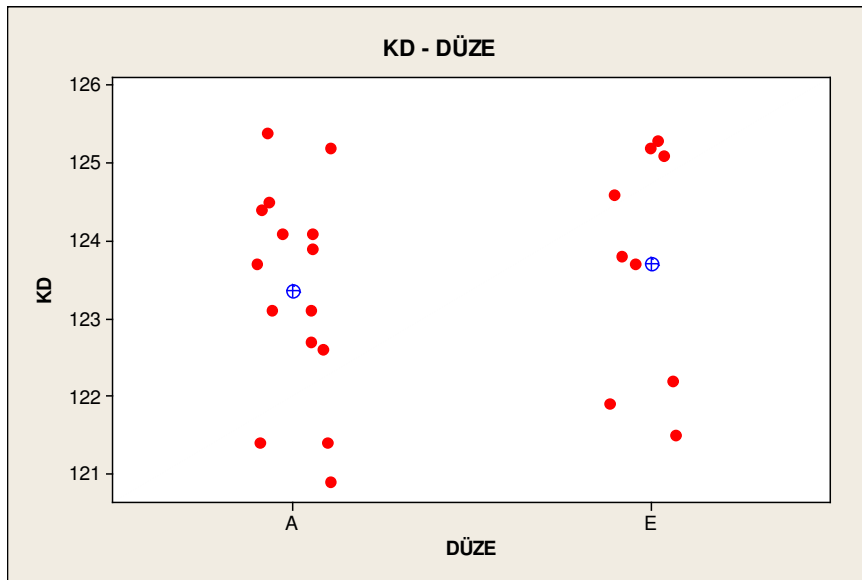
İki düze çeşitine ait verilere öncelikli olarak normallik testi yapılmıştır. E düze verilerinin P değeri 0,196, A düzelerinin P değeri de 0,518 olup normal dağılım göstermektedir. Yani 2 örneklem t testi için normallik koşulu sağlanmaktadır. Daha sonra değişkenliklerin farklılık göstermediğine eşit değişkenlik testi ile bakılmıştır. Veriler normal dağılım gösterdiği için eşit değişkenlik testinde F testine bakılmıştır.

Buna göre P değeri 0,739 olduğu için H_0 hipotezi kabul edilmiş ve değişkenlikler arasında farklılığın olmadığı kabul edilmiştir (Şekil 6.4).



Şekil 6.4: Kopma dayanımı ve düze için yapılan eşit değişkenlik testi

Daha sonra A ve E düzelerinin kopma dayanımları için eşit değişkenlik varsayımı ile iki örneklem t testi yapılmıştır. Buna göre P değeri 0,583 çıktığı için H_0 hipotezi (6.1) kabul edilmiştir yani verilerin ortalamaları arasında farklılık yoktur (Şekil 6.5).



Şekil 6.5: A ile E düzelerinin kopma dayanımına karşı noktasal gösterimi

Tablo 6.3: Düzelerin kendi pozisyonunda ikili incelenmesi

POZ	DÜZE	ORTALAMA KD	P DEĞERİ
6	C	122,58	0,147
	E	123,17	
7	D	122,84	0,919
	E	122,77	
8	B	121,17	0,155
	E	122,05	
9	A	123,37	0,583
	E	123,70	

Bu durum diğer pozisyonlarda da görülmüştür. Yani arka arkaya aynı pozisyonda çalışan test düzesi ve standart düze iki örneklem t testi ile kıyaslandığında arada istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar oluşmamaktadır (Tablo 6.3) . Ancak yine de ortalama değerlere bakacak olursak C, B ve A düzelerinin standart E düzesine göre daha düşük kopma dayanımı verdiği görülürken, D düzesinin standart düzeye göre daha yüksek dayanım verdiği tespit edilmiştir. Buna göre aşağıdaki denklilikler oluşturulabilir.

$$KD_C < KD_E \quad (6.5)$$

$$KD_D > KD_E \quad (6.6)$$

$$KD_B < KD_E \quad (6.7)$$

$$KD_A < KD_E \quad (6.8)$$

$$KD_C, KD_B, KD_A < KD_E < KD_D \quad (6.9)$$

Öyleyse Şekil 6.3’de verilen grafikte bir çelişki söz konusudur. Şekil 6.3’de düzelerin kopma dayanımı üzerinde farklılık yarattığı görülmekteydi. Bu durumda farklılığın, düze çeşitlerinden değil, pozisyonel etkilerden kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Pozisyonel farklılıkların, soğutma havası akış miktarları, soğutma havası sıcaklıkları, çekme silindir yüzey aşınma farklılıkları, ve ekipman ömürleri gibi etkilerden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Pozisyonel farklılıkları yok etmek için en sağlıklı yöntem, düze çeşitlerini aynı pozisyon üzerinde denemektir. Bu nedenle yeni bir deneme planlanarak uygulamaya konulmuştur. Bu deneme önceki denemeye göre çok kısa süreli tutulmuştur. Düzeler,

aynı pozisyonda aynı anda test edilemeyeceği için polimerizasyondan kaynaklanacak değişkenlikler bu şekilde ortadan kaldırılmak istenmiştir.

Tablo 6.4’de farklı düzelerin arka arkaya aynı pozisyona takılarak elde edilmiş bobinlerden alınan ikişer bobinin kopma dayanım sonuçları görülmektedir.

Tablo 6.4: Aynı pozisyonda farklı düzelerin kopma dayanımı üzerine etkileri

DÜZE	KD	Ortalama KD
A	121,3	121,8
A	122,3	
B	121,3	121,8
B	122,3	
C	121,6	122,25
C	122,9	
D	124,2	124,25
D	124,3	
E	123,1	122,25
E	121,4	

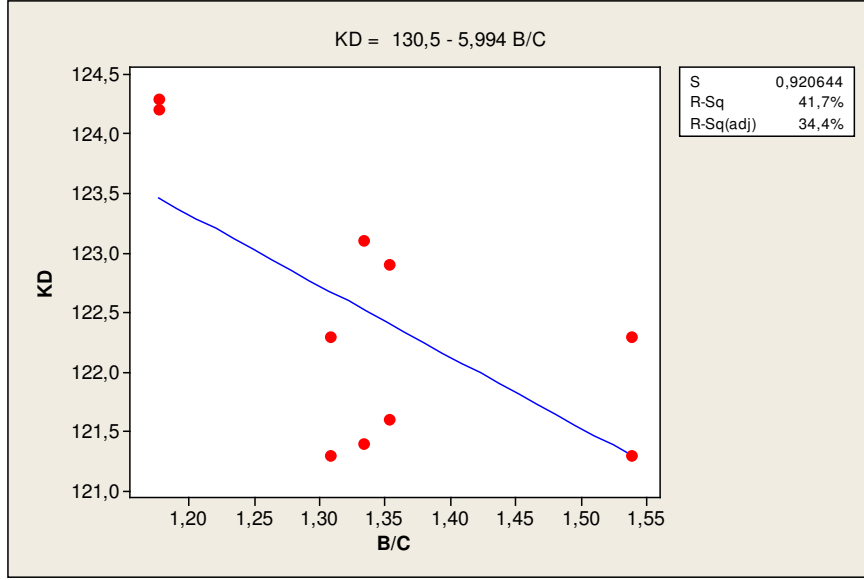
Her düzenin iki bobininin ortalamalarına bakıldığında 6.6, 6.7, 6.8 denkliklerinde farklı bir durum görülmemektedir. 6.5 denkliğinde ise $KD_A < KD_E$ yerine $KD_C = KD_E$ şeklinde görülmektedir. Veri sayısının azlığı göz önüne alındığında bu durum normal karşılanabilir. 6.5 ile 6.8 arasındaki denkliklerin bu testle uyum göstermesi olumlu bir gelişmedir.

Bu durumda istatistiksel olarak güçlü olmamakla beraber, D düzesi, en iyi kopma dayanımını veren düze olarak karşımıza çıkmaktadır. Dikkat çekici nokta boy/çap (B/Ç) oranının en düşük olduğu düze en yüksek kopma dayanımını göstermektedir. Öyleyse,

$$H_0: \rho=0 \text{ (ilişki yok)} \quad (6.10)$$

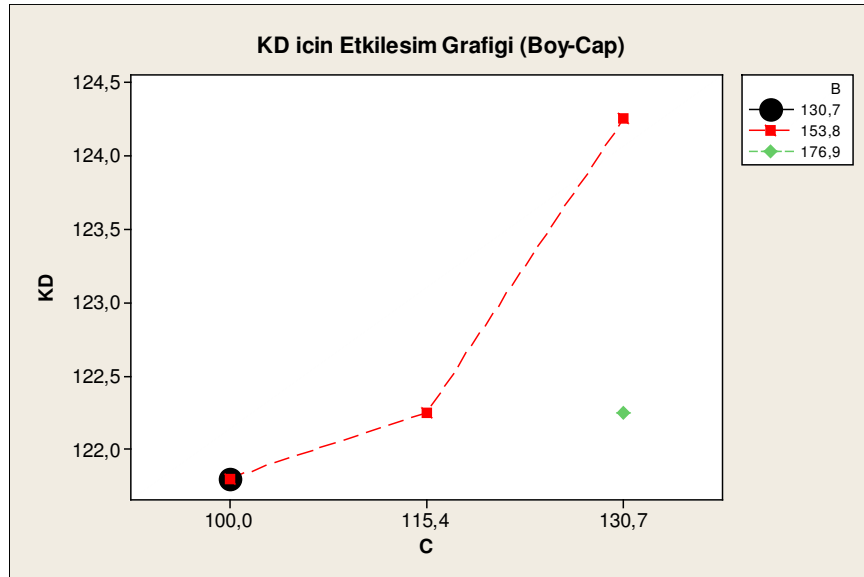
$$H_a: \rho \neq 0 \text{ (ilişki var)} \quad (6.11)$$

hipotezleri doğrultusunda regresyon çözümlemesi yapıldığında P değeri 0,044 çıkmaktadır. Yani arada bir ilişki olduğu söylenebilir. Ayarlanmış R^2 değeri Şekil 6.6’da da görüldüğü gibi %34,4 gibi düşük bir değer çıkmıştır. Bu durum oluşturulan denklemin sağlıklı olmadığını göstermektedir. Denklem güvenilir olmasa da, genel eğilim olarak, B/Ç oranının artmasının kopma dayanımını azalttığı söylenebilir.



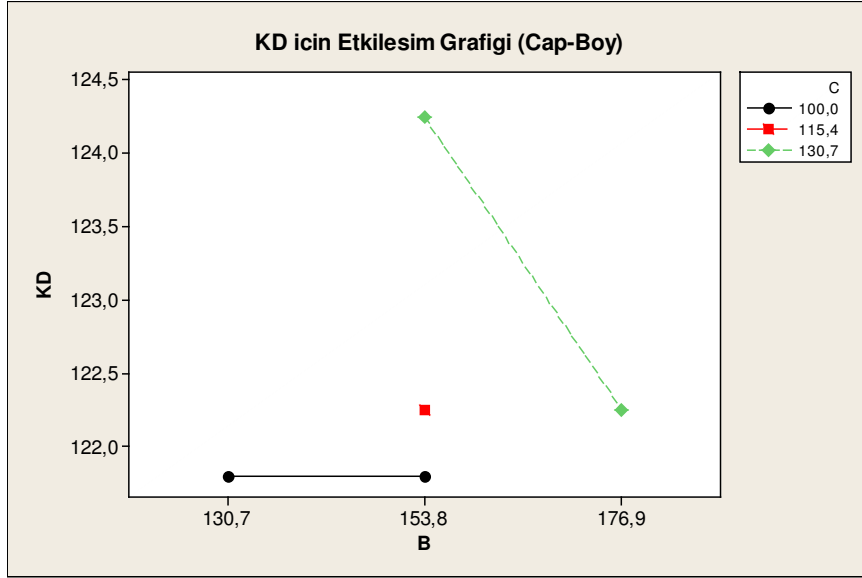
Şekil 6.6: B/Ç'ye karşı kopma dayanımının uygunlaştırılmış çizgi grafiği

B/Ç oranının artmasının kopma dayanımını düşürmesindeki etkenin ne olduğunu araştırmak için etkileşim grafiklerine başvurulmuştur. Tablo 6.4'deki veriler kullanılarak boy-çap ve çap-boy etkileşimleri çizilmiştir (Şekil 6.7 ve Şekil 6.8).



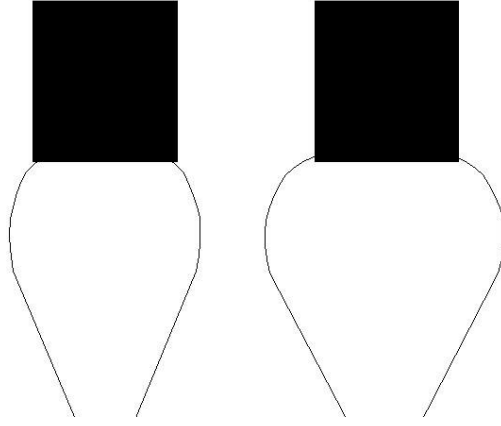
Şekil 6.7: Kopma dayanımı için boy-çap etkileşim grafiği

Şekil 6.7'ye bakıldığında boy sabitken çap artışı ile beraber dayanım artışı da görülmektedir. Şekil 6.8'de ise sabit çapta boyun etkileri görülmektedir. Buna göre çap darken her koşulda düşük kopma dayanımı görülürken, çap arttığında boyun kısa olması kopma dayanımı artışına neden olmaktadır.



Şekil 6.8: Kopma dayanımı için çap-boy etkileşim grafiği

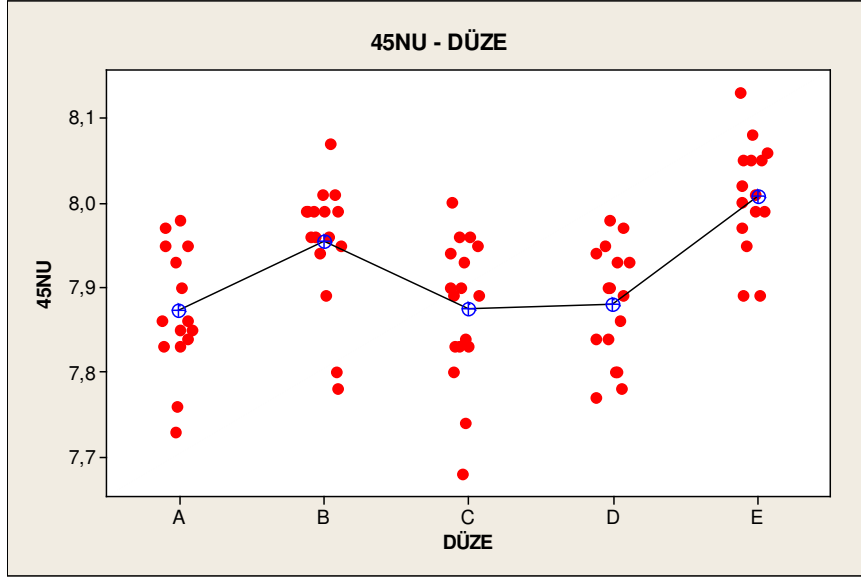
Tüm bu ilişkiler çıkış şişkinliği (die-swell) denilen etki nedeniyle gerçekleşiyor olabilir (Şekil 6.9). Polimer düze deliklerinin çıkışında şekil 6.9'daki gibi bir şişkinlik olarak alt kattaki besleme silindiri tarafından çekilmeye başlamaktadır. Bu şişkinlik moleküler yönlenmeyi etkileyeceği için de moleküler yönlenme derecesine doğrudan bağlı olan ipliğin kopma dayanımı değişebilir. Moleküler yönlenme dışında, sıcaklık da başka bir etken olabilir. Düşük çaplı veya uzun boylu bir kılcal boruda sürtünmeden dolayı sıcaklık artışı gerçekleşebilir bu da liflerin soğuma şeklini değiştireceği için kopma dayanımında değişikliğe yol açabilir. Bunun dışında boy ve çapta yapılacak değişiklik, polimerin çıkış hızına da etki edeceğinden düze ile besleme silindiri arasındaki çekim oranı ve dolayısıyla moleküler yönlenme ve kopma dayanımı da değişebilir. Çapın artması şişkinlik etkisini azaltırken, boyun kısılması ise şişkinlik etkisini arttıracaktır. Bu noktada en iyi kopma dayanımını veren geniş çap, kısa boy ile 1,18'lik B/Ç oranı eniyi nokta olarak söylenebilir.



Şekil 6.9: Düzede çıkış şişkinliği etkisi

6.1.3 45 N’da uzama

45 N’da uzama verilerine normallik testi yapıldığında B düzesi hariç diğer düzelerin normal dağılım gösterdiği görülmüştür. ANOVA testi için gerekliliklerden biri sağlanmasa da teste devam edilmiştir. Çıktı olarak 45 N’da uzama, etken olarak düze çeşitleri seçilip, tekli ANOVA testi yapıldığında P değerinin 0,000 olduğu görülmüştür. Bu durumda H_a (6.2) hipotezi kabul edilmiştir, yani 45 N’da uzama verileri arasında istatistiksel bir farklılık vardır (Şekil 6.10). Artıklar ve uygunlaştırılmış veriler incelendiğinde artıkların normal dağılım gösterdiği, değişkenlikler arasında da istatistiksel farklılık göstermediği görülmüştür yani B düzesi normal dağılım göstermese de yapılan ANOVA testinin doğruya yakın sonuçlar verdiği söylenebilir. Sonuç olarak kılcal boru çeşitlerinin 45 N’da uzama üzerinde istatistiksel bir etkisi vardır. Bundaki ana nedenin kopma dayanımından geldiği düşünülebilir. Çünkü kopma dayanımı arttıkça 45 N’da uzama da azalacaktır. Tablo 6.5’de düze çeşitlerine göre kopma dayanımı ve 45’da uzama değerlerinin ortalamaları verilmiştir. Bu iki veri topluluğu arasında ilişki olup olmadığına bakmak için uygunluk testi yapılmıştır ve Pearson uygunluk katsayısının $-0,809$ olduğu görülmüştür. Yani arada güçlü bir ters ilişki olduğu kanıtlanmıştır. Bu durumda, kılcal boru çeşitlerinin 45 N’daki uzama üzerine etkisinin kopma dayanımından geldiği kesin olarak söylenebilir.



Şekil 6.10: Düzeye çeşitlerinin 45 Newton'da uzamaya karşı noktasal gösterimi

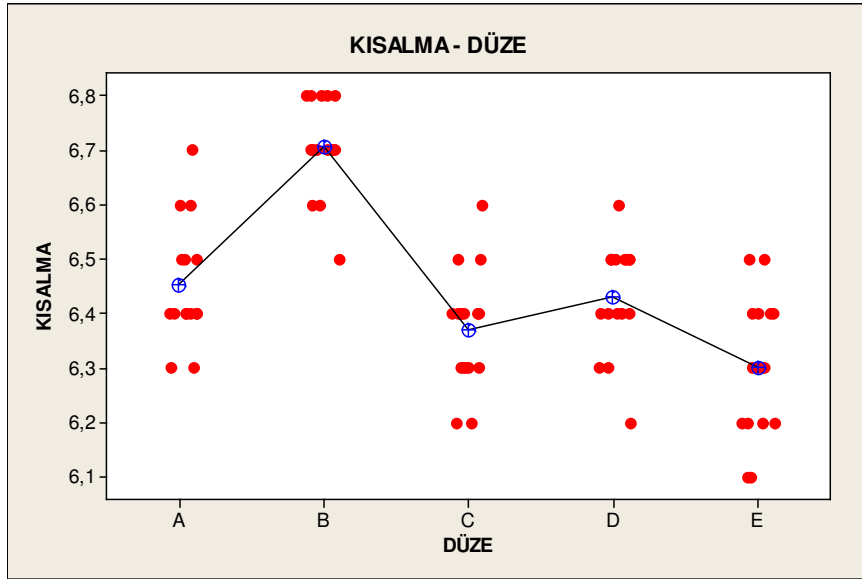
Tablo 6.5: Düzeye çeşitlerine göre kopma dayanımı ve 45 N'da uzama ortalamaları

DÜZE	KD	45NU
A	123,37	7,873
B	121,28	7,955
E	121,73	8,009
D	122,63	7,880
C	122,58	7,875

6.1.4 Isıl kısılma

Isıl kısılma verileri için normallik testi yapıldığında P değerlerinin 0,05'den küçük çıktığı görülmüştür, yani dağılım normal değildir. Bu durumda ANOVA testi yapmak için gerekli koşullar sağlanamamış olmaktadır. Bu nedenle yapılacak ANOVA testinin sağlıklı olmasını bekleyemeyiz. Tek yönlü ANOVA testinde çıktı olarak kısılma, etken olarak da düze seçildiğinde P değeri 0,000 çıkmıştır. Bu durumda H_a hipotezi kabul edilir, yani ortalamalar açısından düzelerin kısılma üzerine istatistiksel olarak etkisi vardır denir (Şekil 6.11). Ancak burada gözönünde bulundurulması gereken önemli bir nokta vardır. Isıl kısılma üzerine en büyük etken sıcak kafes sıcaklığıdır. Sıcak kafes sıcaklıkları, her bir pozisyondaki ısı değiştirici yeterliliği değişkenlik gösterdiği için farklı olmaktadır. Bu durumda, bu noktada kısılma üzerine düze tipinin etkisinden bahsetmek doğru değildir. 8. pozisyondaki B

düzesinin diğer düzelere göre daha yüksek ısı kılma verdiği görülmüştür. Sıcak kafes sıcaklıkları incelendiğinde, B düzeyinin takıldığı 8. pozisyonun sıcak kafes sıcaklığının, ısı değiştirici yetersizliğinden ötürü diğer pozisyonlardan daha düşük sıcaklıkta çalıştığı tespit edilmiştir. Tablo 6.6'da pozisyonlara göre ısı kılma ve indekslenmiş sıcak kafes değerleri verilmiştir. Buna göre sıcak kafes sıcaklığı ile ısı kılma değerleri arasında uygunluk arandığında Pearson uygunluk katsayısı $-0,91$ olarak bulunmuştur. Yani sıcaklıkla ısı kılma değerleri arasında ters bir ilişki vardır. Sonuç olarak ANOVA testi sonucunda düze çeşitlerinin ısı kılmaya etki ettiği görülse de bu etkinin sıcak kafes sıcaklıklarındaki farklılıktan ileri geldiği tespit edilmiştir.



Şekil 6.11: Düzeye çeşitlerinin ısı kılmaya karşı noktasal gösterimi

Tablo 6.6: Pozisyonlara göre sıcak kafes sıcaklığı ve kılma değerleri

POZ	DÜZE	KISALMA	SKS
6	C	6,37	101,7
7	D	6,43	101,2
8	B	6,70	100,0
9	A	6,45	100,5
10	E	6,30	102,1

6.1.5 Mekanik kalite

Mekanik kalite ölçümü kopuk lif sayımı ile yapılmakta olup milyon metredeki hata (kopuk lif) sayısı (MMHS) ile ifade edilmektedir. Bu çalışmada fiziksel özelliklere olduğu gibi, mekanik kaliteye yönelik olarak da inceleme yapılmıştır. Buna göre farklı pozisyonlara takılan farklı düze çeşitlerinin mekanik kalite seviyeleri saatlik olarak takip edilmiştir. Veriler çok sayıda olduğu için ekler bölümünde verilmiştir.

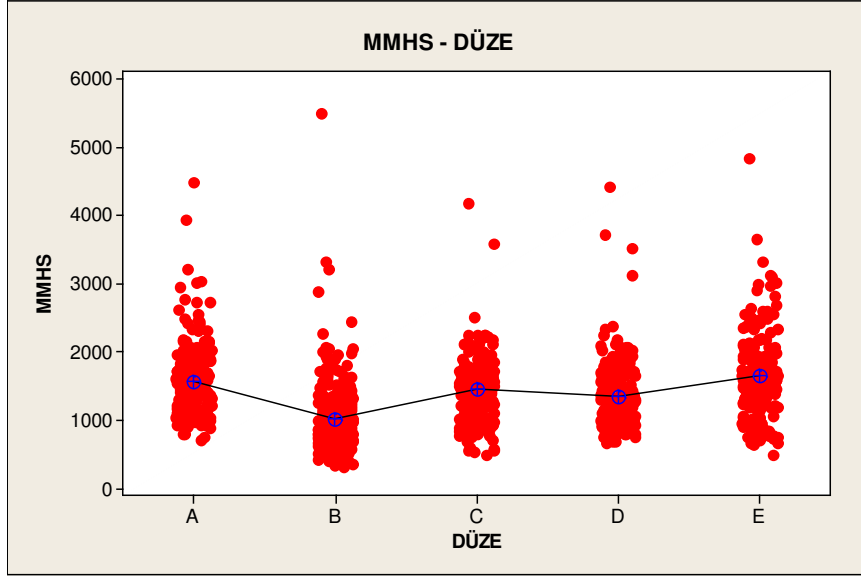
Öncelikli olarak pozisyonel farklılıklar gözötilmeksizin farklı düzelerin verdiği kopuk lif seviyeleri kıyaslanmıştır. MMHS verileri baca şeklinde üst üste dizilerek tekli ANOVA testi uygulanmış ve P değeri 0,000 olarak hesaplanmıştır. Yani 6.2 hipotezi olan H_a doğrudur ve düzelerle göre milyon metredeki hata sayıları farklılık göstermektedir (Şekil 6.12). Buna göre ortalamalar Tablo 6.7'deki gibi oluşmuştur.

$$MMHS_B < MMHS_D < MMHS_C < MMHS_A < MMHS_E \quad (6.12)$$

Tablo 6.7: Farklı düzelerin MMHS ortalamaları

DÜZE	MMHS ortalaması
A	1562
B	1022
E	1658
D	1338
C	1458

Bu sonucun teyit edilmesi amacıyla, her pozisyona kendi içinde, standart E düzesi ile test düzesi olacak şekilde 2 örnekleme t testine uygulanmıştır. Genel değerlendirme yapıldığında Tablo 6.7'de de görüldüğü gibi E düzesi en çok kopuk lif veren düze olmuştur. Bu nedenle pozisyonel karşılaştırmalarda da E düzesinin test düzelerinden daha yüksek sayıda kopuk lif vermesi beklenmektedir. Ancak pozisyon 7'de çalışan D düzesinin, yine pozisyon 7'de çalışan standart E düzesine göre istatistiksel bir farklılık olamamakla beraber az da olsa daha fazla kopuk lif verdiği görülmüştür (P değeri 0,211). D düzesinin verilerinin ortalaması 1390 gelirken, E düzesinin ortalaması ise 1339 olarak kaydedilmiştir.



Şekil 6.12: Düze çeşitlerinin MMHS'na karşı noktasal gösterimi

Tüm düze çeşitlerinin etkisini pozisyonel farklılık olmaksızın görebilmek için farklı düzeler aynı pozisyonda yedişer saat boyunca arka arka çalıştırılmış ve milyon metredeki hata sayıları Tablo 6.8'de gösterildiği gibi toplanmıştır.

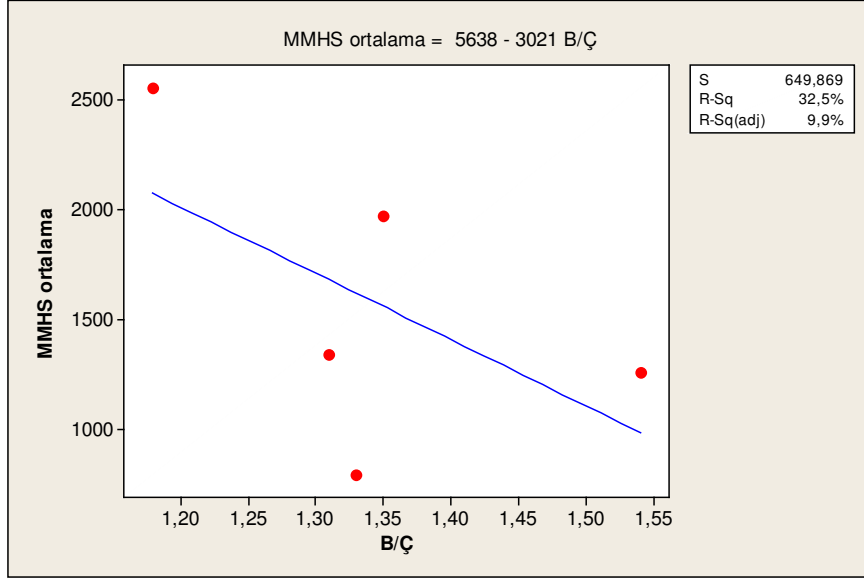
Tablo 6.8 : Aynı pozisyonda farklı düzelerin hata sayıları üzerine etkileri

A	B	C	D	E
1964	1402	1801	2878	1008
1413	1169	2044	2201	798
1240	1185	1939	2212	735
1166	1276	1863	2059	706
1120	1384	1804	4401	663
1193	1357	1887	2234	810
1298	1013	2473	1872	850

Buna veriler ışığında Tablo 6.9 oluşturulmuştur. Bu tabloya göre E düzesi en düşük kopuk lif değerlerini vermiştir. En yüksek kopuk lif sayısını ise D düzesi vermiştir. B/Ç oranlarına karşı MMHS incelediğimiz zaman anlamlı bir sonuç çıkmamakla beraber B/Ç arttıkça MMHS değerinin de düştüğü görülmektedir (Şekil 6.13)

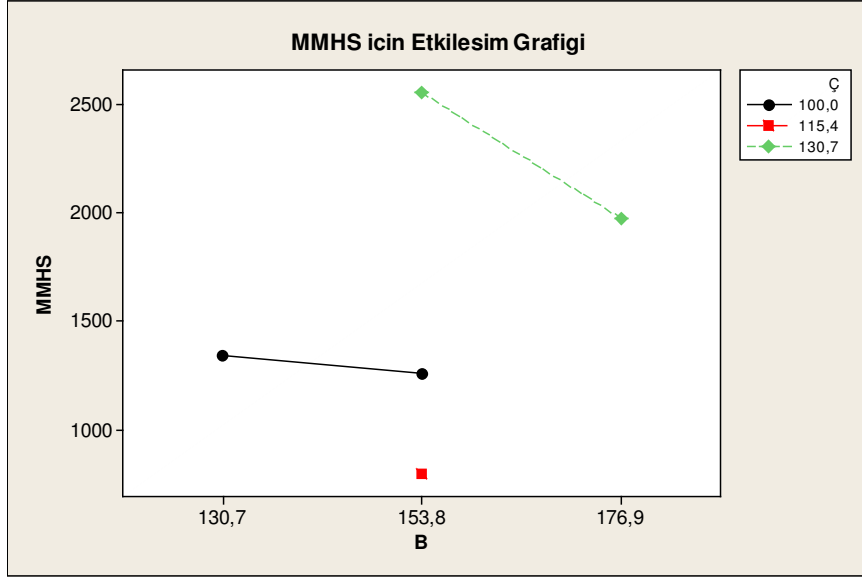
Tablo 6.9: Aynı pozisyonda farklı düzelerin MMHS üzerine etkileri

DÜZE	B/Ç	MMHS ortalama
A	1,31	1342
B	1,54	1255
E	1,33	795
D	1,18	2551
C	1,35	1973



Şekil 6.13: B/Ç'ye karşı MMHS uygunlaştırılmış çizgi grafiği

MMHS için boy-çap etkileşim grafiğine (Şekil 6.14) bakıldığı zaman aynı çapta boyun artmasının kopuk lif sayısını arttırdığı görülmektedir. En iyi koşulu veren E düzesinin standart düze olduğu ve bir malzeme ile uzun süre çalışmanın olumlu etkisi düşünülerek bu düzenin göz ardı edilmesi durumunda da aynı boyda düşük çapın kopuk lif sayısı açısından olumlu sonuç verdiği görülmektedir.



Şekil 6.14: MMHS için boy-çap etkileşim grafiği

Bu değerlendirmeler sağlıklı olmamakla beraber, D düzesinin diğer düzelere göre daha fazla kopuk lif vermesi, kopma dayanım testinde de en yüksek kopma dayanımını D düzesinin vermesiyle açıklanabilir. D düzesinin düzeden çıkış hızı diğerlerine göre daha yavaş olmaktadır. Bu durumda düze ile besleme silindiri arasındaki çekim oranı artmaktadır. Makina üzerinde, besleme silindirinden ikinci kademe çekme silindirine kadar yapılan çekimin aynı olduğu düşünüldüğünde, farklılığı yaratan noktanın düze ile besleme silindiri arasındaki çekimin artması olduğu düşünülebilir. Böylelikle daha fazla yönleneren besleme silindirine gelmiş bir ipliğe aynı makina çekme oranını uyguladığımızda kopma dayanımı yükselmekte ve hatta iplik gereğinden fazla çekilmiş olduğu için kopuk lif verme ihtimali de artmaktadır.

Sonuç olarak düze çeşitlerinin dtex ve ısısal kısılma üzerine bir etkisi görülmemiştir. 45 Newton'daki uzama ile düze çeşitleri arasındaki ilişki kopma dayanımındaki değişimden kaynaklanmaktadır. Düze çeşitlerinin kopma dayanımı ve mekanik kaliteye önemli etkileri olduğu söylenebilir. Buna göre B/Ç oranı arttıkça kopma dayanımı azalırken, mekanik kalite seviyesi ise artmaktadır.

6.2 Birinci Kademe Çekme Oranı Çalışması

Makina 2’de standart bir pozisyon üzerinde sadece birinci kademe çekme oranının arka arkaya değiştirilmesi ile yapılan teste göre Tablo 6.10’daki sonuçlar alınmıştır.

Tablo 6.10: Farklı BKÇO değerlerinde elde edilen fiziksel özellik ve MMHS değerleri

BKÇO	DTEX	KD	45NU	KISALMA	MMHS
89,8	1414	125,8	7,812	6,5	979
89,8	1410	127,2	7,772	6,5	950
94,9	1406	124,9	7,884	6,6	760
94,9	1413	127,2	7,735	6,6	898
100,0	1408	124,9	7,808	6,6	622
100,0	1409	123,3	7,740	6,5	829
105,1	1410	126,1	7,778	6,6	622
105,1	1416	123,8	7,851	6,6	898
110,2	1415	124,1	7,890	6,7	900
110,2	1415	120,6	7,914	6,7	1023

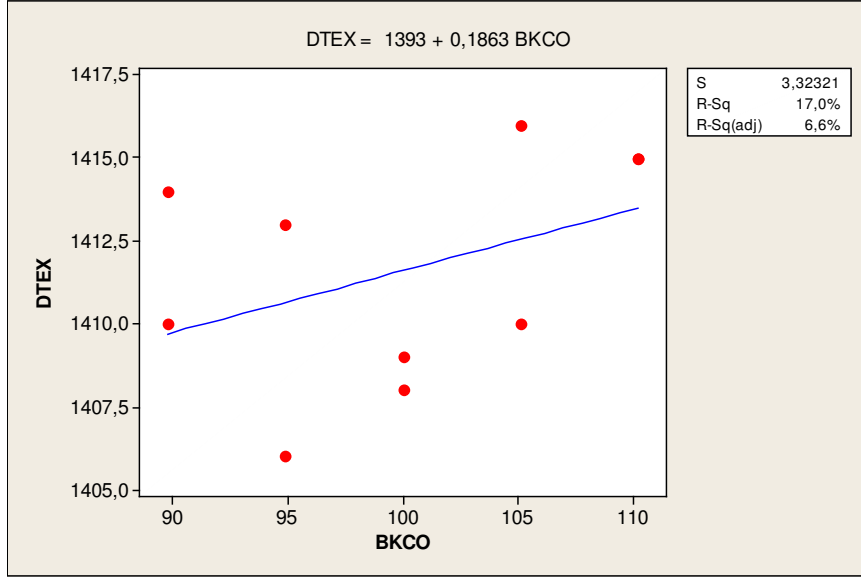
Beş farklı BKÇO değerinde çalışılmış ve her değer için ikişer bobin alınarak sonuçları incelenmiştir. Uygunluk ve regresyon analizleri yapılarak ilişkiler incelenmiştir. Uygunlaştırılmış çizgi analizinde P değeri 6.13 ve 6.14’deki hipotezlere göre incelenmiştir.

$$H_0: \rho=0 \text{ (ilişki yok)} \quad (6.13)$$

$$H_a: \rho \neq 0 \text{ (ilişki var)} \quad (6.14)$$

6.2.1 dTex

Öncelikle dtex ile BKÇO arasında bir uygunluk aranmıştır. Pearson uygunluk katsayısı 0,412 çıkmıştır. Arada bir ilişki olduğundan söz etmek güçtür. Yapılan regresyon analizinde de P değeri 0,237 çıkmıştır bu durumda H_0 hipotezi kabul edilir ve ilişki yok denir (Şekil 6.15).

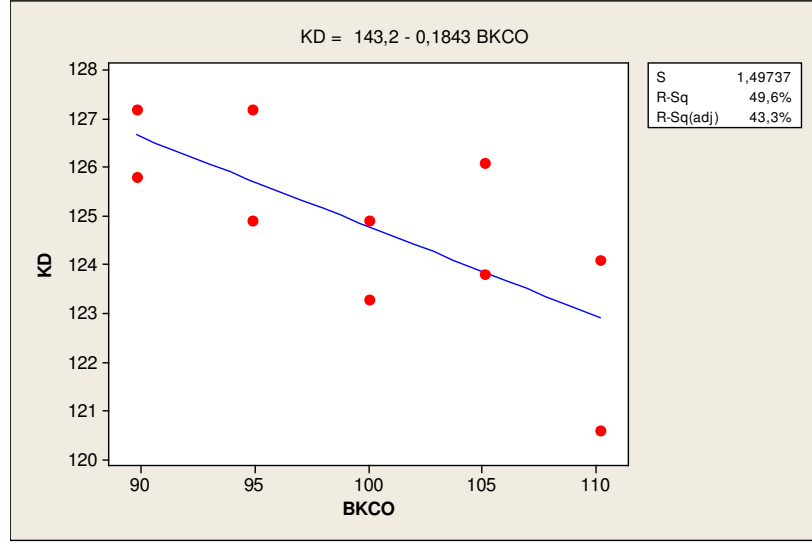


Şekil 6.15: dTex'e karşı BKÇO uygunlaştırılmış çizgi grafiği

6.2.2 Kopma dayanımı

Kopma dayanımı ile BKÇO arasında ilişkinin Pearson uygunluk katsayısı $-0,704$ 'tür yani çok güçlü olmasa da arada bir ters ilişki olduğu söylenebilir. Yapılan regresyon analizinde ise P değeri $0,023$ çıkmıştır bu durumda H_a hipotezi kabul edilir ve arada ilişki vardır denir. Ayarlanmış R^2 değeri $\%43$ olup çok yüksek değildir, yani oluşturulan denklemin, verilere uygunluğu düşüktür (Şekil 6.16). Denkliğe bakmak çok sağlıklı olmasa da, birinci kademe çekme oranı arttıkça kopma dayanımı düşmesi gibi genelleme yapmak yanlış olmayacaktır.

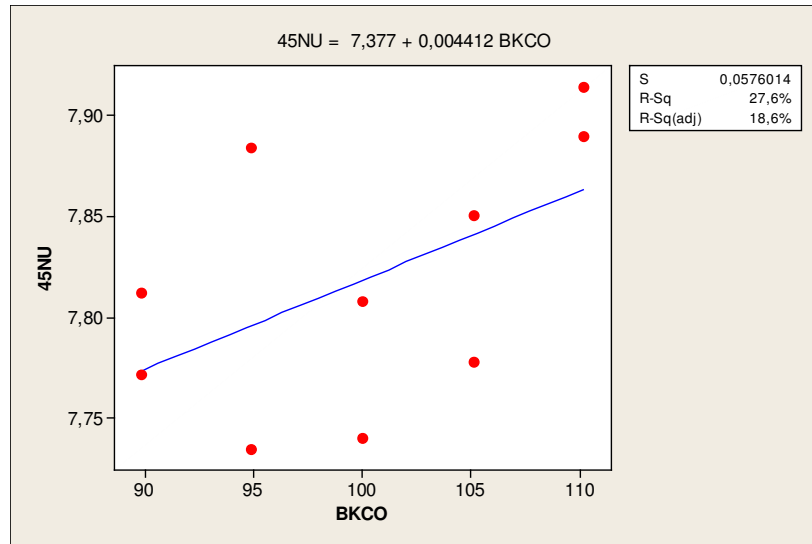
Genel deneyime göre birinci kademe çekme oranının kopma dayanımı üzerine önemli bir etkisi yoktur. Çünkü kopma dayanımını, ikinci kademe silindiri hızının, besleme silindiri hızına oranı olan makina çekme oranı belirlemektedir. Birinci kademe çekme oranı toplam çekmenin ne kadarının soğuk ne kadarının sıcak tarafta olacağını belirlemektedir. Yapılan bu testin sonucu rastsal değilse, sıcak çekim oranında, soğuk çekmeyi azaltarak yapılacak olan bir artış (yani birinci kademe çekme oranının azaltılması), moleküler yönlenmeye daha olumlu etki etmekte ve bu nedenle kopma dayanımı artmakta denebilir.



Şekil 6.16: Kopma dayanımına karşı BKÇO uygunlaştırılmış çizgi grafiği

6.2.3 45 Newton'da uzama

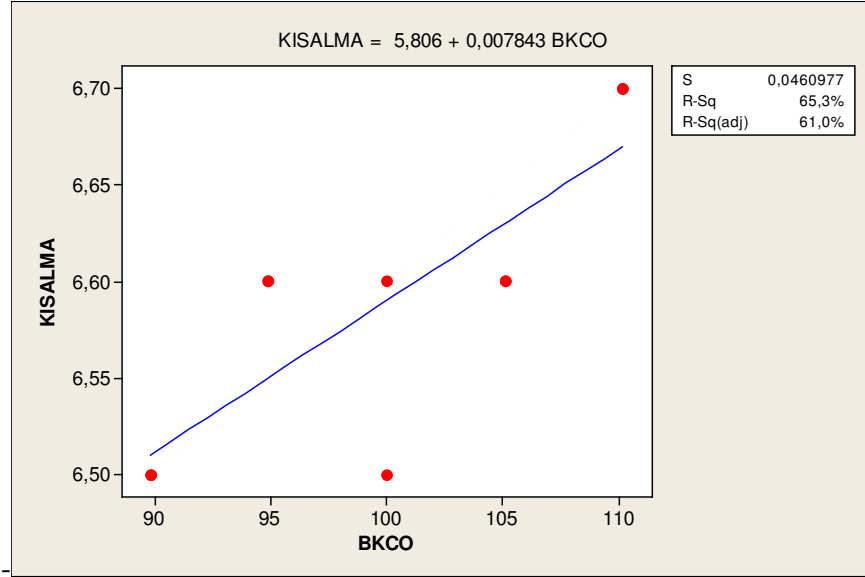
45 Newton'da uzama ile BKÇO arasında uygunluk analizi yapıldığında Pearson uygunluk katsayısının 0,525 olduğu görülmüştür. Regresyon analizinin P değeri ise 0,119 olarak hesaplanmıştır. Bu durumda BKÇO ile 45 N'daki uzama arasında istatistiksel olarak bir ilişki olduğu söylenemez. BKÇO arttıkça, 45 N'da uzamanın artma eğiliminin kopma dayanımındaki düşmeden kaynaklandığı söylenebilir (Şekil 6.17).



Şekil 6.17: 45 N'da uzamaya karşı BKÇO uygunlaştırılmış çizgi grafiği

6.2.4 Isıl kısıalma

Isıl kısıalma ile BKÇO arasındaki uygunluk analizinin Pearson uygunluk katsayısı 0,808 çıkmıştır. Yani arada doğru bir ilişki vardır. Yapılan regresyon analizinde de P değeri 0,005 çıkmıştır. Bu durumda H_a hipotezi kabul edilir yani arada bir ilişki vardır. Regresyon analizinden çıkan denklik Şekil 6.18 görülmektedir. Bu durum beklenen bir durum değildir ve ancak şu şekilde açıklanabilir. Birinci kademe çekme oranının artırılması, ikinci kademe çekme oranını düşürür, bu da ikinci kademe çekme bölgesinde sürtünmeyi ve dolayısıyla sıcaklığı azaltacaktır. Sıcaklık ile ısı kısıalma ters ilişkilidir. Yani ikinci kademedeki sıcaklık düştükçe ısı kısıalma oranı yükselecektir.

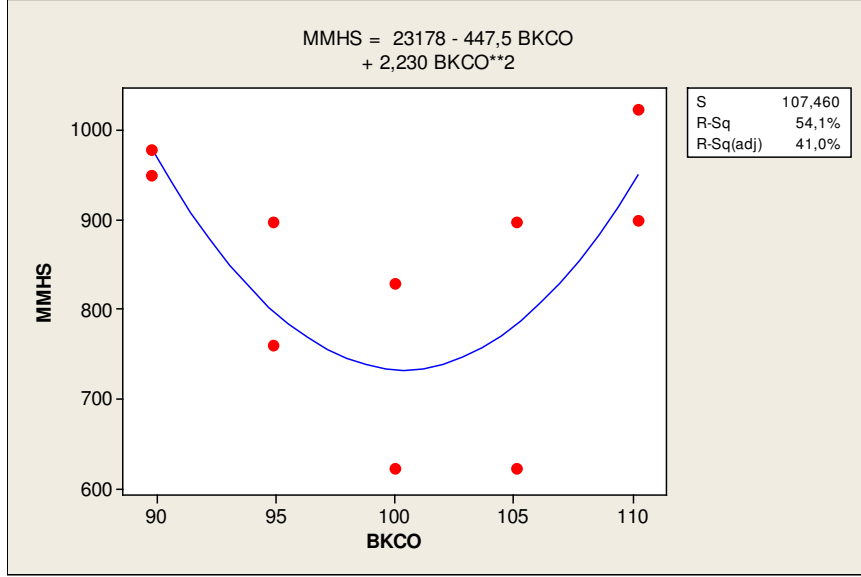


Şekil 6.18: Isıl kısıalmaya karşı BKÇO uygunlaştırılmış çizgi grafiği

6.2.5 Mekanik kalite

Birinci kademe çekme oranının mekanik kaliteye olan etkisini incelemek için kopuk lif sayıları incelenmiştir. BKÇO ile MMHS arasında uygunluk analizi yapıldığında Pearson uygunluk katsayısının -0,08 gibi çok düşük bir sayı olduğunu görülmüştür. Yani arada bir ilişki söz edilemez. Ancak regresyon analizinde doğrusal yerine ikinci dereceden bir model seçildiğinde P değerinin 0,024 çıktığı görülmüştür. Bu

durumda H_a hipotezi kabul edilir ve ilişki var denir. Ayarlanmış R^2 değeri çok yüksek olmasa da, Şekil 6.19, sistem hakkındaki genel eğilimi göstermektedir.



Şekil 6.19: Mekanik kaliteye karşı BKÇO uygunlaştırılmış çizgi grafiği

En yüksek hata sayısı, dolayısıyla en kötü mekanik kalite düşük ve yüksek BKÇO'nda elde edilmiştir. Bu durum şu şekilde açıklanabilir. Birinci kademe çekme, ipliğin soğuk çekme işleminin yapıldığı yerdir. Bu nedenle iplikteki boğazlanma noktasının nerede oluşacağı bu orana bağlıdır. Oran arttırıldıkça, birinci kademe silindir hızı artacak ve ipliğin boğazlanma noktası besleme silindirine doğru yaklaşacaktır. Bu oranın gereğinden fazla arttırılması boğazlanma noktasını besleme silindiri ya da ayırıcı seramik çubuklar üzerine kaydırmış olabilir. Bu durum istenmeyen durumdur, çünkü boğazlanmanın bir yüzey üzerinde yapılması sürtünmeden dolayı liflerin kopma olasılığını artırır. Aynı şekilde çekme oranının gereğinden fazla düşürülmesi durumunda ise ipliğin boğazlanma noktası birinci kademe silindiri üzerine kayabilir ve aynı sürtünme etkisinden dolayı mekanik kalite bozulabilir. Birinci kademe çekme oranının çok düşük tutulmasının başka bir zararı da şu şekilde açıklanabilir. İpliğe birinci kademede yeterli çekim uygulanmazsa, lifler ikinci kademe çekimi için gerekli dayanımı sağlayamayacak ve iplik, ikinci kademe çekme bölgesinde kopuk lif artışı yada ipliğin tamamen kopması gibi bir sonuçla karşılaşılacaktır.

Birinci kademe çekme oranının değişmesi, birinci kademe silindir hızı ile ayarlandığı için bu oranın değiştirilmesi, ikinci kademe çekme oranını da değiştirecek ve dolayısıyla ikinci kademe boğazlanma noktasının yeri de değişecektir. Yani birinci kademe çekme oranının değişmesi, soğuk çekme bölgesinde sorun açığa çıkarmasına da, etkisini ikinci kademedeki sıcak çekme bölgesinde gösterebilir ve mekanik kalite bozulabilir.

6.3 Ceket Sıcaklığı, Soğutma Hava akışı, Soğutma Hava Sıcaklığı ve Birinci Kademe Çekme Oranı Eniyileştirme Deney Tasarımı Çalışması

Tablo 5.6’da verilen deney tasarımı çalışması makina 2’de uygulanmış ve Tablo 6.11 verilen değerler elde edilmiştir. Fiziksel özellik verileri farklı iki pozisyondan alınan ikişer bobinin ortalamasıdır. Kopma verileri ise her bir deney satırının çalıştığı iki saatlik süre içinde makina 2’de yaşanan kopma sayısıdır. MMHS verileri ise yine her deney takımının çalıştığı iki saatlik süredeki makina 2’de üretilen bobinlerin MMHS’lerinin ortalamasıdır.

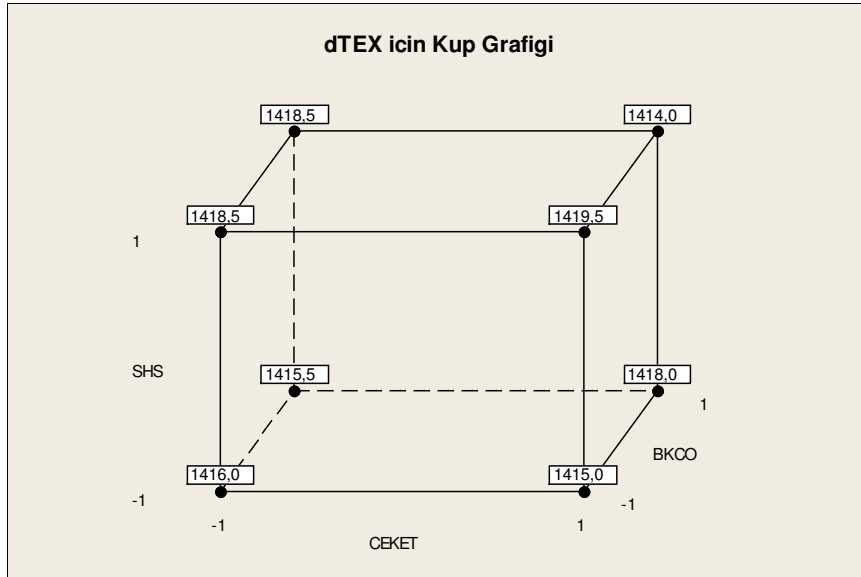
Tablo 6.11: Ceket sıcaklığı, soğutma havası akış ve sıcaklığı ve birinci kademe çekme oranı deney tasarım verileri

Girdi Değişkenleri				Çıktı Değişkenleri					
CEKET	SHS	SHA	BKÇO	DTEX	KD	45NU	KISALMA	KOPMA	MMHS
-1	-1	-1	-1	1416	124,0	7,91	6,73	5	1554
-1	-1	+1	-1	1416	123,5	7,92	6,65	7	1415
-1	+1	-1	-1	1419	124,8	7,94	6,65	9	1491
-1	+1	+1	-1	1418	124,6	7,94	6,50	5	1486
-1	+1	-1	+1	1420	123,3	7,88	6,70	7	1979
-1	+1	+1	+1	1417	122,4	7,91	6,63	3	1542
-1	-1	+1	+1	1417	123,1	7,89	6,65	1	1537
-1	-1	-1	+1	1414	122,8	7,93	6,60	2	1362
0	0	0	0	1414	122,5	7,61	6,57	2	1261
+1	-1	-1	-1	1416	122,8	7,91	6,57	7	1353
+1	-1	+1	-1	1414	121,2	7,87	6,60	5	1366
+1	+1	-1	-1	1421	123,3	7,79	6,60	1	1410
+1	+1	+1	-1	1418	122,5	7,60	6,52	1	1440
+1	+1	-1	+1	1415	122,8	7,87	6,55	0	1377
+1	+1	+1	+1	1413	122,6	7,86	6,52	2	1171
+1	-1	+1	+1	1417	122,2	7,91	6,50	1	1245
+1	-1	-1	+1	1419	123,5	7,84	6,52	4	1423

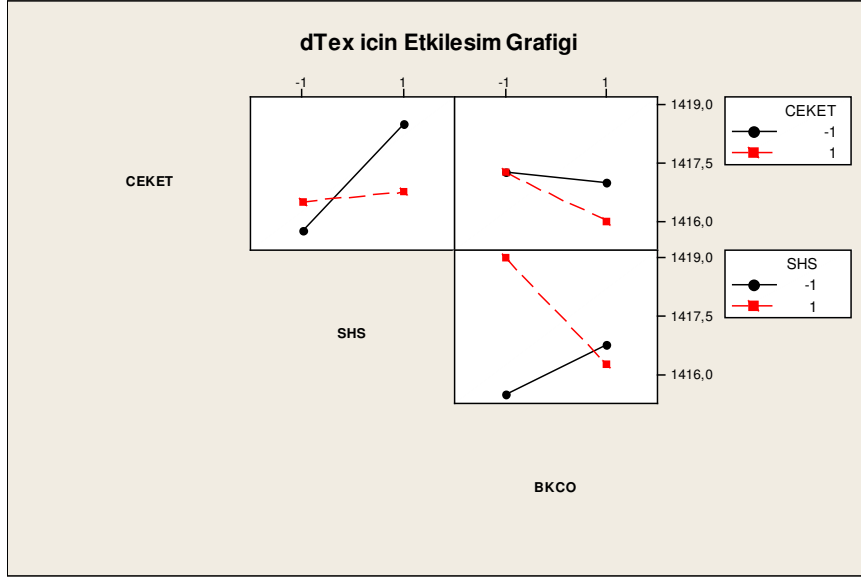
6.3.1 dTex

Yapılan deney tasarımı çözümlenerek sadeleşmiş model elde edilmiştir. Buna göre dtex üzerinde ceket sıcaklığı, soğutma havası sıcaklığı ve birinci kademe çekme oranının etkisi görülmüştür. P değerlerine bakıldığında ceket sıcaklığı, soğutma havası sıcaklığı ve birinci kademe çekme oranının üçlü etkileşimi bulunmaktadır. Böyle bir etkileşimin dtex'i etkiliyor olmasına bu çalışmada bir açıklama getirilememektedir. Bununla ilgili grafiksel gösterimler Şekil 6.20 ve 6.21'de verilmiştir.

Terim	P
Sabit	0,000
CEKET	0,586
SHS	0,121
BKÇO	0,418
SHS*BKÇO	0,047
CEKET*SHS*BKÇO	0,028



Şekil 6.20: dTex için küp grafiği



Şekil 6.21: dTex için etkileşim grafiği

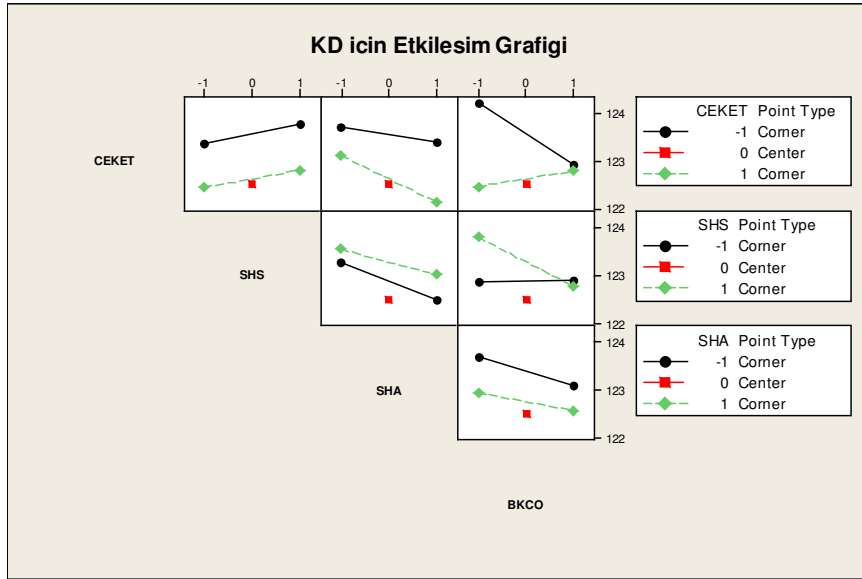
6.3.2 Kopma dayanımı

Yapılan deney tasarımı kopma dayanımı için çözümlendiğinde oldukça fazla etkileşim ve ana etki ortaya çıkmaktadır. Ceket sıcaklığı, soğutma havası akışı, soğutma havası sıcaklığı, ve birinci kademe çekme oranı kopma dayanımı üzerinde etkili görünmektedir. Ayrıca merkez noktası da etkili çıkmıştır.

Terim	P
Sabit	0,000
CEKET	0,000
SHS	0,002
SHA	0,001
BKÇO	0,001
CEKET*SHA	0,003
CEKET*BKÇO	0,000
SHS*SHA	0,019
SHS*BKÇO	0,001
SHA*BKÇO	0,019
CEKET*SHS*SHA	0,003
CEKET*SHA*BKÇO	0,030
SHS*SHA*BKÇO	0,014
CEKET*SHS*SHA*BKÇO	0,006
Ct Pt	0,004

Şekil 6.22’de kopma dayanımı için verilen etkileşim grafiği incelendiğinde ceket sıcaklığının düşük olduğu durumlarda daha yüksek dayanım elde edildiği görülmektedir. Ceket sıcaklığının düşük olması polimerin düze çıkışındaki eriyik akma hızını arttırmaktadır. Böylece polimerin düze çıkışındaki hızı düşmektedir. Polimer liflerini düzeden çeken besleme silindirinin hızı sabit tutulduğu ve düze çıkışındaki hız azaldığı için lif düze ile besleme silindiri arasındaki çekim oranı artmakta, bu da kopma dayanımının artmasına neden olmaktadır.

Kopma dayanımını arttıran ikinci durum ise soğutma bölgesindeki moleküler yönlenmeyle açıklanabilir. Yüksek soğutma havası sıcaklığı ve/veya düşük soğutma havası akışı benzer etkiler sağlamaktadır. Her iki durumda da eriyik halde düzeden çıkan polimerin soğuması daha yavaş gerçekleşmektedir. Böylece amorf haldeki polimer zincirlerinin kristallenmesi için yeterli zaman kalmakta ve daha yüksek kristalin yapıya sahip liflerin de kopma dayanımı artmaktadır.



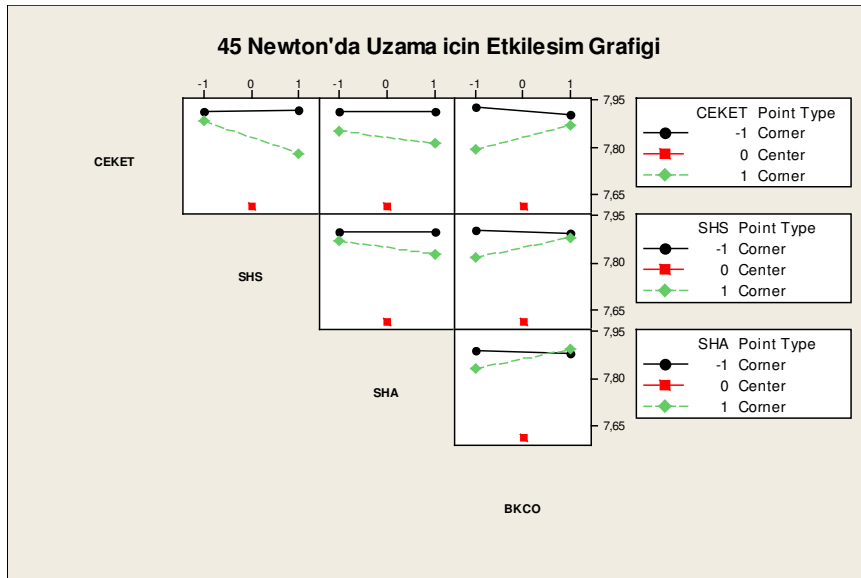
Şekil 6.22: Kopma dayanımı için etkileşim grafiği

6.3.3 45 Newton’da uzama

Deney tasarımı 45 Newton’daki uzama için çözümlendiğinde ikili ve üçlü etkileşimler ve ana etkilerin uzama için etken teşkil ettiği görülmektedir.

Terim	P
Sabit	0,000
CEKET	0,010
SHS	0,016
SHA	0,037
BKÇO	0,030
CEKET*SHS	0,015
CEKET*SHA	0,037
CEKET*BKÇO	0,016
SHS*SHA	0,037
SHS*BKÇO	0,022
SHA*BKÇO	0,024
CEKET*SHS*SHA	0,022
CEKET*SHS*BKÇO	0,014
CEKET*SHA*BKÇO	0,021
SHS*SHA*BKÇO	0,042
Ct Pt	0,006

Bu çalışmada düşük ceket sıcaklığı ve soğuk soğutma havasında uzamanın daha yüksek olduğu kaydedilmiştir (Şekil 6.23). Ancak bunun nedenleri hakkında bir açıklama getirilememektedir.



Şekil 6.23: 45 Newton'da uzama için etkileşim grafiği

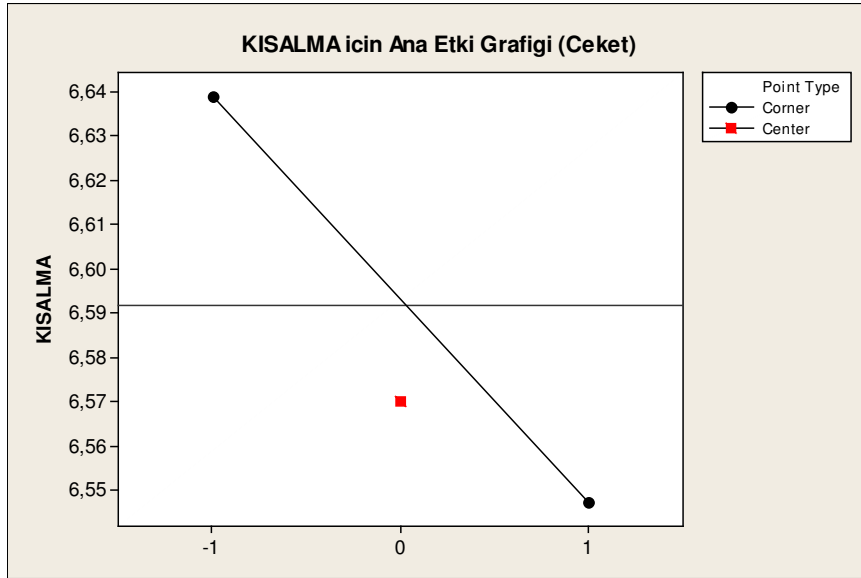
6.3.4 Isıl kısıalma

Yapılan deney tasarımı ısıl kısıalma için çözümlendiğinde sadece ceket sıcaklığının etkili olduğu görülmektedir.

Terim	P
Sabit	0,000
CEKET	0,004

Yüksek ceket sıcaklığında ısıl kısıalma yüzdesi düşmektedir (Şekil 6.24). Bu duruma iki farklı nedenle açıklama getirilebilir. Öncelikli olarak, ısıl kısıalma ile kopma dayanımı arasındaki doğrusal ilişkinin böyle bir sonuca neden olduğu düşünülebilir. Bölüm 6.3.2’de yüksek ceket sıcaklığının kopma dayanımını düşürdüğünden söz edilmiştir. Isıl kısıalma ile kopma dayanımının da doğru orantılı olduğu düşünülürse, yüksek ceket sıcaklığında ısıl kısıalma yüzdesinin düşmesinin, kopma dayanımındaki düşmeden dolayı kaynaklandığı söylenebilir.

Aynı konuya ikinci bir yorum da sıcaklık etkisiyle getirilebilir. İpliğin ısıl özelliklerinin sabitleme işlemi, sıcak kafeste uygulanan ısıtma işlemiyle sağlanmaktadır. Yüksek sıcak kafes sıcaklığı ipliğin ısıl kısıalma yüzdesinin düşük olmasına neden olmaktadır. Benzer bir etkinin ceket sıcaklığından geldiği de düşünülebilir.



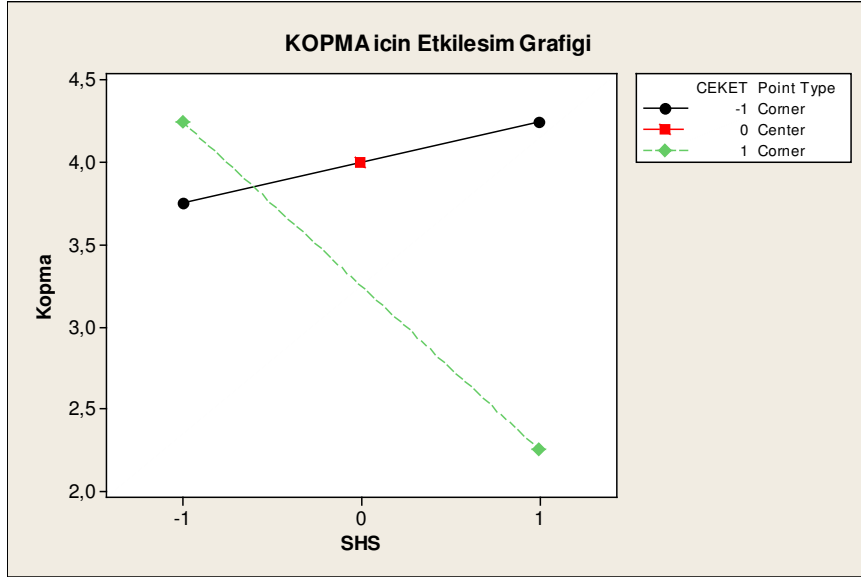
Şekil 6.24: Kısıalma için ana etki grafiği grafiği

6.3.5 Kopma

Kopma sayısı için çözümlene yapıldığında bir çok ikili ve üçlü etkileşimin ve ana etkilerin etken olduğu görülmüştür.

Terim	P
Sabit	0,000
CEKET	0,091
SHS	0,091
SHA	0,000
BKÇO	0,000
CEKET*SHS	0,013
CEKET*SHS*SHA	0,000
CEKET*SHS*BKÇO	0,034
SHS*SHA*BKÇO	0,002

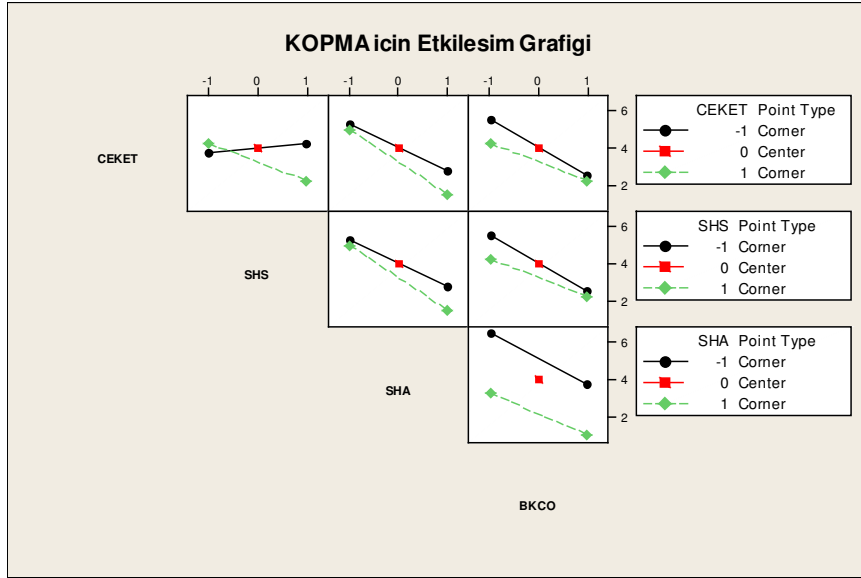
Şekil 6.25’de yüksek ceket sıcaklığında yüksek SHS’nın daha düşük kopma sayısı verdiği görülmektedir.



Şekil 6.25: Kopma sayısı için etkileşim grafiği (ceket-shs)

Şekil 6.26’da ise soğutma havası akışının yüksek düzeyde olmasının kopma sayısını azalttığı görülmektedir. Liflerin soğutma işlemi tek taraftan yapılmaktadır ve bu nedenle de düşük hava akışında, arka tarafta kalan lifler iyi soğuyamadan çekilmeye maruz kalmaktadır. Yeterli soğuma sağlanmadan çekme işlemine geçildiğinde de

kopma sayısı artmaktadır. BKÇO'nun yüksek değerlerinde de kopma sayısının az olduğu görülmüştür.



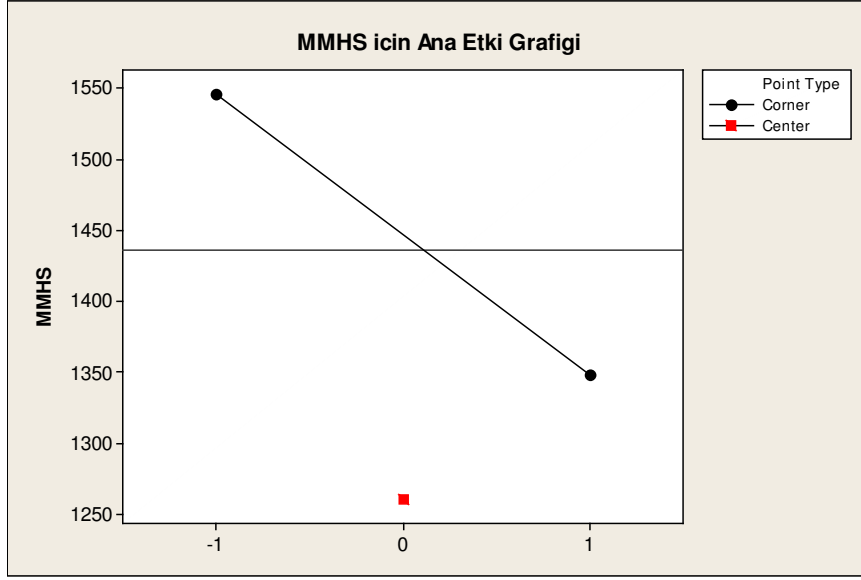
Şekil 6.26: Kopma sayısı için etkileşim grafiği (ceket-shs-sha-bkço)

6.3.6 Mekanik kalite

Yapılan deney tasarımı mekanik kalite için çözümlendiğinde sadece ceket sıcaklığının istatistiksel olarak anlamlı sonuç verdiği görülmüştür. Yani sadeleşmiş modelde sadece ceket sıcaklığı kalmıştır. Mekanik kaliteye daha fazla etkenin etki etmesi beklenmesine karşı istatistiksel olarak sadece ceket sıcaklığının etkisi görülmüştür.

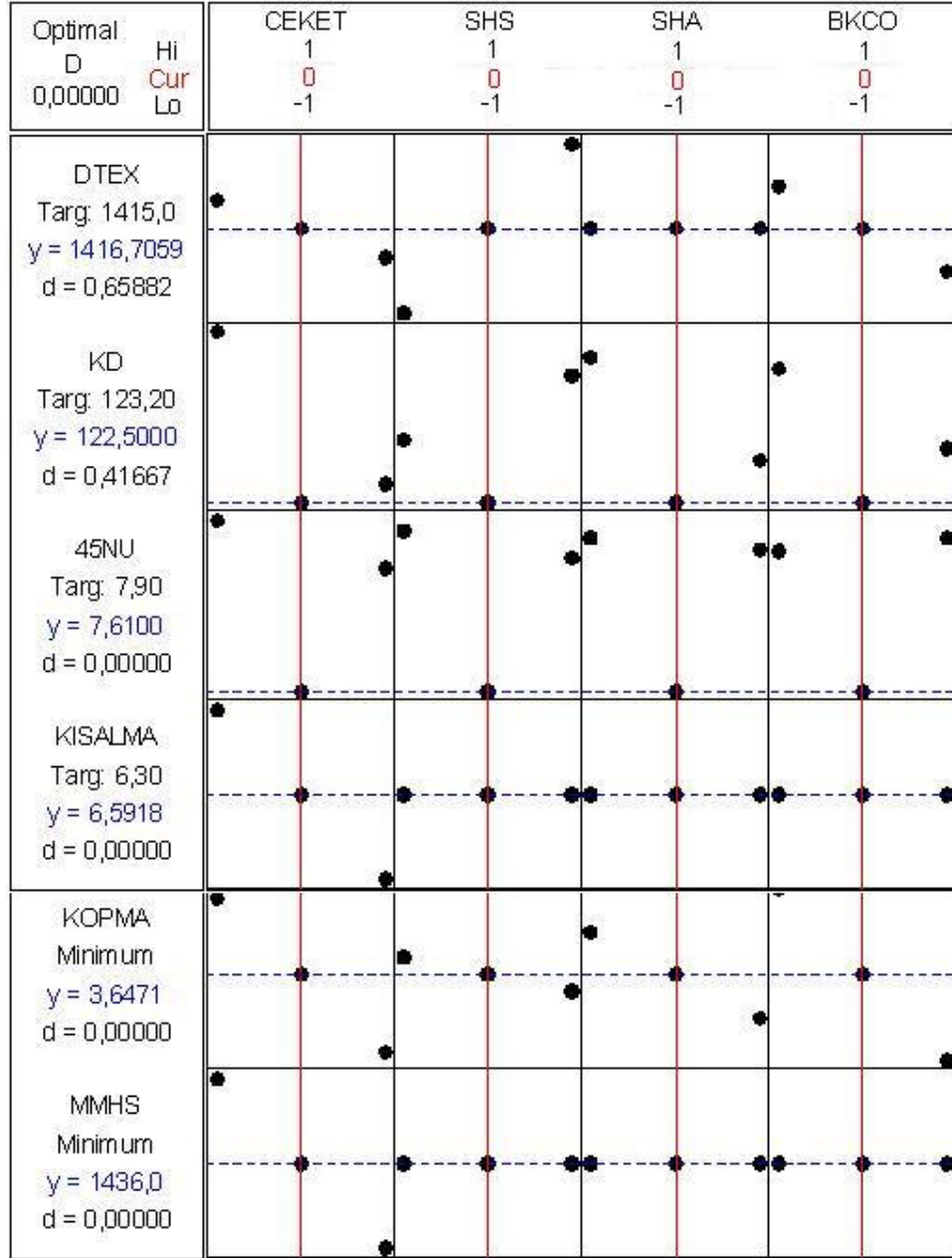
Terim	P
Sabit	0,000
CEKET	0,019

Şekil 6.27’de ceket sıcaklığının ana etkisi gösterilmektedir. Yüksek ceket sıcaklığında mekanik kalitenin iyileştiği görülmektedir. Bundaki ana nedenin kopma dayanımında (bölüm 6.3.2) anlatılan etkiden kaynaklandığı düşünülmektedir. Düşük ceket sıcaklığında polimerin düze çıkışındaki hızı yavaşladığı için lifler toplamda daha çok çekmeye maruz kaldığı ve bu nedenle de ipliğin kopuk lif verme şansının arttığı düşünülmektedir.



Şekil 6.27: Mekanik kalite için ana etki grafiği (ceket)

Sonuç olarak, yapılan bu deney tasarımında ceket sıcaklığı, soğutma havası sıcaklığı, soğutma havası akışı ve birinci kademe çekme oranının; dtex, kopma dayanımı, 45 Newton'da uzama, ısıl kılcalma, kopma, mekanik kalite gibi çıktılara etkileri ayrı ayrı incelenmiştir. Bu etkilerin hepsinin birden istenilen hedef noktalarında ya da buna yakın değerlerde tutulabilmesi için Minitab programındaki yanıt eniyileci çalıştırılmıştır (Şekil 6.28). Buna göre ceket sıcaklığı, soğutma havası sıcaklığı, soğutma havası akışı, birinci kademe çekme oranı orta noktalara yani 0 değerlerine getirildiğinde tüm çıktılar için yaklaşık olarak en iyi sonuçlar alınmaktadır.



Şekil 6.28: Yanıt eniyileyici (ceket, shs, sha, bkço)

6.4 Makina Çekme Oranı, Rahatlatma Oranı ve Sıcak Kafes Sıcaklığı Eniyileştirme Çalışması

Tablo 5.7’de verilen deney dizisi makina 2’de, 1400 dtex çalışırken pozisyonel olarak denenmiş ve Tablo 6.12 oluşturulmuştur. Merkez noktalı, tam etkensel 2^k deney tasarımı ile test yapılmıştır.

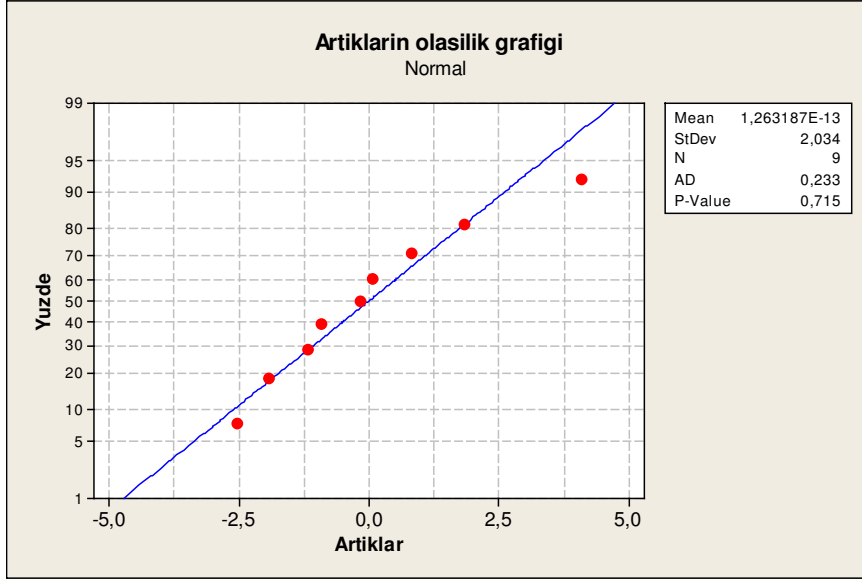
Tablo 6.12: Makina çekme oranı, rahatlatma oranı ve sıcak kafes sıcaklığı ile yapılan deney tasarımının girdi ve çıktıları

Girdi Değişkenleri			Çıktı Değişkenleri				
MÇO	RO	SKS	DTEX	KD	45NU	KISALMA	MMHS
-1	-1	-1	1423	120,4	8,00	6,50	611
+1	-1	-1	1417	123,4	7,91	6,55	626
-1	+1	-1	1412	121,3	8,08	6,40	700
+1	+1	-1	1411	123,5	8,01	6,35	917
-1	-1	+1	1418	120,0	8,04	6,20	356
+1	-1	+1	1419	124,5	7,98	6,25	995
-1	+1	+1	1414	120,2	8,06	6,15	678
+1	+1	+1	1413	124,3	8,00	6,35	928
0	0	0	1413	123,7	8,03	6,10	1111

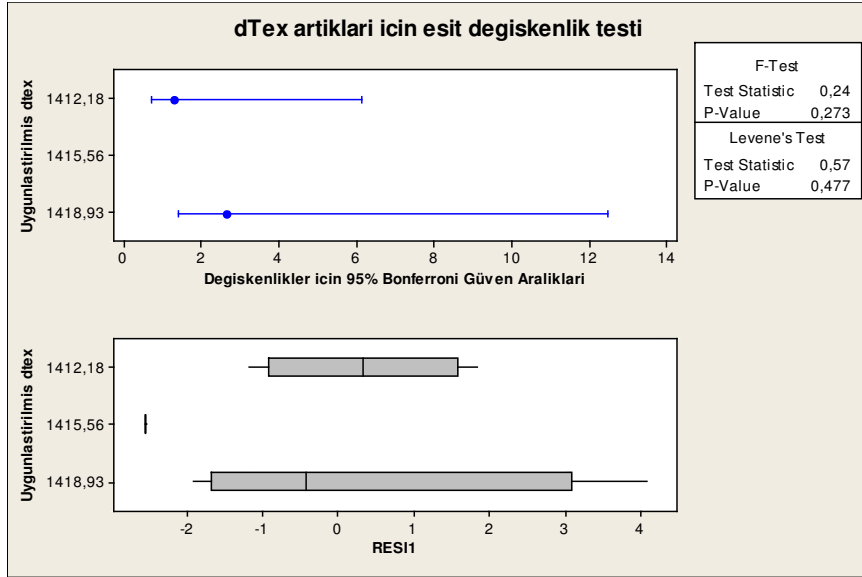
6.4.1 dTex

2^k tam etkensel çözümlenmesi yapılan deneyde çıktı olarak dtex seçildiğinde, sadeleşmiş modelde bir tek rahatlatma oranı (RO) olduğu görülmüştür. RO için P değeri 0,003 olarak bulunmuştur. Yani makina çekme oranı (MÇO), sıcak kafes sıcaklığı (SKS) ve tüm etkileşimler için H_0 hipotezi kabul edilirken RO için H_a hipotezi kabul edilmiştir. Daha sonra çözümlenme artıklar ve uygunlaştırılmış veriler için tekrar çalıştırılmıştır. Buna göre oluşturulan artıkların dağılımı normal, değişkenlikleri ise farklı değildir (Şekil 6.29 ve 6.30). Yani oluşturulacak olan model sağlıklıdır.

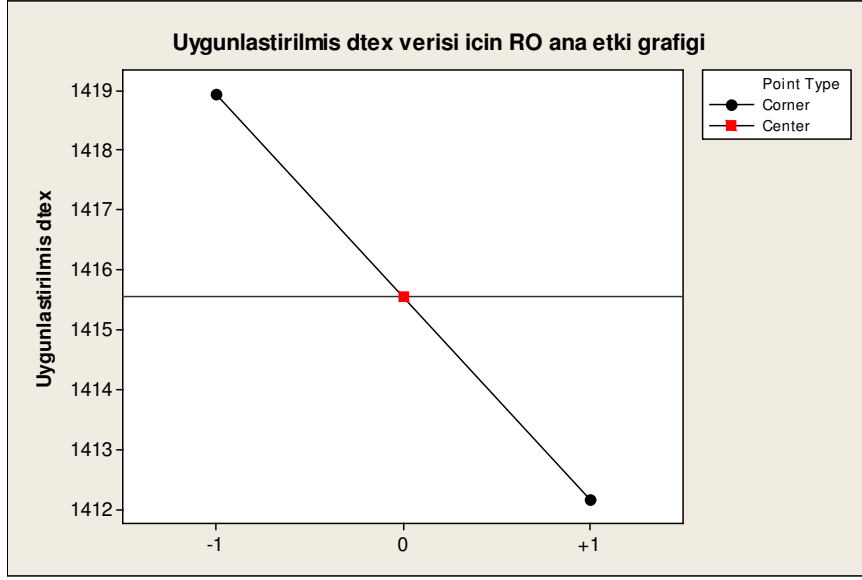
RO'nun dtex üzerine doğrudan etkisi şekil 6.31'deki grafikte gösterilmektedir. Buna göre RO artırılması dtex'i düşürmektedir. Makina üzerinde RO artırma ayarı, F5 silindir hızını arttırmakla yapılmaktadır. F5 silindiri de en hızlı dönen silindir olduğu için dtex'e etki etmektedir. Sonuç olarak RO arttırıldığında F5 silindir hızı arttığı için dtex azalmaktadır (Şekil 6.31).



Şekil 6.29: dTex için artıklar için olasılık grafiği

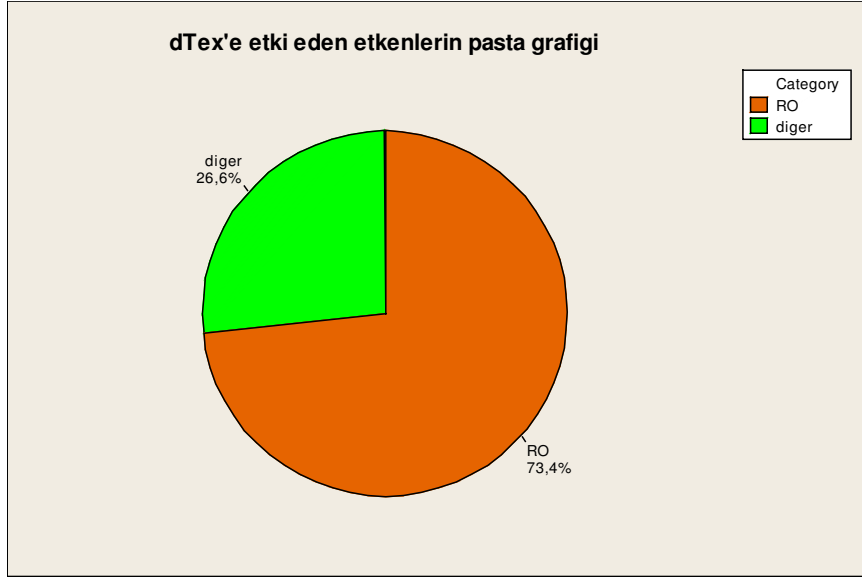


Şekil 6.30: dTex artıkları için eşit değişkenlik testi



Şekil 6.31 dTex için RO ana etki grafiği

Şekil 6.32’de görüldüğü gibi bu deney tasarımındaki dtex değişimlerinin%73,4’ü rahatlatma oranından kaynaklanmaktadır.

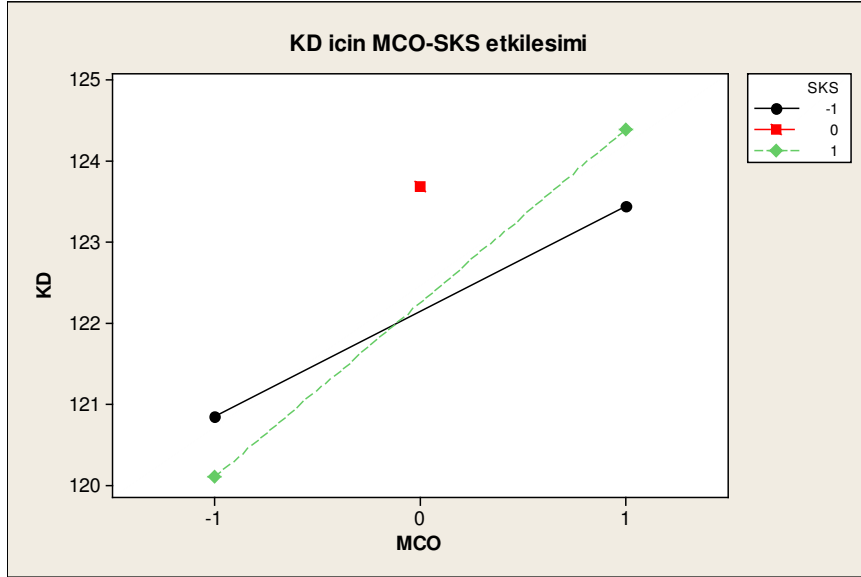


Şekil 6.32: dTex’e etki eden etkenlerin etki yüzdeleri gösteren pasta grafiği

6.4.2 Kopma dayanımı

Etkensel çözümlenme kopma dayanımı için yapıldığında sadeleşmiş modelde kalan terimler ve P değerleri sırasıyla şöyledir. MÇO, SKS, MÇO-SKS, Merkez noktası; 0,000, 0,695, 0,023 ve 0,014'tür. Daha sonra 6.4.1'de yapıldığı gibi artıklar ve uygunlaştırılmış veriler oluşturulmuştur. Bunlar incelendiği zaman artıkların normal dağıldığı (P değeri 0,204), değişkenliklerin ise birbirinden farklı olmadığı tespit edilmiştir (Bartlett test P değeri 0,292). Yani yapılan çözümlenme istatistiksel olarak sağlıklıdır.

Şekil 6.32'de MÇO ile SKS etkileşim grafiği görülmektedir. Buna göre yüksek sıcak kafes sıcaklıklarında MÇO kopma dayanımına daha fazla etki etmektedir. Bu durum, yüksek sıcaklıklarda ipliğin iç dinamiğinin esneklik gösterdiğini ve makina çekimine karşı daha duyarlı hale geldiğini göstermektedir.



Şekil 6.33: Kopma dayanımı için MÇO-SKS etkileşimi grafiği

Şekil 6.33'de görüldüğü gibi kopma dayanımına asıl etki ana etkilerden gelmektedir. Sadeleşmiş modelde kalan MÇO ve SKS incelendiğinde SKS'nin P değerinin çok yüksek olduğu, ve asıl etkinin MÇO'ndan kaynaklandığı söylenebilir. SKS'nin yüksek P değerine rağmen sadeleşmiş modelde ana etken olarak kalmasının sebebi

etkileşimde SKS'nın kalmasından dolayıdır. Sıralama (hiyerarşi) kuralı bozulamayacağı için SKS ana etki olarak görünmektedir. Şekil 6.34'de kopma dayanımına etki eden etkenlerin etki yüzdelerini gösteren pasta grafiği görünmektedir.

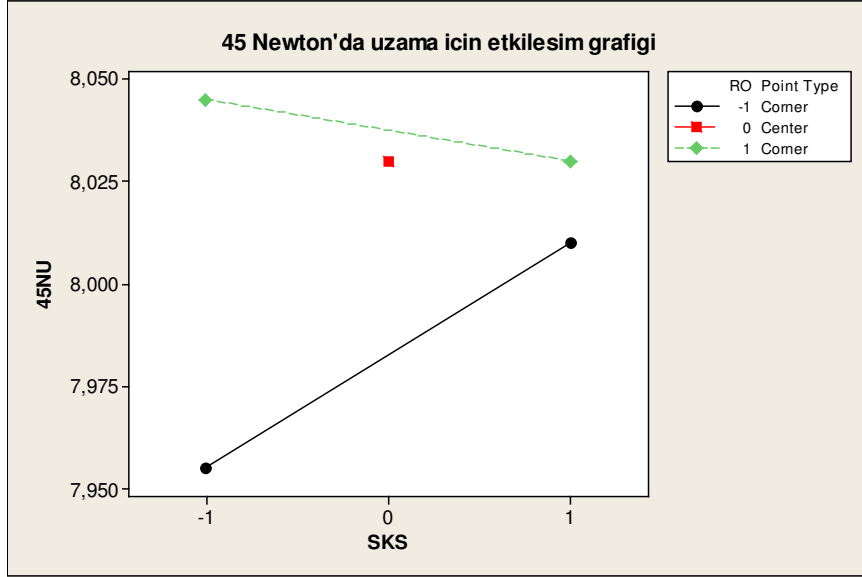


Şekil 6.34: KD'na etki eden etkenlerin etki yüzdelerini gösteren pasta grafiği

6.4.3 45 Newton'da uzama

45 Newton'da uzama için etkensel çözümleme yapıldığında sadeleşmiş modelde kalan terimler ve P değerleri sırasıyla şöyledir: MÇO'nun P değeri 0,002, RO'nun P değeri 0,004, SKS'nin P değeri 0,092 ve son olarak da RO*SKS etkileşiminin P değeri 0,018'dir. Bu modele göre, artıkların dağılımı normal olduğu için ve değişkenliklerde bir farklılık olduğu düşünülmediği için sağlıklı yapılmış bir testtir.

Şekil 6.35'de sıcak kafes sıcaklığı ve rahatlatma oranının, etkileşimli olarak 45 N'da uzamayı nasıl etkilediğini gösterilmektedir. Merkez noktasının etkili çıkmadığı teste, yüksek rahatlatma oranı ile rahatlatılmış ipliklerin 45 Newton'da daha yüksek uzama değerleri verdiği görülmektedir. Bununla beraber yüksek rahatlatma oranına sahip iplikler, SKS sıcaklığı arttıkça uzamaları azalmaktadır. Düşük rahatlatma oranının da ise sıcaklık etkisi daha önemli hale gelmektedir. Bu durumda sıcaklık artışıyla beraber uzamalarda da artış görülmektedir.



Şekil 6.35: 45 Newton'da uzama için RO-SKS etkileşimi grafiği

Şekil 6.36'de 45 Newton'da uzamaya etki eden etkenlerin pasta grafiğindeki dağılımı gösterilmektedir. 45 Newton'da uzamadaki değişimlerin %84,3'ü, rahatlatma oranı, makina çekim oranı ve sıcak kafes sıcaklığı gibi etkilerden kaynaklanırken, %12,4'lük kısmı da iki rahatlatma oranı ile sıcak kafes sıcaklığı arasındaki etkileşimden kaynaklanmaktadır.



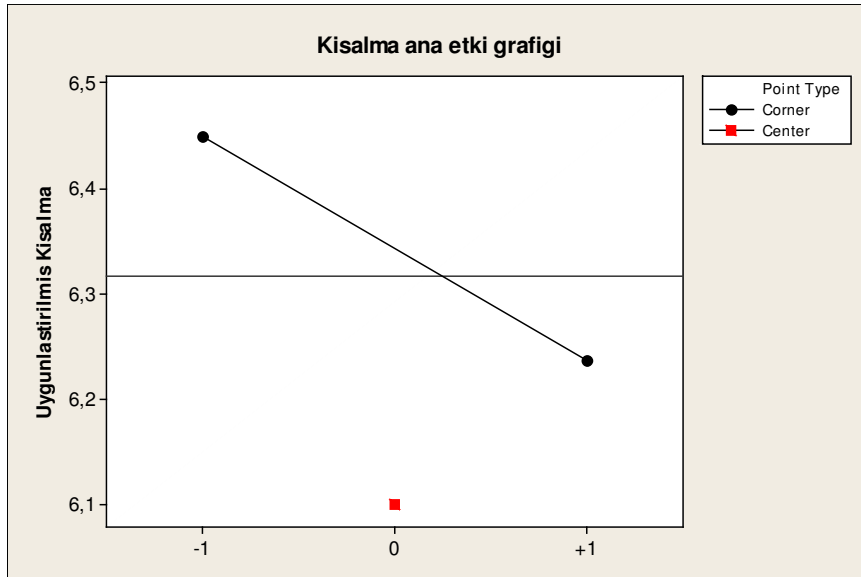
Şekil 6.36: 45 Newton'da uzamaya etki eden etkenlerin pasta grafiği

6.4.4 Isıl kısıalma

Deney tasarımının çözümlenmesi ısıl kısıalma için yapıldığında, sadeleştirilmiş modelde sadece sıcak kafes sıcaklığı ve merkez noktasının kaldığı görülmüştür. Yapılan çözümlenmenin sağlıklı olup olmadığını görmek için artıklar ve uygunlaştırılmış veriler oluşturulmuş ve bunlara yapılan normallik testinde P değeri 0,796 çıkmıştır. Yani dağılım normaldir. Eşit değişkenlik testinde ise F testi için P değeri 0,915 çıkmıştır. Yani değişkenlikler arasında farklılık yoktur ve gereklilikler sağlandığı için çözümlenme sağlıklıdır.

Şekil 6.37’de kısıalma için çizilmiş olan ana etki grafiği görülmektedir. Buna göre sıcak kafes sıcaklığı arttırıldıkça ısıl kısıalma yüzdesi düşmektedir. Polimerlerin genel davranışı olan sıcakta çekme eğilimi, ikinci kademe çekme silindirlerinde ipliğe sıcaklık uygulanarak giderilmeye çalışılmaktadır. Yönlenmiş polimer zincirlerinin, eski yönlenmemiş haline dönmesine engel olmak için ısıl hafızası bu şekilde unutturulmaya çalışılmaktadır.

Şekil 6.37’de dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta, sistemde eğrisellik bulunmasıdır. Test edilen merkez noktası doğrusal çizginin uzağında kalmıştır. Bu tip durumların modellenebilmesi için yanıt yüzeyi çalışması yapılmalıdır.



Şekil 6.37: Kısıalma için ana etki grafiği

Şekil 6.38’de kısalmaya etki eden etkenlerin hangi oranda etki ettikleri gösterilmektedir. Buna göre kısalma değişimleri %47,5 oranında sıcak kafes sıcaklığı gibi ana etkilerden kaynaklanmaktadır. Sıcak kafes sıcaklığı ana etkisindeki eğrisellik ise kısaltmada %27,8 oranında etkindir.

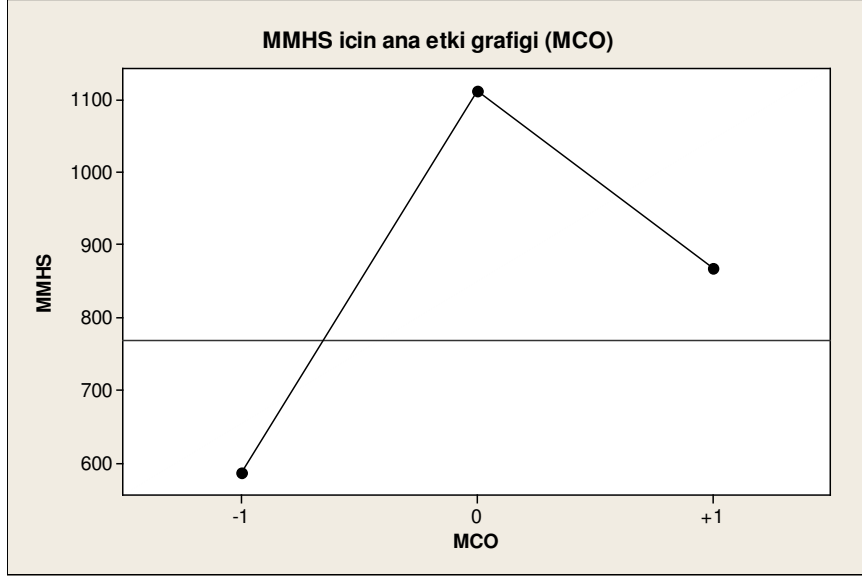


Şekil 6.38: Kısaltmaya etki eden etkenlerin pasta grafiği

6.4.5 Mekanik kalite

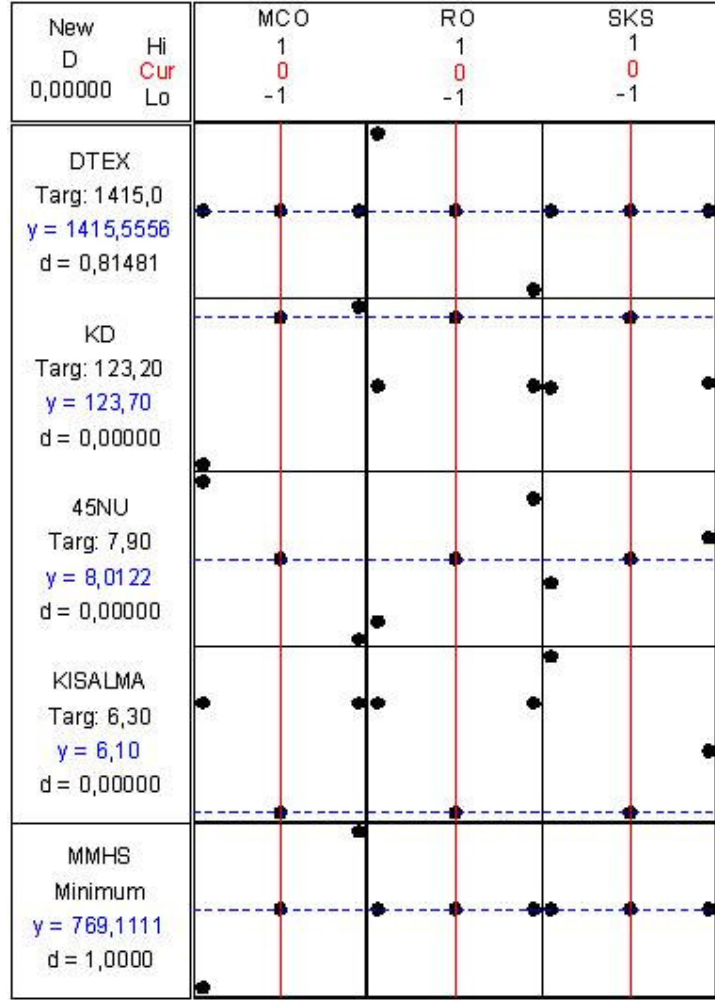
Makina çekme oranı, rahatlatma oranı ve sıcak kafes sıcaklığı ile uygulanan deney tasarımının çözümlenmesi yapıldığında, bu etkenlerin mekanik kaliteyi istatistiksel olarak etkilemediği görülmüştür. Sadeleştirilen model de en son kalan etken makina çekme oranı olmuştur. Makina çekme oranının mekanik kaliteye ana etkisinin P değeri 0,091 olarak hesaplanmıştır. 0,091 değeri %5 limitinin altında kalsa da genel olarak bakıldığında makina çekme oranının mekanik kaliteye etki ettiğini bilinmektedir. Makina çekme oranı arttıkça ipliğin dayanımı da artmaktadır ancak bazı lifler bu çekmeye dayanamadığı için kopuk lif seviyesi artmakta bu da mekanik kaliteyi azaltmaktadır. Şekil 6.39’da makina çekme oranının -1 ile +1 olduğu verilere bakılırsa, mekanik kalitedeki düşme yani MMHS artışı rahatlıkla görülebilir. Merkez noktasındaki tek verinin yüksek sayılması, bu deneyde makina çekme oranını etkisiz olarak göstermiştir. Sonuç olarak bu deneyde MÇO mekanik kalite üzerinde istatistiksel olarak etkisiz çıkmıştır ancak genel bilgi birikiminden ve Şekil 6.39’un

farklı gözle incelenmesinden ötürü, MÇO artışının mekanik kaliteyi ters yönde etkilediği söylenebilir.



Şekil 6.39: Makina çekme oranının mekanik kalite üzerine ana etki grafiği

Tüm bu veriler Minitab programındaki yanıt eniyileyiciye (response optimizer) aktarılıp, çıktılara hedef değerleri girildiğinde program en iyi koşulları vermektedir. Buna göre Şekil 6.40'da görüldüğü gibi MÇO 0, RO %0 SKS da 0 girildiğinde istenilen çıktı seviyelerine en yakın sonuçlar alınmış olmaktadır.



Şekil 6.40: MÇO, RO, SKS deney tasarımı yanıt eniyileyci grafiği

6.5 Gerilim Giderme (F6) ve İkinci Kademe Çekme (F5) Silindirleri Hız Eniyileştirme Deney Tasarımı Çalışması

Bu çalışmada, gerilim giderme silindir hızı ile ikinci kademe silindir hız değişikliklerinin etkileri Tablo 5.8'de verilen değerlere göre yapılan deney tasarımı ile incelenmiştir. Üçer düzeyli iki etkenden oluşan bu tam etkensel deney tasarımı 3x3 olarak gösterilmektedir. Bu deney tasarımı toplamda 9 deneyden oluşmaktadır. Her bir deneyden ikişer çıktı alındığı için toplam 18 sıra oluşmuştur. Buna göre oluşan girdi ve çıktı değişkenleri verileri Tablo 6.13'de verilmiştir.

Tablo 6.13: Gerilim giderme ve ikinci kademe çekme silindirleri ile yapılan deney tasarımı

Girdi Değişkenleri		Çıktı Değişkenleri				
F5	F6	DTEX	KD	45NU	KISALMA	MMHS
-1	-1	1419	123,2	7,75	6,7	742
-1	-1	1420	122,0	7,85	6,6	3299
-1	0	1406	124,5	7,67	6,8	1411
-1	0	1420	122,9	7,63	6,9	3690
-1	+1	1405	125,2	7,45	7,1	2488
-1	+1	1409	123,4	7,53	6,9	6443
0	-1	1407	122,5	7,83	6,4	1306
0	-1	1416	120,6	7,83	6,3	2887
0	0	1407	125,0	7,67	6,6	1237
0	0	1410	123,3	7,71	6,7	2543
0	+1	1399	123,8	7,71	6,9	1849
0	+1	1412	121,4	7,66	6,7	1351
+1	-1	1396	125,4	8,03	6,1	756
+1	-1	1414	122,9	7,96	6,1	962
+1	0	1409	122,8	7,88	6,2	619
+1	0	1411	122,0	7,91	6,2	1993
+1	+1	1407	124,8	7,69	6,5	1031
+1	+1	1411	123,9	7,75	6,5	8866

Oluşturulan istatistiksel model şu şekilde tanımlanabilir.

$$Y_{tij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \tau_i\beta_j + \varepsilon_{tij} \quad (6.15)$$

$$Y_{tij}: i \text{ ninci ve } j \text{ ninci etkenlerdeki herhangi bir nokta} \quad (6.16)$$

$$\mu: \text{ Genel ortalama} \quad (6.17)$$

$$\tau_i: \tau \text{ etkeninin } i \text{ ninci düzeyindeki ana etkisi} \quad (6.18)$$

$$\beta_j: \beta \text{ etkeninin } j \text{ ninci düzeyindeki ana etkisi} \quad (6.19)$$

$$\tau_i\beta_j: \tau_i \text{ ve } \beta_j \text{ nin etkileşimi} \quad (6.20)$$

$$\varepsilon_{tij}: \text{ Hata} \quad (6.21)$$

Bu çalışmada oluşturulan hipotezler şu şekilde yazılabilir:

$$H_0: \text{ Her } \tau_i = 0 \quad (6.22)$$

$$H_a: \text{ En azından bir } \tau_i \neq 0 \quad (6.23)$$

$$H_0: \text{ Her } \beta_i = 0 \quad (6.24)$$

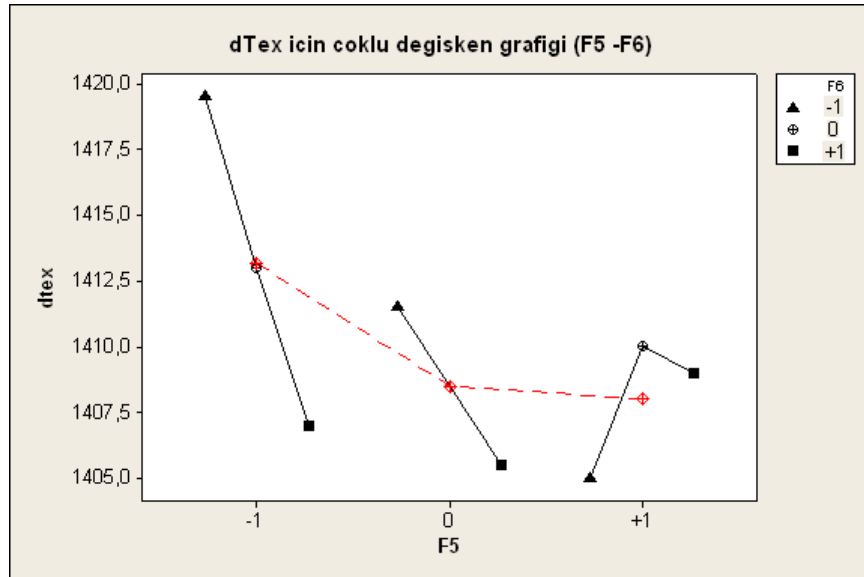
$$H_a: \text{En azından bir } \beta_i \neq 0 \quad (6.25)$$

$$H_0: \text{Her } \tau_i \beta_i = 0 \quad (6.26)$$

$$H_a: \text{En azından bir } \tau_i \beta_i \neq 0 \quad (6.27)$$

6.5.1 dTex

Hazırlanan etkensel tasarım dtex için çözümlendiğinde F5, F6 ve F5-F6 etkileşimlerinin P değerlerinin sırasıyla 0,381, 0,475 ve 0,549 olduğu görülmüştür. Modeli sadeleştirmek için P değeri en büyük olan F5-F6 etkileşimini sistemden çıkartılarak çözümlene tekrar yapılmıştır. F5'in P değerinin 0,349, F6'nın P değerinin ise 0,446 olduğu görülmüştür. Bu durumda P değeri büyük olan F6 ana etkisi sistemden çıkartılarak çözümlene tekrar yapılmıştır. F5'in P değerinin 0,339 olduğu görülmüştür. Yani tüm hipotezlerin H_0 durumu doğrulanmıştır. Bu durumda gerilim giderme ve ikinci kademe çekme silindir hızlarının dtex üzerinde önemli bir etkisi olmadığı değişkenliklerin hatalardan ve diğer sebeplerden kaynaklandığı söylenebilir.



Şekil 6.41: İkinci kademe çekme (F5) silindir hızının dtex üzerine ana etki grafiği

Burada ikinci kademe çekme silindir hızının (F5) dtex'e etkisi beklenirken, tam tersine etkisi görülememesidir. İkinci kademe çekme silindir hızı makina üzerindeki en hızlı dönen silindir olduğu için dtex üzerine etkisinin olması gerekmektedir. Bunu görebilmek için dtex için çoklu etki grafiği çizdirilmiştir (Şekil 6.41). Grafikten de görülebileceği gibi F5 hızı arttıkça dtex'te bir azalma eğilimi vardır. F6 hızı ise yavaş olduğu zaman dtex'in daha yüksek gelme eğilimi görünmektedir. Sonuç olarak F5 ve F6 hızlarının dtex üzerine istatistiksel bir etkisi bulunamamıştır, ancak burada dikkat edilmesi gereken nokta bu sonucun sadece bu deney için geçerli olmasıdır. Normal koşullar altında F5 hızının dtex'e etki etmesi beklenmektedir, ancak buradaki deney aralığı bunu görebilmek için dar kalmaktadır.

6.5.2 Kopma dayanımı

6.5.1'de dtex için yapılan sadeleştirme çalışması kopma dayanımı için de yapılmıştır. Yapılan tüm sadeleştirmelere rağmen, yine aynı şekilde P değerleri 0,05'den büyük olduğu için F5 ve F6 silindir hızlarının kopma dayanımı çıktısı üzerinde etkisi yoktur sonucu çıkmıştır.

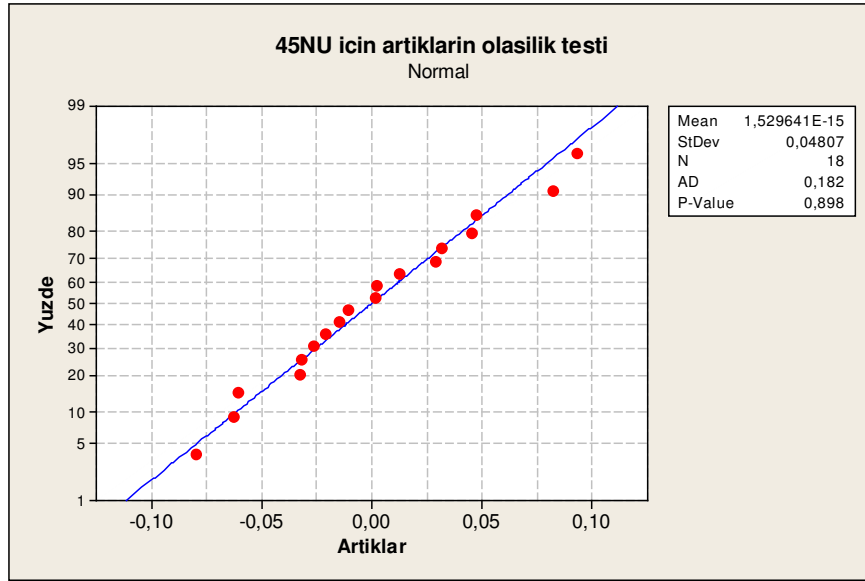
dTex'de olduğu gibi F5 hızında normal koşullar altında kopma dayanımına etki etmesi beklenebilirdi. Çünkü makina çekme oranını belirleyen iki etkenden biri F5 hızıdır. Ancak bu testte yapılan değişimler bu etkileri gösterecek boyutta geniş aralıkta yapılmamıştır. Aksi takdirde standart limitlerden çok uzakta farklı tipte bobinler elde edilecekti ki bu durum tartışmaları başka noktalara kaydırabilirdi. Sonuç olarak gerilim giderme ve ikinci kademe çekme silindir hızının dar aralıklarda kopma dayanımına etkisi görülmemiştir.

6.5.3 45 Newton'da uzama

Hazırlanan etkensel tasarım 45 Newton'da Uzama için çözümlendiğinde F5-F6 etkileşiminin P değerinin 0,07 olduğu, ana etkilerin ise P değerlerinin 0,000 olduğu görülmüştür. Bölüm 6.5'in giriş kısmında verilen hipotezlerden F5-F6 etkileşimi için H_0 hipotezi kabul edilmiş, diğer ana etkiler içinse H_a hipotezi kabul edilmiştir.

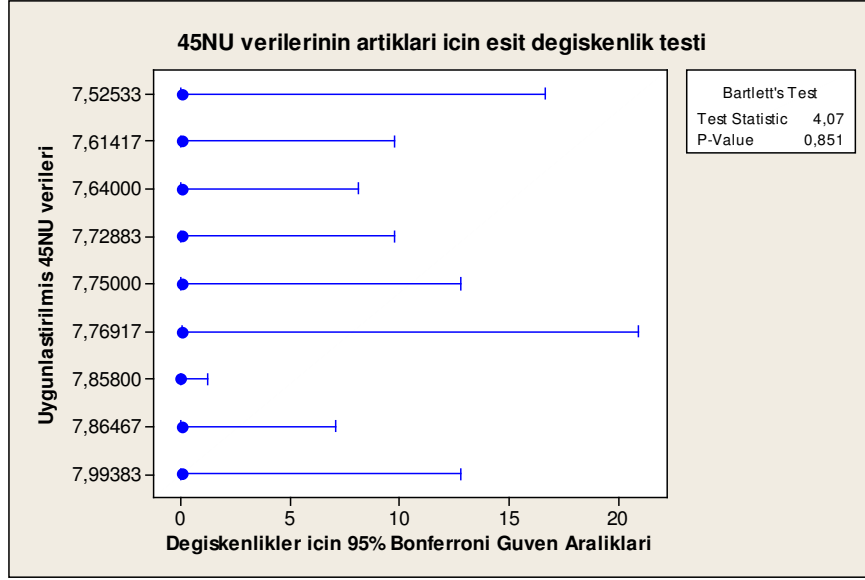
Etkileşim terimi ana etkilerin yanında önemsiz kaldığı için modelden çıkarılmıştır. Bu durumda sadeleştirilmiş modelde F5 ve F6 ana etkileri yer alacaktır.

Daha sonra çözümlene tekrar çalıştırılarak sisteme artıklar ve uygunlaştırılmış veriler de eklenmiştir. Bunlar yapılan çözümlenmenin sağlıklı olup olmadığını görebilmek yapılmıştır. Artıklara normallik testi yapılmıştır ve P değeri 0,898 olup 0,05'den büyük olduğu için dağılımın normal olduğu gözlenmiştir (Şekil 6.42).



Şekil 6.42: 45 Newton'da uzama uzama için artıkların olasılık grafiği

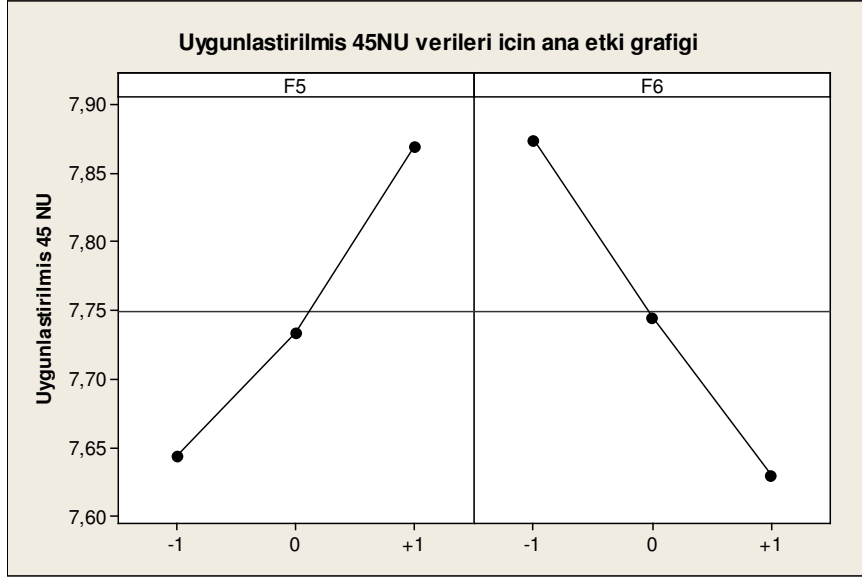
Değişkenliklerin birbirinden farklı olup olmadığını test etmek için eşit değişkenlik testi uygulanmıştır. Buna göre Bartlett testinin P değeri 0,851 olup 0,05'den büyük olduğu için değişkenlikler arasında farklılık olmadığı görülmüştür (Şekil 6.43). Yani dağılım normal ve değişkenlikler farklı olmadığı için yapılan çözümlene sağlıklıdır.



Şekil 6.43: 45 Newton'da uzama için değişkenlik testi

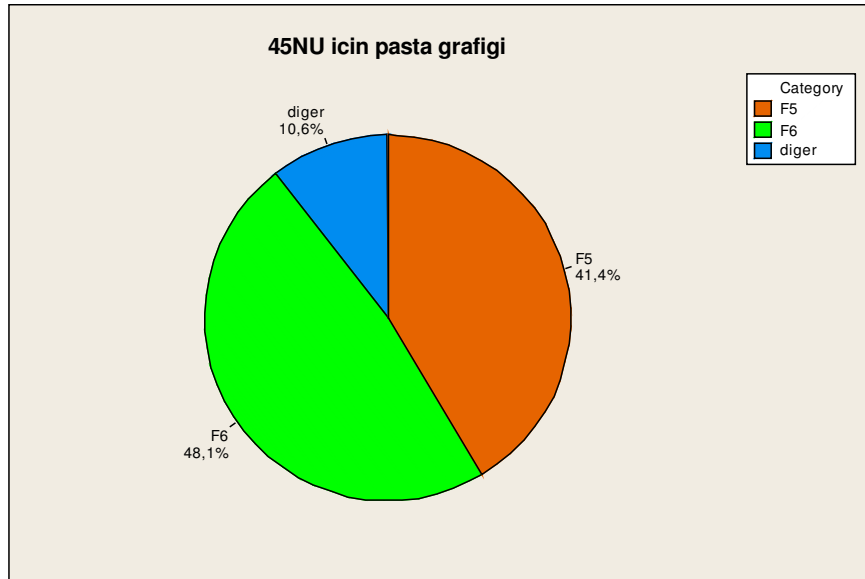
Şekil 6.44'de ikinci kademe çekme ve gerilim giderme silindir hızlarının 45 Newton'da uzamaya olan ana etkileri gösterilmektedir. Buna göre F5 hızı arttıkça 45 Newton'da uzama artacaktır. Bu özellik normalde makina rahatlatma oranı ile ayarlanmaktadır. Eğer ipliğin 45 Newton'da uzaması arttırılmak istenirse, rahatlatma oranı arttırılır. Rahatlatma oranının arttırılması ise yine F5 hızı arttırılması ile sağlanmaktadır. Burada bulunan sonuç ile eldeki deneyim arasında herhangi bir tutarsızlık oluşmamıştır.

F6 gerilim giderme silindiri için de F5 ikinci kademe silindirinin tam tersi bir durum bulunmaktadır. F6 hızı arttıkça 45 Newton'da uzama azalmaktadır. Yani iplik bobine sarılmadan önceki son silindir olan gerilim giderme silindiri 45 Newton'da uzama özelliğini etkilemektedir. İpliğin en yüksek hızda sarıldığı silindir olan ikinci kademe silindirinden sonra daha yavaş dönen gerilim giderme silindirinin hızı, sürekli gerinim altında kalmış olan ipliğin rahatlatıldığı ve üzerindeki gerginlikleri attığı yer olarak uzama oranına etki etmektedir. Yüksek uzamalı bir iplik gerektiğinde F5 ve F6 hız farkı artacak şekilde F5 arttırılması ve/veya F6 hızı düşürülmelidir.



Şekil 6.44: 45 Newton'da uzama için F5 ve F6 silindir hızları ana etki grafığı

Şekil 6.45'de 45 Newton'daki uzamaya hangi etmenlerin ne kadar etki ettiği gösterilmektedir. Buna göre F6 silindir hızı, 45 newton'da uzamada F5 silindir hızına göre daha önemli bir etkiye sahiptir.



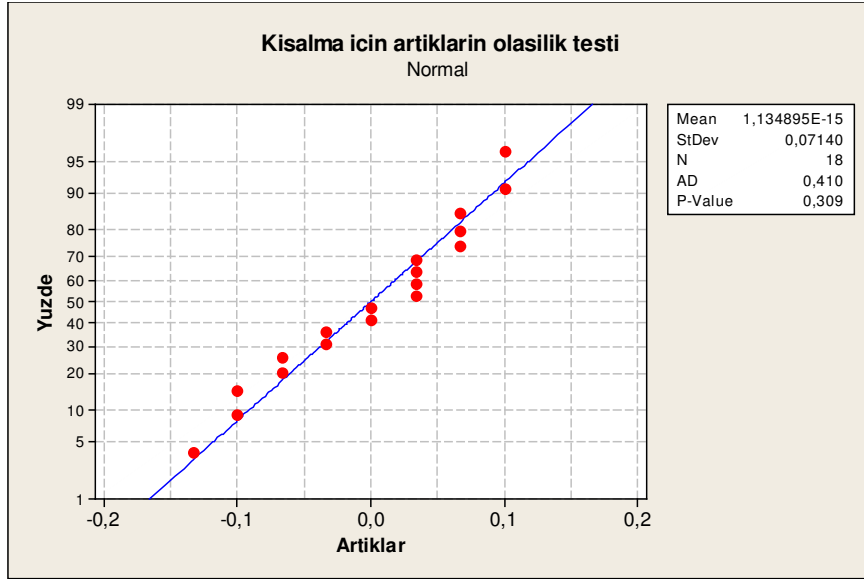
Şekil 6.45: 45 NU için pasta grafığı

45 Newton'da uzamanın bu çalışma kapsamında incelenmeyen bir özelliği ipliğin yaşlanması üzerine olabilir. Rahatlatılmadan sarılan, düşük uzamalı ipliklerin yaşlanma sonuçları olumsuz sonuçlanabilir.

6.5.4 Isıl kısılma

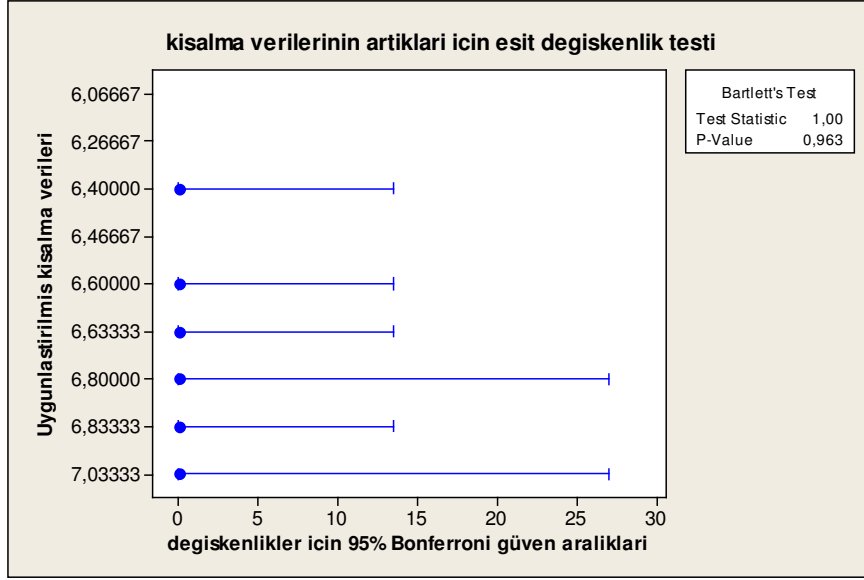
Hazırlanan etkensel tasarım ısı kısılma için çözümlendiğinde F5-F6 etkileşiminin P değerinin 0,456 olduğu, ana etkilerin ise P değerlerinin 0,000 olduğu görülmüştür. Buna göre çözümleme aynı 6.5.3'de olduğu gibi yapılmıştır. Kısılma üzerine F5 ve F6 silindir hızlarının ana etkileri bulunmaktadır.

Yapılan çözümlemenin sağlıklı olup olmadığını görebilmek için, çözümleme tekrar çalıştırılarak sisteme artıklar ve uygunlaştırılmış veriler de eklenmiştir. Artıklara normallik testi yapılmıştır ve P değeri 0,309 yani normal olduğu görülmüştür (Şekil 6.46).



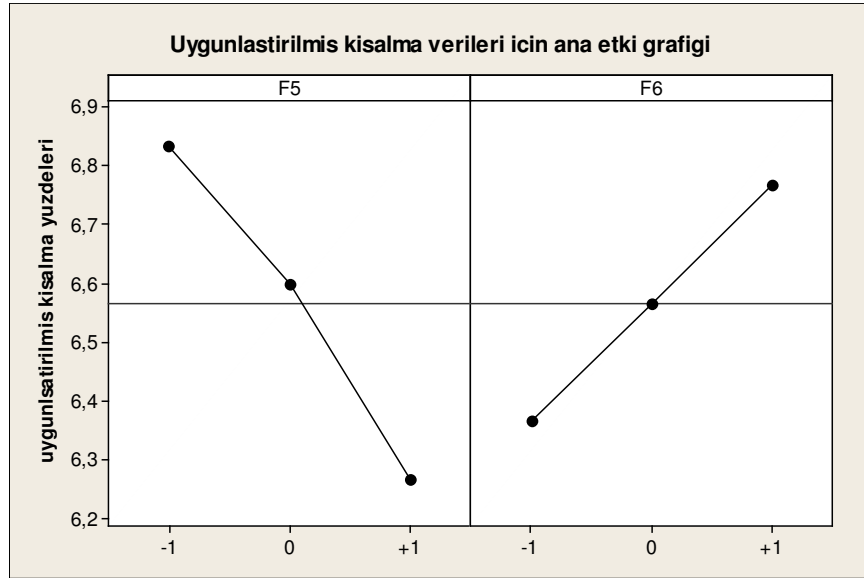
Şekil 6.46: Isıl kısılma için artıkların olasılık grafiği

Değişkenliklerin birbirinden farklı olup olmadığını test etmek için eşit değişkenlik testi uygulanmıştır ve Bartlett testinde P değerinin 0,963 olduğu yani değişkenlikler arasında farklılık olmadığı görülmüştür (Şekil 6.47). Sonuç olarak, dağılım normal ve değişkenlikler farklı olmadığı için yapılan çözümleme sağlıklıdır.



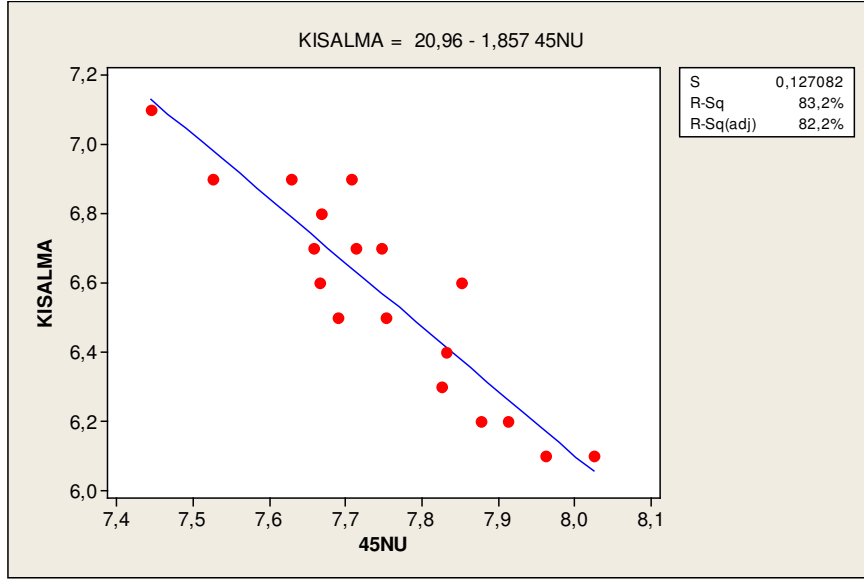
Şekil 6.47: Kısalma için eşit değişkenlik testi

Şekil 6.48'de görüldüğü gibi F5 ikinci kademe silindir hızının artması ve/veya F6 gerilim giderme silindirinin hızının azalması ısıl kısalma oranını düşürmektedir.



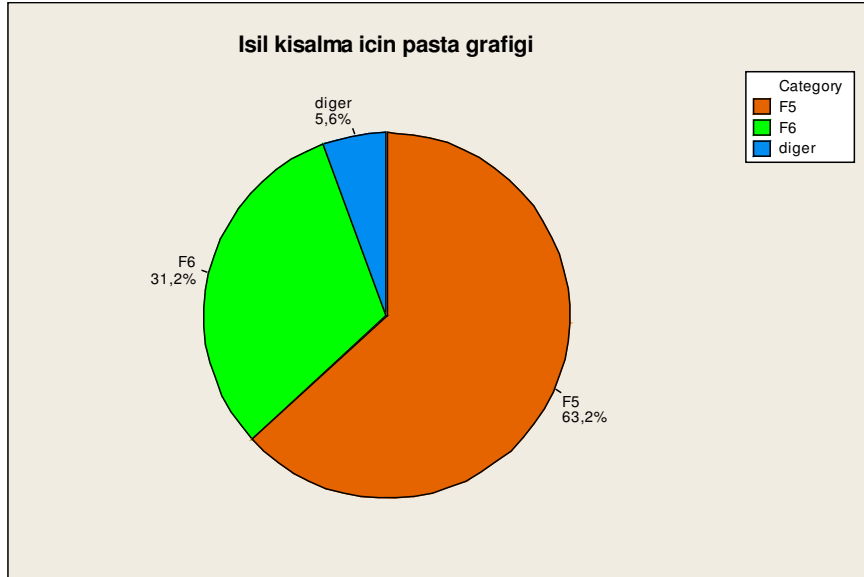
Şekil 6.48: Isıl kısalma için F5 ve F6 silindir hızları ana etki grafiği

Burada dikkat edilmesi gereken nokta 45 Newton'da uzama ile ısıl kısalmanın tam ters davranış göstermesidir. Yani kısalmadaki değişiminin kök nedeni uzamadaki değişimden kaynaklanmaktadır. Şekil 6.49'da 45 Newton'da uzamaya karşı kısalma grafiği görülmektedir. P değeri 0,000 olup ayarlanmış R^2 değerinin yüksek olması ilişkinin gücünü göstermektedir.



Şekil 6.49: 45 Newton'da uzamaya karşı kısalma grafiği

Şekil 6.50'deki pasta grafiğinde ısıl kısalma üzerine F5 ve F6 silindir hızlarının hangi oranda etki ettiği gösterilmektedir. Buna göre ısıl kısalmayı, F5 hızındaki değişimler, F6 hızındaki değişimlere göre daha çok etkilemiştir.

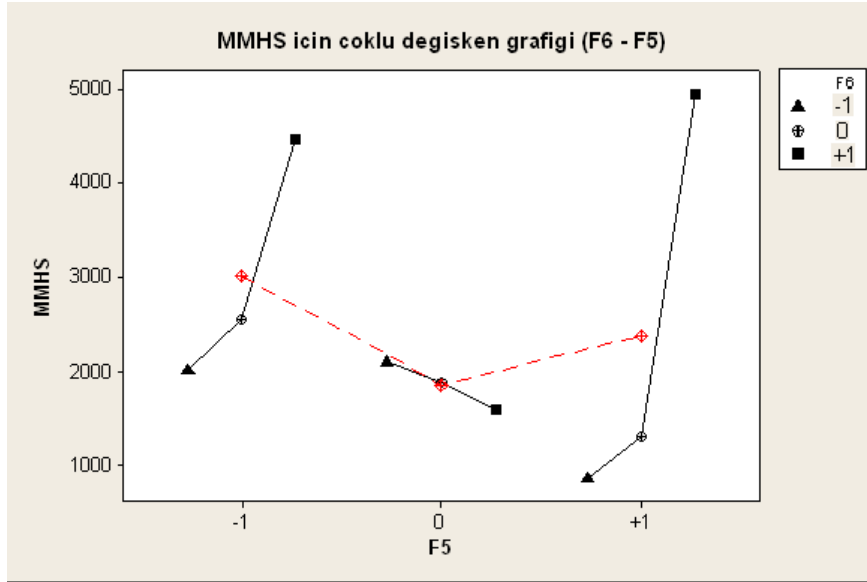


Şekil 6.50: Isıl kısalma için pasta grafiği

6.5.4 Mekanik kalite

Hazırlanan etkensel tasarım mekanik kalite için çözümlendiğinde gerek ana etkilerin gerekse de F5-F6 etkileşiminin P değerleri 0,05'den büyük olduğu için F5 ve F6 silindir hızlarının mekanik kalite çıktısı üzerinde etkisi yoktur sonucu çıkmıştır.

Şekil 6.51 F5 ve F6 silindir hızlarının mekanik kaliteye olan etkilerini göstermektedir. Yapılan çözümlemede F5 ve F6 silindir hızlarının mekanik kaliteye istatistiksel bir etkisi olmadığını göstermektedir ancak bu test sırasında oluşmuş olabilecek çeşitli gürültü nedenlerinden dolayı da böyle bir sonuç çıkmış olabilir. Deney sırasında maliyetleri düşürmek için küçük çapta bobinler alınmıştır yani sarım süresi beş dakika civarlarında tutulmuştur. Kopuk lif sayımı için daha uzun çalışabilecek bir test daha güvenilir olurdu. Ancak eldeki veri ile yine de mekanik kalite hakkında bir yorumlama yapmak gerekirse, F5 silindir hızı arttıkça ve F6 silindir hızı düştükçe daha iyi sonuçlar alınacağı söylenebilir.



Şekil 6.51: Mekanik kalite için çoklu değişken grafiği

BÖLÜM 7 - SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, Kordsa A.Ş.'de üretilen endüstriyel amaçlı Naylon 66 ipliğinin belirli süreç girdilerinde çeşitli değişiklikler yapılarak, bunların süreç çıktıları üzerine olan etkileri incelenmiştir. Böylelikle hedef noktalarında ısı ve mekaniksel özelliklere sahip iplik üretimi yapabilmek için gerekli süreç koşulları eniyelenmeye çalışılmıştır.

Bu kapsamda beş ayrı konu üzerinde çeşitli deneysel çalışmalar yürütülmüş ve sonuçları irdelenmiştir. Birinci çalışma eriye haldeki polimerin lif şekline dönüştürüldüğü düzeler üzerine yapılmıştır. Düzelerin kılcal boruları ile ilgili olarak, standart E düzeleri ile beraber, toplam beş farklı boy ve çap oranına sahip düze çeşidi denenmiş ve bunların doğrusal yoğunluk, kopma dayanımı, 45 Newton'da uzama, ısı kılcalma ve mekanik kalite gibi özelliklere etkileri regresyon, iki örneklem t testi ve ANOVA yöntemleri ile araştırılmıştır. Buna göre düze boy / çap oranının, ipliğin dtex'ine ve ısı kılcalmasına etki etmediği, kopma dayanımı, 45 Newton'da uzama ve mekanik kaliteyi ise etkilediği belirlenmiştir. Düze kılcal borularının boy / çap oranının düşürülmesinin kopma dayanımını artırırken, 45 Newton'da uzamayı ve mekanik kaliteyi düşürdüğü görülmüştür. Yüksek kopma dayanımı açısından D düzesiyle en yüksek değerlere çıkmıştır. Bundan sonra yapılacak olan çalışmalarda boy / çap oranı açısından daha uç noktalara gidilerek, istatistiksel olarak daha güçlü farklılıklar bulunması için araştırmalar yapılabilir.

İkinci çalışma konusu olarak, birinci kademe çekme oranının (BKÇO) fiziksel özellikler ve mekanik kaliteye olan etkileri incelenmiştir. Bu doğrultuda, beş farklı BKÇO'nda bobinler üretilmiştir. Buna göre BKÇO'nda artış ile beraber kopma dayanımında azalma ve kılcalmada artış olduğu tespit edilmiştir. Mekanik kalite açısından ise parabolik bir sonuç elde edilmiştir. Buna göre eniy mekanik kalite düzeyi, bu çalışmadaki orta nokta olarak test edilen değerde elde edilmiştir. Bundan sonra, BKÇO üzerine yapılacak olan çalışmalarda daha uzun süreli çalışma yapmak, bulunan sonuçların güvenilirliğinin artması açısından daha sağlıklı olacaktır.

Üçüncü çalışma konusu olarak, dört etkenli bir çalışma belirlenmiştir. Buna göre ceket sıcaklığı, soğutma hava akışı, soğutma hava sıcaklığı ve birinci kademe çekme oranında ikişer düzey seçilmiş ve merkez noktalı tam etkensel 2^k deney tasarımı uygulanmıştır. Çıktı olarak da fiziksel özelliklerle beraber, mekanik kalite ve kopma sayıları incelenmiştir. Buna göre yüksek kopma dayanımı için düşük ceket sıcaklığı, sıcak soğutma havası, düşük soğutma havası akışında daha iyi sonuçlar alındığı görülmüştür. Düşük ceket sıcaklıklarında yüksek BKÇO, yüksek ceket sıcaklıklarında ise düşük BKÇO ile çalışmak dayanım için iyi sonuçlar vermektedir. 45 Newton'da uzama için düşük ceket sıcaklığında ve soğuk soğutma havası sıcaklığında uzamaların arttığı görülmüştür. Bu çalışmada ısıl kısılmaya ise sadece ceket sıcaklığının önemli oranda etki ettiği görülmüştür. Buna göre ceket sıcaklığındaki artışla beraber kısılma oranları da azalmaktadır. Yüksek ceket sıcaklığının mekanik kalite ve kopma sayısına da olumlu etkileri olduğu görülmüştür. Kopmaya olumlu yönde etkisi olan diğer etkenler de yüksek BKÇO ve soğutma havası akış miktarıdır. Soğutma havasının yüksek sıcaklıklarında da kopma sayısının daha az olduğu tespit edilmiştir.

Dördüncü çalışma konusu olarak, makina çekme oranı (MÇO), rahatlatma oranı (RO) ve sıcak kafes sıcaklığı (SKS) üzerine üç etkenli, merkez noktalı, 2^k tam etkensel deney tasarımı çalışması yapılmıştır. Bu çalışma doğrultusunda RO'nın dtex üzerinde etkili olduğu görülmüştür. RO arttıkça ikinci kademe çekme silindir hızı arttığı için dtex azalmaktadır. Kopma dayanımı üzerine en önemli etken MÇO olup, MÇO arttıkça dayanımın da arttığı görülmüştür. Benzer şekilde yüksek SKS'nda kopma dayanımının arttığı görülmüştür. Ayrıca MÇO ile RO arasında bir etkileşim de tespit edilmiştir. Buna göre yüksek sıcaklıklarda MÇO'nun daha etkili hale geldiği görülmüştür. 45 Newton'da uzamaya her üç etkenin de etki ettiği görülmüştür. MÇO arttıkça kopma dayanımı arttığı için uzama azalmaktadır. RO arttıkça uzamanın da arttığı görülmüştür. Bununla beraber yüksek RO'na sahip ipliklerin, SKS arttıkça uzamalarının da azaldığı tespit edilmiştir.. Düşük RO'nda da ise sıcaklığın daha önemli hale geldiği görülmüştür. Bu durumda sıcaklık artışıyla beraber uzamalarda da artış tespit edilmiştir. Kısılma için en önemli etken SKS olup, SKS arttıkça kısılmanın azaldığı görülmüştür. Yapılan deney tasarımında mekanik kaliteyi etkileyecek en önemli etkenin MÇO olduğu ve MÇO'nun artışıyla beraber mekanik kalitenin de azaldığı tespit edilmiştir.

Beşinci ve son çalışma ise, ikinci kademe çekme silindiri (F5) ile gerilim giderme silindirlerinin (F6) üçer düzeyi ile yapılan tam etkensel deney tasarımı çalışmasıdır. Buna göre F5 ve F6 silindir hızları; dtex, kopma dayanımı ve mekanik kalite üzerinde istatistiksel olarak etkili görülmemiştir. 45 Newton'da uzama ve ısıl kısalma için ise F5 ve F6 ana etkileri önemli olarak tespit edilmiştir. F5 hızı arttıkça ve F6 hızı azaldıkça, yani iki silindiri arasındaki hız farkı arttıkça ipliğin rahatlamasının arttığı, bu nedenle de 45 Newton'da uzamanın arttığı ve tam tersi olarak da ısıl kısılmanın azaldığı görülmüştür.

Yapılan tüm çalışmaların sonucunda, Naylon 66 iplik üretiminde, düze kılcal borusu boyutları, ceket sıcaklığı, soğutma havası sıcaklığı, soğutma havası akışı, birinci kademe çekme oranı, makina çekme oranı, sıcak kafes sıcaklığı, rahatlatma oranı, ikinci kademe çekme ve gerilim giderme silindir hızları gibi süreç girdilerinin farklı düzeylerinin; doğrusal yoğunluk, kopma dayanımı, 45 Newton'da uzama, ısıl kısalma, kopma sayısı, mekanik kalite gibi çıktılara nasıl etki ettiğine ilişkin önemli bir veri bankası ve bilgi birikimi oluşturulmuştur. Bu çalışma ile işletme koşullarında oluşan farklı sorunlara nasıl müdahalelerde bulunulabileceğinin gösterilmesi, farklı müşteri beklentilerine hangi girdilerde değişiklik yapılarak ürün kalitesinin iyileştirilmesi ve dolayısıyla memnuniyetin arttırılması açısından etkin bir kaynak hazırlanmıştır.

Yapılan çalışma ile farklı süreç değerlerinin çıktılar üzerinde nasıl etkiler doğuracağı hakkında elde edilen bilgiler doğrultusunda, üstün mekanik özelliklere sahip tek kord ipliği (Single End Cord – SEC), ve çok yüksek kopma dayanıma sahip süper yüksek dayanımlı (Super High Tenacity – SHT) iplik üretim geliştirme çalışmalarına ışık tutulmuştur.

KAYNAKLAR

1. Altı Sigma “Analiz-4”, http://geocities.com/alti_sigma/analiz4.htm, (**Ziyaret tarihi: 5 Mayıs 2006**).
2. Austin, G.T., “Shreve’s Chemical Process Industries”, Fifth edition, *Mc Graw-Hill Book Company*, 666, (1984).
3. Cömert, B., Arıtürk, T., “Altı Sigma Karakuşak 3. hafta -iyileştirme- eğitim notları”, *SPAC*, Bölüm 5 – 5,9, (2004).
4. Çetin, Z., “Süreç koşullarının kord lastik yapışma değerine etkilerinin Taguchi yöntemi ile incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *KOU Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmit, 18-19, (2005).
5. DuPont Nylon, “High tenacity multi filament yarns catalogue”, *DuPont*, 2, (1993).
6. Erbaş, S.O., Olmuş, H., “Deney düzenleri ve istatistik analizi”, *Gazi Kitapevi*, 155, 371, 372, (2006).
7. Fourne, F., “Synthetic Fibers”, *Hanser Publishers*, 1, (1999).
8. Işığçok, E. “Hipotez testleri yol haritası” *Ezgi Kitapevi*, 1,2,5,6,283-285, (2005).
9. Macrogalleria, “Macrogalleria – Level 2”, <http://pslc.ws/mactest/level2.htm>, (**Ziyaret tarihi: 16 Mart 2006**).
10. Minitab, “User’s guide 2: data analysis and quality tools” *Minitab*, 18-2, (2000).
11. Saçak, M., “Lif ve elyaf kimyası”, *Gazi Kitapevi*, 89-90, (2002).
12. Uzpeder, İ., “Optimization of the mechanical quality of Nylon 66 fiber during spinning process in Kordsa”, *Sabancı Üniversitesi*, İstanbul, 1, (2003).
13. Ziabicki, A., “Fundamentals of fibre formation” *John Wiley and Sons*, 1-2, (1976).

EK

Tablo A.1: Aynı pozisyonda standart düze ile test düzelerinin kıyaslandığı MMHS verileri

gün.	saat.	6.poz - C	7.poz - D	8.poz - B	9. poz - A	10.poz - E
10.12.2005	0	1331	783	1140	1656	1390
10.12.2005	1	1676	930	849	1659	1647
10.12.2005	2	948	924	630	1492	1922
10.12.2005	3	1031	853	570	1973	2379
10.12.2005	4	1616	1144	501	1552	2183
10.12.2005	5	1618	1089	582	1374	1820
10.12.2005	6	827	887	467	1477	1670
10.12.2005	7	930	1011	550	1656	1656
10.12.2005	8	896	930	1328	1685	1627
10.12.2005	9	858	887	1941	1886	1549
10.12.2005	10	807	925	1578	1843	1463
10.12.2005	11	683	1051	1397	2013	1411
10.12.2005	12	752	904	1829	1820	1437
10.12.2005	13	1014	936	1650	1832	1535
10.12.2005	14	905	1100	1924	2550	1319
10.12.2005	15	890	974	1679	1336	1400
10.12.2005	16	921	801	1235	1293	1480
10.12.2005	17	1100	812	1143	1757	1368
10.12.2005	18	1048	939	1060		1328
10.12.2005	19	1422	950	976	1716	1457
10.12.2005	20	835	1071	1204	1679	1688
10.12.2005	21	778	904	1008	1725	1457
10.12.2005	22		985	959	1881	1483
10.12.2005	23	1394	872	959	1731	1979
11.12.2005	0	1302	985	1161	1852	2082
11.12.2005	1	1302	916	1152	1852	1273
11.12.2005	2	1452	991	1181	1812	1457
11.12.2005	3	1572	1054	1253	2163	1587
11.12.2005	4	1973	1178	1376	1964	2111
11.12.2005	5	1780	936	933	1973	1575
11.12.2005	6	1518	913	870	2155	1711
11.12.2005	7	1489	1330	899	1839	1460
11.12.2005	8	1636	1141	994	2626	1719
11.12.2005	9	1725	1095	853	1040	1662
11.12.2005	10	2128	1094	930	1091	2304
11.12.2005	11	1783	956	956	976	1573
11.12.2005	12	1731	904	758	1140	1480
11.12.2005	13	1598	1221	781	1161	2146
11.12.2005	14	1446	1161	1290	1310	1595
11.12.2005	15	1524	1005	1984	1138	1685
11.12.2005	16	1316	1287	1964	1446	1498
11.12.2005	17	1581	1083	442	1420	1748
11.12.2005	18	1489	1195	1722	1538	1941

Tablo A.1 (devam): Aynı pozisyonda standart düze ile test düzelerinin kıyaslandığı MMHS verileri

gün.	saat.	6.poz - C	7.poz - D	8.poz - B	9. poz - A	10.poz - E
11.12.2005	19	1492	907	2891	1630	2206
11.12.2005	20	1575	1319	2053	1705	2001
11.12.2005	21	1506	1184	461	1688	3104
11.12.2005	22	1901	1440	580	1903	2690
11.12.2005	23	1665	1523	616	1958	1642
12.12.2005	0	2004	1143	605	2958	1054
12.12.2005	1	1780	1567	625	2736	1155
12.12.2005	2	1694	1460	619	2157	2076
12.12.2005	3	1584	1258	668	3029	2479
12.12.2005	4	1607	1535	809	1947	2027
12.12.2005	5	1526	1339	556	2776	1958
12.12.2005	6	1483	1466	527	1918	2550
12.12.2005	7	1469	1310	665	1780	2517
12.12.2005	8	1486	1702	654	1814	2370
12.12.2005	9	1714	1175	781	1722	2992
12.12.2005	10	1538	1308	950	1667	3024
12.12.2005	11	1785	1377	864	2082	3132
12.12.2005	12	2005	1636	1258	1999	1705
12.12.2005	13	2114	1898	1233	2013	1627
12.12.2005	14	1860	1630	1067	1869	1887
12.12.2005	15	1759	2091	651	1938	1981
12.12.2005	16	1642	1106	1284	1924	1875
12.12.2005	17	1524	1071	919	2039	1955
12.12.2005	18	1524	1028	754	2169	1930
12.12.2005	19	1506	1097	855	1662	1760
12.12.2005	20	1546	1140	784	1552	1610
12.12.2005	21	1676	1060	997	1781	1555
12.12.2005	22	1509	1112	1094	2082	2108
12.12.2005	23	1561	1175	1005	1765	1961
13.12.2005	0	1365	1261	1164	1886	1875
13.12.2005	1	1463	1080	1005	1996	1973
13.12.2005	2	1561	1040	1394	1970	2079
13.12.2005	3	1593	1146	1212	4504	2074
13.12.2005	4	1616	1048	1380		1944
13.12.2005	5	1463	973	1569	1754	1529
13.12.2005	6	1590	999	1489	1771	1319
13.12.2005	7	1780	927	1437	2042	1475
13.12.2005	8	1503	844	1472	1786	1561
13.12.2005	9	4188	1020	1892	1754	1607
13.12.2005	10	1302	910	1368	3222	1575
13.12.2005	11	1449	1267	1166	1367	1705
13.12.2005	12	1509	956	1286	2471	884
13.12.2005	13	1635	938	1146	3047	899
13.12.2005	14	1376	939	1083	1296	746
13.12.2005	15	1728	807	1483	922	2111
13.12.2005	16	1472	1072	1558	717	855
13.12.2005	17	1379	1210	1503	754	930

Tablo A.1 (devam): Aynı pozisyonda standart düze ile test düzelerinin kıyaslandığı MMHS verileri

gün.	saat.	6.poz - C	7.poz - D	8.poz - B	9. poz - A	10.poz - E
13.12.2005	18	1628	1296	1892	1886	1066
13.12.2005	19	1397	1313	2062	2321	783
13.12.2005	20	1316	1446	1774	2485	777
13.12.2005	21	1293	1155	1696	2459	760
13.12.2005	22	1207	1152	1644	2010	829
13.12.2005	23	1310	1322	1731	1921	852
14.12.2005	0	1281	1140	1472	2413	760
14.12.2005	1	1616	904	1345	2183	801
14.12.2005	2	3589	1037	1621	2071	902
14.12.2005	3	1630	1040	1426	2434	1031
14.12.2005	4	1492	1002	1630	2321	970
14.12.2005	5	1475	1002	1362	2019	1408
14.12.2005	6	1172	819	1146		
14.12.2005	7	1189	660	1233		
14.12.2005	8	988	818	1322		
14.12.2005	9	1152	1117	1241		
14.12.2005	10	1132	1002	1198		
14.12.2005	11	1100	996	1100		
14.12.2005	12	1126	755	1809		
14.12.2005	13	1497	901	1452		
14.12.2005	14	1267	1031	997		
14.12.2005	15	1123	697	1025		
14.12.2005	16	979	818	1434		
14.12.2005	17	1071	1233	1734		
14.12.2005	18	948	945	2082		2598
14.12.2005	19	968	996	2019		1682
14.12.2005	20	991	1117	2272	2727	1336
14.12.2005	21	898	691	2439	2022	867
14.12.2005	22	907	789	795		1250
14.12.2005	23	1031	766	412	1754	1616
15.12.2005	0	968	1172	357		1371
15.12.2005	1	1046	991	654	2038	1279
15.12.2005	2	1460	764	334	3948	947
15.12.2005	3	1218	987	1083	1990	945
15.12.2005	4	1022	956	446	1619	956
15.12.2005	5	930	916	616	1613	844
15.12.2005	6	1132	1063	470	1765	1244
15.12.2005	7	1084	804	495	1382	1014
15.12.2005	8	861	887	628	1129	2592
15.12.2005	9	591	864	392	1186	832
15.12.2005	10	827	1526	547	1267	962
15.12.2005	11	864	979	406	1118	645
15.12.2005	12	556	1189	513	1106	671
15.12.2005	13	493	899	576	795	671
15.12.2005	14	547	812	461	896	700
15.12.2005	15	579	1273	432	939	766
15.12.2005	16	542	1371	544	1532	2067,75

Tablo A.1 (devam): Aynı pozisyonda standart düze ile test düzelerinin kıyaslandığı MMHS verileri

gün.	saat.	6.poz - C	7.poz - D	8.poz - B	9. poz - A	10.poz - E
15.12.2005	17	772	1771	740	1183,75	1486
15.12.2005	18	703	1138	812	1365	1244
15.12.2005	19	1083	3729	305	1373,5	1529
15.12.2005	20	1138	1923,5	424	1454,25	1241,25
15.12.2005	21		1673	487	1414	1569,5
15.12.2005	22	1192	1494,5	1255,5	1373,5	1244
15.12.2005	23	907,25	1900,5	1209,5	1514,75	1993
16.12.2005	0	792	2033	1238,5	1425,5	1526,25
16.12.2005	1	814,75	1946,5	3337,5	1310,25	1699
16.12.2005	2	921,25	1658,75	964,5	1520,5	2341,25
16.12.2005	3	1036,75	1414	1439,5	1589,75	2545,75
16.12.2005	4	1085,75	1653	3226	1344,75	1670,5
16.12.2005	5	1200,75	1940,75	1224	1491,5	1730,75
16.12.2005	6	1716,25	1558	1134,5	1465,75	1045,25
16.12.2005	7	1215,25	1998,5	1134,75	1419,5	1267
16.12.2005	8	1422,75	2254,75	1060		2177
16.12.2005	9	1117	1955,25	881	1889,33	1952
16.12.2005	10	1163,25	2381,5	717	1615,5	1321,75
16.12.2005	11	2510	2081,75	696,75	1445,75	1273
16.12.2005	12	2047,25	3530,5	699,75	1486	1506
16.12.2005	13	1367,75	1319	901,5	1454,5	1209,5
16.12.2005	14	1316	1578	832,25	1493,75	1457,25
16.12.2005	15	1511,5	1796,75	518	1514,75	1301,75
16.12.2005	16	1667,5	1889	918,75	1454,25	1707,75
16.12.2005	17	1845,75	2113,5	1022,25	1583,75	1497,25
16.12.2005	18	1739,25	1826	1062,75	1538	1773,75
16.12.2005	19	1892	1716	1209,5	1572,5	1687,5
16.12.2005	20	1644,25	2338,5	1252,75	1774	1195,25
16.12.2005	21	1814	2105	1624,25	1422,5	1572,25
16.12.2005	22	1575,25	3128,5	1517,5	1644,25	1379,25
16.12.2005	23	1387,75	1708	1595,25	1985,33	1267
17.12.2005	0	1350,5	1307,5	1509,25	1480,5	1192
17.12.2005	1	1696,25	1252,5	1100,25	1065,5	1586,5
17.12.2005	2	1560,75	1209,5	1531	990,5	1831,25
17.12.2005	3	1667	1494,5	812	1235,25	1445,5
17.12.2005	4	1690,25	1368	794,75	1010,75	953,25
17.12.2005	5	2254,75	1618,5	743	1111,5	2332,5
17.12.2005	6	2246,25	1673	595,5		
17.12.2005	7	1676,25	1814	789,25		
17.12.2005	8	1183,75	1661,5	656,5	987,75	1506,25
17.12.2005	9	1442,75	1301,33	734,25	1117,5	2655,5
17.12.2005	10	1503,25	1443	809,25	1301,75	1324,75
17.12.2005	11	1411,25	1681,75	651	924	1661,5
17.12.2005	12	1520,5	1673,25	688,25	1408,5	1486
17.12.2005	13	1693,25	1892	593,25	1166,25	1209,5
17.12.2005	14	1891,75	1923,75	832,25	1059,5	1359,25
17.12.2005	15	1998,5	1722	642	1025,25	1569,5

Tablo A.1 (devam): Aynı pozisyonda standart düze ile test düzelerinin kıyaslandığı MMHS verileri

gün.	saat.	6.poz - C	7.poz - D	8.poz - B	9. poz - A	10.poz - E
17.12.2005	16	2237,5	2015,75	792	1025,25	1825,5
17.12.2005	17	2194,25	1845,75	668	1094,5	2004,25
17.12.2005	18	2108,25	1583,75	653,75	1330,5	1915
17.12.2005	19	2254,75	1823	544,25	1146,25	1969,5
17.12.2005	20	2041,75	1563,75	826,25	1232,5	2012,75
17.12.2005	21	1926,5	1742,5	1010,75	1152	2378,33
17.12.2005	22	2145,25	1756,5	627,75	1465,5	2419
17.12.2005	23	2246,25	1808,25	679,25	1177,75	1488,75
18.12.2005	0	1422,5	1650,25	665,25	1166,25	1592,25
18.12.2005	1	1241	1615,5	720	921	2557,25
18.12.2005	2	1650	1765	607,75	1051	3660
18.12.2005	3	2131	4433	576,25	996,5	1477,25
18.12.2005	4	2116,33	1376,5	645	1036,75	1425,5
18.12.2005	5	2131	1728	671	1701	2816,5
18.12.2005	6	1753,5	1488,75	601,75	1126,25	1586,5
18.12.2005	7	1945,5	1117,25	593,25	1163,17	1336,25
18.12.2005	8	1534,75	1304,75	633,25	1370,5	1822,75
18.12.2005	9	1638,5	1351,67	645	1010,75	1745,5
18.12.2005	10	1365	1851,5	656,75	1077	671
18.12.2005	11	1511,75	1791,5	702,5	1088,75	501,25
18.12.2005	12	1428,25	1347,75	748,75	1102,75	1160,5
18.12.2005	13	1730,75	2027,5	1204	1091,5	3329
18.12.2005	14	1696,25	1779,75	1048,25	1111,5	2908,5
18.12.2005	15	1589,75	2182,75	961,75	967,75	2401,5
18.12.2005	16	1813,25	2085	881,25	904,5	2497
18.12.2005	17	1298	1491,75	895,5	1711,67	2110,75
18.12.2005	18	2194		936	1448,5	2073,25
18.12.2005	19			797,75	1672,75	2021,5
18.12.2005	20	1782,5		769		1679
18.12.2005	21	1543,75		1016,5	1160,5	1523,25
18.12.2005	22	1399,5		1091,75	1022	1546,25
18.12.2005	23	1399,75		1186,25	964,5	912,75
19.12.2005	0	1561		1011	1100	1419,5
19.12.2005	1	1393,75		912,75	1097,25	1474,25
19.12.2005	2	1592,25		665	1223,75	1509
19.12.2005	3	1900,5		766	1140,25	1428,25
19.12.2005	4	1232,5		1013,75	809,25	1661,5
19.12.2005	5	1376,25		659,5	1431	1480
19.12.2005	6	1563,5		777,5	1094,5	1197,75
19.12.2005	7	2228,5		878,25	1762,25	2186,75
19.12.2005	8	1373,75		665,25	1284,5	1886,25
19.12.2005	9	1535		731,75	1045,25	2597,5
19.12.2005	10	1364,75		898,5	1215,25	2056,25
19.12.2005	11	1503		751,5	1098,75	1877,75
19.12.2005	12	1630		725,75	1359,25	2562,75
19.12.2005	13	1791		901,25	1054	4855
19.12.2005	14			676,75	984,5	1627

Tablo A.1 (devam): Aynı pozisyonda standart düze ile test düzelerinin kıyaslandığı MMHS verileri

gün.	saat.	6.poz - C	7.poz - D	8.poz - B	9. poz - A	10.poz - E
19.12.2005	15			990,5	1183,5	1819,75
19.12.2005	16			558,5	1097	2424,75
19.12.2005	17			5505,75	1034,25	1846
19.12.2005	18			671	1592,5	2977,5
19.12.2005	19			754,5	1321,75	1762,25
19.12.2005	20			518,5	1327,5	1270
19.12.2005	21			567,5	1419,75	731,25
19.12.2005	22			512,5	1212,25	751,75
19.12.2005	23			1359,25	1079,75	1198
20.12.2005	0			504	976,5	1601
20.12.2005	1			581,75	913	1391
20.12.2005	2			1750,75	1004,75	1500,25
20.12.2005	3			590,25	987,75	1346,75
20.12.2005	4			564,25	881	1753,75
20.12.2005	5			504	1100	1618,5
20.12.2005	6			728,5	1065,5	1497,5
20.12.2005	7			521,25	1419,75	1604
20.12.2005	8			535,75		1952,75
20.12.2005	9			593,25	1057	1647,25
20.12.2005	10			786	1892,25	1609,75
20.12.2005	11			832,17	1872	1725
20.12.2005	12			1722	1002	1906,25
20.12.2005	13			1114,25	1079,75	2064,75
20.12.2005	14			1045,25	918,5	1820
20.12.2005	15			746	1209,5	1851,75
20.12.2005	16			705,5	2136,5	1753,5
20.12.2005	17			639	2332,5	1520,5
20.12.2005	18			584,75		
20.12.2005	19			581,75		
20.12.2005	20			590,5		
20.12.2005	21			544,25		
20.12.2005	22			584,5		
20.12.2005	23			607,75		

TEKNİK TERİMLER DİZİNİ

2 örneklem t testi	: 2 sample t test
Ayrıştırıcı	: Separator
Bağıl akmaazlık	: Relative viscosity
Basınç düşürücü	: Flasher
Çoklu dağıtım borusu	: Manifold
Dağıtıcı	: Splitter
Derişim	: Concentration
Dikey	: Ortagonal
Lifler arası düğümleme	: Interlace
Düze	: Spinneret
Düzey	: Level
Eniyileme	: Optimization
Eşit değişkenlik testi	: Test for equal variance
Etken	: Factor (faktör)
Etkensel	: Factorial (faktöriyel)
İplik	: Yarn
İplik çekme	: Spinning
Lif	: Filament
Rahatlatma	: Relaxation
Silindir	: Roll
Sonlandırıcı	: Finisher
Sürekli polimerizasyon	: Continuous polymerisation
Taşıma hattı	: Transfer line
Uygunluk	: Correlation
Yanıt eniyileyici	: Response optimizer
Yanıt yüzeyi	: Response surface
Yapay	: Synthetic (sentetik)

ÖZGEÇMİŞ

Suat Hayri Bekircan 1978 yılında Kdz. Ereğli’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Kdz. Ereğli’de tamamladı. 1996 yılında girdiği Orta Doğu Teknik Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü’nden 2000 yılında mezun oldu. 2002 yılında girdiği Kordsa Endüstriyel İplik ve Kord Bezi San. ve Tic. A.Ş.’de halen Teknik Mühendis olarak çalışmaktadır. 2002- 2006 yılları arasında 6 Sigma Yeşil Kuşak , Kara Kuşak ve İleri Kara Kuşak eğitimleri alan Bekircan naylon iplik çekme prosesinde çeşitli 6 Sigma projeleri yürütmüş olup Teknik Mühendislik görevinin yanında Kordsa Global şirketlerinin 6 Sigma koordinatörlüğünü de yapmaktadır. 2003 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü’nde halen Yüksek Lisans programına devam etmektedir.